

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA
SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Relación de la variación climática y el incremento de población con
los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en la cuenca del
Río Chanchamayo entre 1985 al 2021

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTORES

Annie Jimena Canales Suarez

Jean Carlo Roca Romero

ASESOR

Mg. Eduardo Josué Oyague Passuni

Chanchamayo, Perú

2025

AGRADECIMIENTOS

Con especial cariño y gratitud, agradecemos al Profesor Eduardo Oyague Passuni. Por su paciencia infinita y sabiduría como asesor fue un faro en nuestro camino. Estamos profundamente agradecidos por darnos la oportunidad de integrarnos al grupo de investigación en Ecohidrología y Limnología Tropical UNISCJSA, donde enriquecimos nuestros conocimientos y principios. Su confianza y apoyo marcaron una diferencia crucial en nuestro desarrollo profesional y personal.

Esta tesis fue financiada como parte del Proyecto de Investigación: **Monitoreo, caracterización y efectos de contaminantes sobre las matrices suelo, agua y aire de la selva central de Junín**, aprobado mediante RCO N° 338-2022-CO/UNISCJSA.

DEDICATORIA

A Dios, fuente de nuestra inspiración y guía constante, quien nos proporcionó la fortaleza para superar cada desafío en este camino.

A nuestros padres, pilares fundamentales de nuestras vidas, por el amor incondicional, apoyo inquebrantable e inculcarnos el valor del esfuerzo y la constancia.

A nuestros hermanos y hermanas, compañeros de vida, por acompañarnos en cada etapa de esta travesía. Y toda nuestra familia, por su cariño y apoyo incondicional.

A nuestros amigos, quienes brindaron su confianza y aliento en cada paso de este camino. Y a nuestros docentes, quienes forjaron nuestros conocimientos.

RESUMEN

En las últimas décadas, los cambios de cobertura y uso de suelo han sido influenciado por factores antrópicos y naturales. En este estudio se analizó la relación de la variación climática y poblacional con los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 al 2021. Para ello, se realizó la clasificación de imágenes satelitales de MapBiomas, contrastando con la validación de datos en campo, los datos de las variables climáticas se obtuvieron del producto PISCO; y los datos poblacionales se obtuvieron de los censos nacionales y proyecciones del INEI. Los resultados muestran que la cuenca, está conformada por tres subcuencas principales (Ulcumayo, Tulumayo y Tarma) que presentaron cambios significativos en las 12 clases de coberturas y uso de suelo. Destacó la disminución de pastizales y matorrales en 134.27 km², mientras que los bosques aumentaron en 15.76 km². Además, se evidenció la disminución poblacional de 31 573 habitantes. En cuanto a las variables climáticas, se identificaron tendencias crecientes: 0.03 °C anuales en la temperatura media, 0.26 mm en la evapotranspiración y 4.27 mm en la precipitación. Se concluye que la dinámica poblacional y la expansión de infraestructura explican de manera significativa los cambios en la cobertura y uso de suelo. La disminución de población favoreció la recuperación del bosque, mientras matorrales y pastizales disminuyen por sucesión ecológica. La temperatura impulsa la recuperación del bosque, sin embargo, afecta negativamente a matorrales y pastizales, mientras que la precipitación y la evapotranspiración no muestran influencia significativa.

Palabras clave: Cambios de cobertura, uso de suelo, variables climáticas, disminución poblacional.

ABSTRACT

In recent decades, both human and natural factors have altered land cover and land use. This study examined how climate and population changes affected land cover and use in the Chanchamayo River basin from 1985 to 2021. Satellite images from MapBiomas were analyzed and checked with field data; climate data came from the PISCO product, and population data from national censuses and INEI projections. Three primary sub-basins (Ulcumayo, Tulumayo, and Tarma) showed changes across 12 land cover and use classes. Grasslands and shrublands decreased by 134.27 km², while forests increased by 15.76 km². The population fell by 31,573. Climate trends included increases of 0.03 °C per year in mean temperature, 0.26 mm per year in evapotranspiration, and 4.27 mm per year in precipitation. Population changes and infrastructure expansion largely explained changes in land cover and use. The population decline aided forest recovery, while shrublands and grasslands shrank due to ecological succession. Higher temperatures encouraged forest recovery but reduced shrublands and grasslands; precipitation and evapotranspiration had little influence.

Keywords: Land cover change, land use, climatic variables, population decline.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Fundamentación del problema.....	12
1.2. Formulación del problema	13
1.2.1. Problema general.....	13
1.2.2. Problemas específicos	13
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Definición y operacionalización de variables	15
1.5. Hipótesis.....	16
1.5.1. Hipótesis general	16
1.6. Justificación del problema.....	16
1.6.1. Justificación teórica.....	16
1.6.2. Justificación práctica	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Cobertura de suelo.....	19
2.2.2. Uso de territorio	20
2.2.3. Matriz de confusión.....	20
2.2.4. Índice kappa.....	20
2.2.5. Interpretación de sensores remotos	21
2.2.6. Validación de datos	21
2.2.7. Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés).....	22
2.2.8. Red MapBiomias Amazonia	22
2.2.9. Producto Grillado PISCO.....	23
2.2.10. Cuencas hidrográficas	23

CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	25
3.1. Ámbito de estudio	25
3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación	26
3.2.1. Tipo de investigación	26
3.2.2. Nivel de investigación	26
3.2.3. Diseño de la investigación	26
3.3. Población y muestra.....	26
3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.4.1. Delimitación de la cuenca	27
3.4.2. Características morfométricas de la cuenca.....	27
3.4.3. Clases de cobertura y uso del suelo.....	28
3.4.4. Variación poblacional	31
3.4.5. Variaciones climáticas.....	32
3.5. Análisis de datos	34
3.6. Consideraciones éticas.....	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
4.1. Presentación de resultados y discusión.....	37
4.1.1. Principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo.....	37
4.1.2. Variación poblacional de la cuenca del río Chanchamayo	59
4.1.3. Variación climática en la cuenca del río Chanchamayo	63
4.1.4. Influencia y relación entre la variación climática y poblacional los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo.	78
4.2. Prueba de hipótesis	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de estudio de la cuenca del río Chanchamayo.....	25
Figura 2	Cobertura y uso de suelo de la Amazonia en el 2021	31
Figura 3	Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Chanchamayo.....	34
Figura 4	Grado de relación según coeficiente de correlación.....	35
Figura 5	Delimitación de la cuenca del río Chanchamayo y sus subcuencas.....	37
Figura 6	Orden de corrientes según Strahler de la cuenca del río Chanchamayo	40
Figura 7	Curva hipsométrica de la cuenca del río Chanchamayo	41
Figura 8	Curvas hipsométricas de las subcuencas.....	42
Figura 9	Exactitud por clase de cobertura.....	44
Figura 10	Cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo	46
Figura 11	Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo.....	46
Figura 12	Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma	49
Figura 13	Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma.....	49
Figura 14	Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo	52
Figura 15	Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo.....	52
Figura 16	Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo	54
Figura 17	Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo	55
Figura 18	Población total de la cuenca del río Chanchamayo	59
Figura 19	Población total por provincias de la cuenca del río Chanchamayo	61
Figura 20	Población a nivel subcuenca de la cuenca del río Chanchamayo.....	62
Figura 21	Comparación de datos de precipitación de observados y simulados.....	64
Figura 22	Comparación de datos de temperatura mínima observados y simulados.....	66
Figura 23	Temperatura mínima y máxima de la cuenca del río Chanchamayo	67
Figura 24	Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Tarma	69
Figura 25	Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Tulumayo	69
Figura 26	Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Ulcumayo	70
Figura 27	Precipitación anual de la cuenca del río Chanchamayo	71
Figura 28	Precipitación anual de la subcuenca Tarma	72
Figura 29	Precipitación anual de la subcuenca Tulumayo.....	73
Figura 30	Precipitación anual de la subcuenca Ulcumayo.....	73
Figura 31	Evapotranspiración anual de la cuenca del río Chanchamayo.....	74
Figura 32	Evapotranspiración anual de la subcuenca Tarma.....	76

Figura 33 Evapotranspiración anual de la subcuenca Tulumayo	76
Figura 34 Evapotranspiración anual de la subcuenca Ulcumayo	77
Figura 35 Correlación entre la cobertura de bosque con las variables climáticas y poblacionales.....	80
Figura 36 Correlación entre la cobertura de matorrales y pastizales con las variables climáticas y poblacionales.....	81
Figura 37 Identificación de cobertura y uso de suelo de la clase bosque.....	125
Figura 38 Identificación de cobertura y uso de suelo de la clase mosaico agropecuario.....	125
Figura 39 Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (1985-1996).....	126
Figura 40 Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (1997-2008).....	127
Figura 41 Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (2009-2020).....	128
Figura 42 Cambios de cobertura y uso del suelo en la banda altitudinal 500 - 5200 m s. n. m. (1985)	129
Figura 43 Cambios de cobertura y uso del suelo en la banda altitudinal 500 - 5200 m s. n. m. (2021).....	130
Figura 44 Puntos georreferenciados para la validación de cobertura y uso de suelo de Mapbiomas.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	15
Tabla 2 Criterios para la interpretación de los valores del índice Kappa.....	21
Tabla 3 Características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo.....	28
Tabla 4 Memoria descriptiva para la leyenda MapBiomás Perú de la Colección 1.0.....	29
Tabla 5 Características generales de la cuenca del río Chanchamayo y sus tres subcuencas principales	38
Tabla 6 Características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo y sus tres subcuencas principales	39
Tabla 7 Resultados del análisis de matriz de confusión.....	43
Tabla 8 Cambios de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo	45
Tabla 9 Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma	48
Tabla 10 Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo	51
Tabla 11 Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo de 1985 y 2021 ..	53
Tabla 12 Bandas de altitud de la Cuenca Chanchamayo (Parte 1)	58
Tabla 13 Bandas de altitud de la Cuenca Chanchamayo (Parte 2)	58
Tabla 14 Provincias y distritos que forman parte de la cuenca del río Chanchamayo	60
Tabla 15 Valores del análisis estadístico de bondad de ajuste para la precipitación.....	63
Tabla 16 Valores del análisis estadístico de bondad de ajuste para la temperatura mínima...	65
Tabla 17 El GAM de la cuenca del río Chanchamayo	78
Tabla 18 Análisis de tendencia de Mann-Kendall.....	82

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la actividad humana ha transformado significativamente la superficie terrestre, especialmente desde la década de 1970, impulsada por el crecimiento poblacional y el aumento del ingreso per cápita (Díaz et al., 2019). Esta transformación se ve reflejada en la expansión agrícola, la urbanización y otros cambios en el uso del suelo (Carvajal & Pabón, 2016; Collins, 1984). Estos cambios son impulsado por factores naturales y antrópicos, como el cambio climático y las actividades humanas (Briassoulis, 2020). Lo que ha provocado alteraciones en los ciclos hídricos, la disminución en el secuestro de carbono y la pérdida de hábitats y biodiversidad (García et al., 2016). Además, estos cambios generan modificaciones en el microclima y los ciclos hídricos a nivel de cuenca (Masís & Vargas, 2014). Estos impactos se ven agravados por deficiencias en la planificación urbana y la carencia de políticas apropiadas (Lehnen, 2024).

En respuesta a estos desafíos, la ciencia del cambio de la tierra ha emergido como un componente clave en la investigación sobre el cambio ambiental global y la sostenibilidad (Turner et al., 2007). Una de las estrategias utilizadas para evaluar la expansión urbana es a través de los cambios de cobertura y uso de suelo, que ayudan en la planificación urbana y gestión territorial (Chowdhury et al., 2020). Mediante el análisis de datos de sistemas de información geográfica (SIG) y teledetección (Keshtkar & Voigt, 2016), en conjunto con el análisis estadístico de la variabilidad climática y crecimiento poblacional.

En el Perú, se han evaluado los cambios en la cobertura y uso del suelo, principalmente en relación con el crecimiento poblacional y en menor medida con la variabilidad climática. Sin embargo, aún son escasas las investigaciones que analicen ambos factores de manera conjunta.

La cuenca del río Chanchamayo, situada en la región Junín, ha experimentado transformaciones debido a su ubicación estratégica, diversidad ecológica y movimiento económico. En este sentido, el presente estudio se enfoca en el análisis de la variación temporal del cambio de cobertura y uso de suelo, relacionándolo con el crecimiento poblacional y la variabilidad climática entre 1985 y 2021. Además, la información obtenida contribuirá a la gestión sostenible del territorio y la planificación ambiental de la cuenca

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Fundamentación del problema

Los cambios de cobertura y uso de suelo pueden generar consecuencias significativas para el medio ambiente y la biodiversidad. Estos impactos pueden extenderse a las comunidades humanas puesto que dependen de los servicios que proporciona el ecosistema (Veldkamp & Verburg, 2004). La deforestación, la urbanización, las industrias (minería, hidroeléctricas) y la agricultura intensiva, tienen un impacto negativo en la calidad y distribución temporal del agua debido a cambios en factores fundamentales del ciclo hidrológico como la infiltración, la evapotranspiración, escorrentía superficial y erosión (Padilla et al., 2010). Otras consecuencias de los cambios de cobertura están relacionadas con la fragmentación de bosques, ocasionando la pérdida de hábitat y la degradación del suelo (Masís & Vargas, 2014; Otavo & Echeverría, 2017; Sahagún-Sánchez et al., 2018).

Los efectos hidrológicos generados por cambios en la cobertura del terreno se ven incrementados debido a la variabilidad en los patrones de intensidad y frecuencia de lluvias causadas por el cambio climático (Wang et al., 2008). Los efectos de dichas variaciones hidrológicas y climáticas se expresan usualmente con modificaciones en características físicas y químicas del agua, incremento en el transporte de sólidos y, finalmente, alteración de la capacidad del ecosistema de proveer servicios y bienes relacionados con los recursos hídricos (Cuo et al., 2009). Por su posición basal, su naturaleza móvil y su conexión material con el entorno, los ríos son el principal indicador de cambios a nivel de cuenca y el elemento transversal que puede exportar impactos desde la cabecera hasta las tierras bajas (Pimentel et al., 2022).

La cuenca del río Chanchamayo está ubicada en el centro del piedemonte Andino-Amazónico Peruano, entre las cadenas Central y Oriental de los Andes. Por su ubicación, la cuenca tuvo una cobertura de territorio muy variada, desde ecosistemas propios de la Puna de los Andes Centrales (Olson et al., 2001), hasta bosques Basimontanos Amazónicos, pasando por Formaciones de Bosque de Neblina y Bosques Altimontanos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019). Debido a su cercanía a centros urbanos importantes como Lima y Huancayo, y a zonas de intensa actividad económica como el cinturón minero de La Oroya - Cerro de Pasco, los territorios de la

Provincia de Chanchamayo han sido fácilmente accesibles desde fines del siglo diecinueve y principios del siglo veinte. Esto ha determinado que la cobertura del territorio de la cuenca haya sufrido cambios históricos debido a una serie de necesidades de las poblaciones humanas, ocasionando la sobreexplotación de los recursos naturales, el desarrollo de zonas urbanas y la expansión de áreas agrícolas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existe relación entre la variación climática y el incremento de población con los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?
- ¿Qué variaciones poblacionales se observan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?
- ¿Cuáles son las variaciones climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?
- ¿Cuál es la influencia y relación de la variación climática y poblacional con los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la variación climática y el incremento de población con los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.
- Evaluar las variaciones poblacionales en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.
- Determinar las variaciones climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.
- Evaluar la influencia y relación entre la variación climática y poblacional con los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.

1.4. Definición y operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
V1: Cambio de cobertura y uso de suelo	La alteración de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas es una característica omnipresente entre interacciones de componentes físicos, biológicos y sociales (Baeza et al., 2022; Nené et al., 2017).	Tipos de cambio de cobertura y uso de suelo	Superficie en km ² de cada tipo de cambio de cobertura y uso de suelo	km ²
		Dinámica de cambios de cobertura y uso de suelo	Variación interanual de cambio de cobertura y uso de suelo durante el periodo.	
V2: Variación Poblacional	Es el número de personas que se encuentren en un espacio o territorio, donde puede aumentar, mantener o disminuir la cantidad de personas. Tiene relación entre el número de nacimientos, mortalidad, inmigrantes y emigrantes ocurridos en relación con la población (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017).	Población	Número de habitantes	hab/año
V3: Variación climática	Las variables climáticas son factores esenciales que determinan el clima de una región (StudySmarter, 2024). La variación climática se refiere a los cambios observables en sus patrones a lo largo del tiempo (ScienceDirect, 2024; Silva, 2023).	Precipitación	Precipitación anual	mm
		Temperatura media	Temperatura anual	°C
		Evapotranspiración potencial	Evapotranspiración potencial anual	mm

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre la variación climática y el incremento de la población con los cambios en la cobertura y uso del suelo observados en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021.

1.6. Justificación del problema

1.6.1. Justificación teórica

En el nivel regional, existen clasificaciones de cobertura realizadas tales como la Zonificación ecológica y económica en el departamento de la región Junín realizado por el Gobierno Regional de Junín (2015). Sin embargo, no hay un análisis detallado de los patrones de variación de cobertura para esta región del país. Para el conocimiento de los autores, esta será la primera vez que se analice el cambio histórico de la cobertura del territorio, y se relacionarán con variables como la población y el clima.

Desde la perspectiva descrita, el trabajo se justifica puesto que ayudará a generar información crítica para la gestión territorial en una zona del país que presenta una gran importancia natural, social, económica, cultural y ambiental.

1.6.2. Justificación práctica

La cuenca del río Chanchamayo enfrenta desafíos considerables debido a su fácil accesibilidad, antigua colonización y cercanía (relativa) a centros urbanos importantes, incluyendo la capital (Gobierno del Perú et al., 1987). La construcción de infraestructura para minería o proyectos hidroeléctricos u otros (Finer & Jenkins, 2012), así como la actividad maderera (Kleinschroth & Healey, 2017), pueden generar nuevas vías de acceso que acrecientan el riesgo de deforestación en áreas prístinas. En este contexto, los resultados de esta investigación proporcionan una base sólida para la gestión territorial, y además de impulsar el desarrollo sostenible en la cuenca, generando estrategias que promuevan el crecimiento económico y social de la cuenca sin comprometer sus ecosistemas. Además, este estudio se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13: Acción por el Clima y el ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres (United Nations, 2025). Demostrando cómo los cambios de cobertura y uso del suelo y la variabilidad climática impactan directamente la salud de los ecosistemas y la resiliencia de las comunidades locales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Guerra (2021) analizó la variación espaciotemporal de la cobertura vegetal en relación con el crecimiento poblacional en la provincia de Lima durante el período 2000 - 2019. Para ello, utilizó el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés), calculado a partir de imágenes satelitales previamente procesadas mediante correcciones radiométricas y geométricas, así como técnicas de clasificación supervisada para mejorar la precisión del análisis del cambio de cobertura. Paralelamente, la evolución poblacional se determinó a partir de los censos nacionales. Los resultados evidenciaron una relación negativa alta, donde el crecimiento poblacional (+86 % en el período de estudio) tuvo un impacto directo en la reducción y alteración de la cobertura vegetal (-1.73 %).

Mucha (2020) en su investigación analizó la variación de la cobertura y el uso actual de tierras de la subcuenca del Cunas durante el periodo 1987-2017, a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat, la clasificación se realizó con la metodología Corine Land Cover, con una representación cartográfica a escala 1/100000, logrando identificar tipos de cobertura desde el nivel I hasta al IV según sus unidades de cobertura y uso de tierra, asimismo, se logró determinar el origen de los factores causantes de la variación de la cobertura que son las actividades antropogénicas, como la agricultura, ganadería, como también, las actividades económicas, sociales y culturales; que ocasionan un desorden, obteniendo como consecuencia, un manejo inadecuado de la cobertura.

De Oliveira et al. (2019) estudiaron la partición de los flujos de agua y energía superficial en diferentes tipos de cobertura terrestre en un año húmedo (2004) y un año de sequía (2005) en Brasil, utilizando imágenes satelitales de alta resolución que tienen el potencial de mejorar la predicción del impacto de los cambios del manejo de los suelos. Por ello, se utilizó y combinó los datos del Radiómetro Avanzado de Emisión y Reflexión Térmica Espacial (ASTER, por sus siglas en inglés). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los flujos superficiales antes y 1 año después de la deforestación. Rn sobre áreas boscosas es 10 % mayor en comparación con pasto y agricultura. La deforestación y la consiguiente transición a pasto o

agricultura aumentó la energía total (200 – 400 %) utilizada para calentar el subsuelo del suelo y elevar la temperatura del aire. Concluyendo, que la variación espacial del albedo, radiación neta (R_n), suelo (G), flujo de calor sensible (H), flujo de calor latente (ET) y la fracción evaporativa (EF) se relaciona con la menor presencia de bosque y en épocas de sequía tienden a afectar más los ecosistemas considerados antrópicos que los naturales.

Karlsson et al. (2016) desarrollaron una evaluación de los efectos combinados de modelos climáticos, estructura de modelos hidrológicos y escenarios de cambio en el uso del terreno en una cuenca hidrográfica en Dinamarca. Tres modelos hidrológicos (NAM, SWAT y MIKE-SHE) fueron desarrollados y calibrados bajo las mismas condiciones y cada uno de ellos fue forzado para predecir efectos de cambio futuro en clima y cobertura bajo cuatro escenarios distintos. Los resultados mostraron todos los modelos hidrológicos presentan rendimiento similar en la calibración, además, la respuesta media de descarga al cambio climático varió hasta un 30 %, y las variaciones fueron aún mayores para los eventos extremos (percentil 1 y 99). En conclusión, los cambios en el uso del terreno causaron cambios pequeños en la respuesta hidrológica y muy ligeras diferencias entre los diferentes modelos. Sin embargo, los cambios en la respuesta hidrológica a la modificación del territorio fueron sustanciales para valores extremos (períodos extraordinariamente húmedos o de fuertes sequías).

Wagner et al. (2016) desarrollaron una evaluación sobre la integración dinámica de los cambios en el uso del terreno en la respuesta hidrológica de la cuenca del río Puna, en la India. Utilizando proyecciones de cambio en el uso del territorio y crecimiento de centros urbanos como insumo de entrada para el modelo hidrológico SWAT estimaron los impactos que dichas alteraciones podrían tener sobre el balance hídrico a nivel de cuenca considerando cuatro escenarios de cambio climático. Los resultados indican que se proyecta un aumento del área urbana en las márgenes del río Puna y en su parte alta, mientras que las tierras agrícolas y las áreas seminaturales disminuirían durante el periodo 2009–2028. En conclusión, un incremento en la esorrentía superficial durante los periodos monzónicos y una reducción sustancial en la tasa de evapotranspiración en la temporada seca, ambos debido a la menor cobertura natural, seminatural y agrícola esperada.

Zorogastúa et al. (2011) estudiaron el cambio de la cobertura y el uso de la tierra en Piura, utilizando imágenes del satélite Landsat 5 registradas entre 1999 y el 2001, y

comparando con el mapa de bosques secos elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) con interpretación visual de imágenes Landsat 5 registradas entre 1986 y 1994. Logrando obtener más información a detalle con el procesamiento digital de imágenes de satélite agilizando más el proceso y siendo más precisos a diferencia con la interpretación visual que utilizó INRENA, de esta forma se concluyó que los bosques secos, el 38 % del área no hubo variación, mientras que 13 % mejoró y el otro 23 % redujo la cobertura.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cobertura de suelo

Se refiere a la descripción del material físico en la superficie de la Tierra, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2020). Está compuesta por elementos tanto naturales como artificiales, como la flora silvestre, vegetación cultivada, superficies descubiertas, agua superficial y construcciones realizadas por el ser humano, los cuales se clasifican comúnmente como tipos de cobertura (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2025). Por su parte, aspectos sociales, culturales, económicos y políticos, influyen en la decisión de ser humano sobre el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales (MINAM, 2021a). Por eso, los cambios de coberturas terrestres según Carvajal y Pabón (2016), generalmente son causados por actividades como la deforestación, la urbanización y las prácticas agrícolas, que influyen en los procesos de cambio global. Esto ocurre debido a que afectan el intercambio de energía entre la superficie terrestre y la atmósfera, alterando el sistema climático (Carvajal & Pabón, 2016). De acuerdo con el estudio de Khanna et al. (2017), tres décadas de deforestación en la Amazonía han afectado al hidro clima, por ello un aumento de temperatura del aire y supresión de nubes ocurren en zonas ampliamente deforestadas.

Por otro lado, el cambio de cobertura en las cuencas hidrográficas por las acciones humanas genera efectos sobre la cantidad y calidad del agua producida (Martínez, 2021; Nacimba, 2022). Adicionalmente, los cambios de cobertura vegetal pueden contribuir a generar cambios de la morfometría afectando la dinámica fluvial (Lombardo et al., 2019). Asimismo, la remoción del bosque prístino impacta el suelo y, en consecuencia, afecta numerosos bienes y servicios provistos por el ecosistema (Rocha et al., 2023).

2.2.2. *Uso de territorio*

Hace referencia al conjunto de acciones humanas en un territorio, que realizan en un determinado tipo de cobertura para producirla, modificarla o mantenerla, dentro de un espacio geográfico (CONABIO, 2020; FAO, 2025). En el Perú, el ordenamiento territorial es un proceso técnico y político que busca armonizar el desarrollo sostenible con la conservación ambiental, promoviendo una planificación equilibrada a nivel local, regional y nacional (MINAM 2016).

El Ministerio del Ambiente (MINAM) lidera este proceso mediante herramientas como Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y otros mecanismos que permiten identificar las potencialidades y limitaciones del territorio. Estas herramientas facilitan la toma de decisiones basadas en criterios ambientales, sociales y económicos, garantizando un desarrollo planificado e integral (MINAM, 2021b; MINAM, 2016).

Desde esta perspectiva, el ordenamiento territorial no solo busca optimizar el uso de los recursos naturales, sino también articular de manera eficiente los factores socioculturales, económicos y ecológicos, asegurando un enfoque sinérgico para el bienestar de las comunidades y la sostenibilidad del entorno (MINAM, 2016).

2.2.3. *Matriz de confusión*

De acuerdo con Sánchez (2016), es conocida como matriz de error o tabla de contingencia, que se componen por filas que representan las unidades cartográficas (unidades-o clases-del mapa). y sobre las columnas se ordenan las clases reales (verdad-terreno). Además, es una herramienta estadística que permite evaluar la precisión o exactitud de cualquier producto de datos derivados de teledetección (Comber et al., 2012; Ariza et al., 2018).

2.2.4. *Índice kappa*

Según MINAM (2014), es una medida de concordancia entre la exactitud lograda en la clasificación con un software y la exactitud de lograr una clasificación correcta con una clasificación visual, ya sea en campo o con imágenes de alta resolución.

La fórmula para calcular el índice Kappa (k) es:

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Tabla 2

Criterios para la interpretación de los valores del índice Kappa

Coeficiente de Kappa (k)	Fuerza de concordancia
0	Pobre
0.01 - 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi Perfecta

Fuente: Landis y Koch (1977).

2.2.5. Interpretación de sensores remotos

Se utilizan una serie de reglas para analizar e interpretar imágenes de satélite. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC] (2021) recomienda los siguientes pasos:

- Primero, se debe de analizar de forma metódica, esto dependerá del tema de estudio y la aplicación que se utilizará.
- Segundo, se debe de interpretar de lo general a lo específico, realizando un reconocimiento detallado.
- Tercero, se debe caracterizar desde lo conocido a lo desconocido, esto reducirá el tiempo y ayudará a identificar más rápido.
- Cuarto, se debe analizar al inicio según sus propias cualidades, sin embargo, en la clasificación final se debe buscar otras informaciones que no se observe en las imágenes.

2.2.6. Validación de datos

La validación de datos se realiza mediante observaciones y comparaciones de los valores de datos antes de incorporarlos a las bases de datos (Estévez & Gavilán, 2008). Para la validación de datos de variables climáticas, se recomienda utilizar un máximo de 5 estaciones que presenten mayor correlación, además, se sugiere calcular la media y la desviación típica de los datos, ya que estos dos parámetros estadísticos se

establece una regla de validación aplicable al dato estudiado, basado en la Norma UNE 500540:2004 (Guajardo-Panes et al., 2017; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2012).

2.2.7. Modelo Digital de Elevación (DEM, por sus siglas en inglés)

Es una representación digital de la altitud como variable continua sobre una superficie bidimensional, a través de una red regular de valores *Z* referenciados a un datum común (Roa & Kamp, 2008). Según Fallas (2007), los DEM pueden obtenerse a partir de la interpolación de datos topográficos, imágenes satelitales con propiedades estereoscópicas (capturadas desde diferentes ángulos y con niveles elevados de sobreposición) o también generados por datos LIDAR. El procesamiento de sus datos genera una malla de puntos o representación continua, donde la interpolación se usa para estimar valores no muestreados. Además los datos proporcionados son coordenadas espaciales, elevación, resolución espacial, modelo de superficie y derivados topográficos, los cuales son fundamentales para su aplicación en este estudio (Fallas, 2007; Guth et al., 2021).

Sin embargo, los DEM también pueden contener errores que puedan afectar su precisión y calidad, los más comunes son el error sistemático, el error de interpolación, el error de resolución espacial y el error de suavizado afectando a la representación de un terreno. Según el protocolo de ortorectificación de imágenes LANDSAT se deberá tener un error máximo permisible de 1 píxel (MINAM, 2014).

2.2.8. Red MapBiomias Amazonia

La red de MapBiomias Amazonía involucra a investigadores y especialistas en teledetección, informática, ecosistemas y uso de la tierra de cada uno de los países participantes como Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (MapBiomias Amazonia, 2025a). Utilizando la plataforma de Google Earth Engine (GEE), el consorcio comparte y distribuye mapas de cobertura anual desde 1985 hasta un periodo correspondiente a dos años. Actualmente se encuentra en la nueva versión de la colección 4, después de haber pasado antes por las colecciones 1,2 y 3, cada actualización incorpora nuevos códigos a la leyenda con diferentes características (MapBiomias Amazonia, 2025).

Un ejemplo de Bravo (2021) en su estudio “Mapeo anual de la cobertura y el uso del suelo de la Pan-Amazónica para el monitoreo del bosque” donde tiene por

finalidad describir la experiencia de mapeo anual de coberturas y usos del suelo en la Pan-Amazonía, como parte del equipo técnico de la Colección 2 del proyecto MapBiomás Amazonía, una iniciativa de la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada. Además, menciona el método de clasificación que hace uso como Random Forest, esto brinda la predicción de promedio de árboles individuales en un determinado territorio.

2.2.9. *Producto Grillado PISCO*

Producto Grillado de Interpolación Peruana de Datos Climatológicos e Hidrológicos del SENAMHI (PISCO, por sus siglas en inglés) se crea partir de datos observados (en total 684 estaciones climatológicas) que fueron obtenidos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para estimar las características climatológicas como temperatura, precipitación, evapotranspiración, caudal en lugares o áreas (Huerta et al., 2022).

2.2.10. *Cuencas hidrográficas*

Son unidades físico-geográficas superficiales que constituyen un espacio físico definido por la existencia de una línea imaginaria geográfica también conocido como “divortium aquarum” o "parteaguas"(Cotler et al., 2013). El parteaguas es por donde recorre el agua hacia una corriente principal o desembocar al mar o un lago. Las características morfométricas de la cuenca según Gaspari et al. (2012) e Ibáñez et al. (2011) son:

2.2.10.1. Factor de forma

Es un factor adimensional que indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial en la cuenca hidrográfica. Se expresa como la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud axial.

2.2.10.2. Coeficiente de compacidad

Este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca.

2.2.10.3. Pendiente media de la cuenca

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la esorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

2.2.10.4. Curva hipsométrica

Es la representación gráfica de la variación altitudinal de una cuenca, por medio de una curva tal, que representa un área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca.

CAPÍTULO III

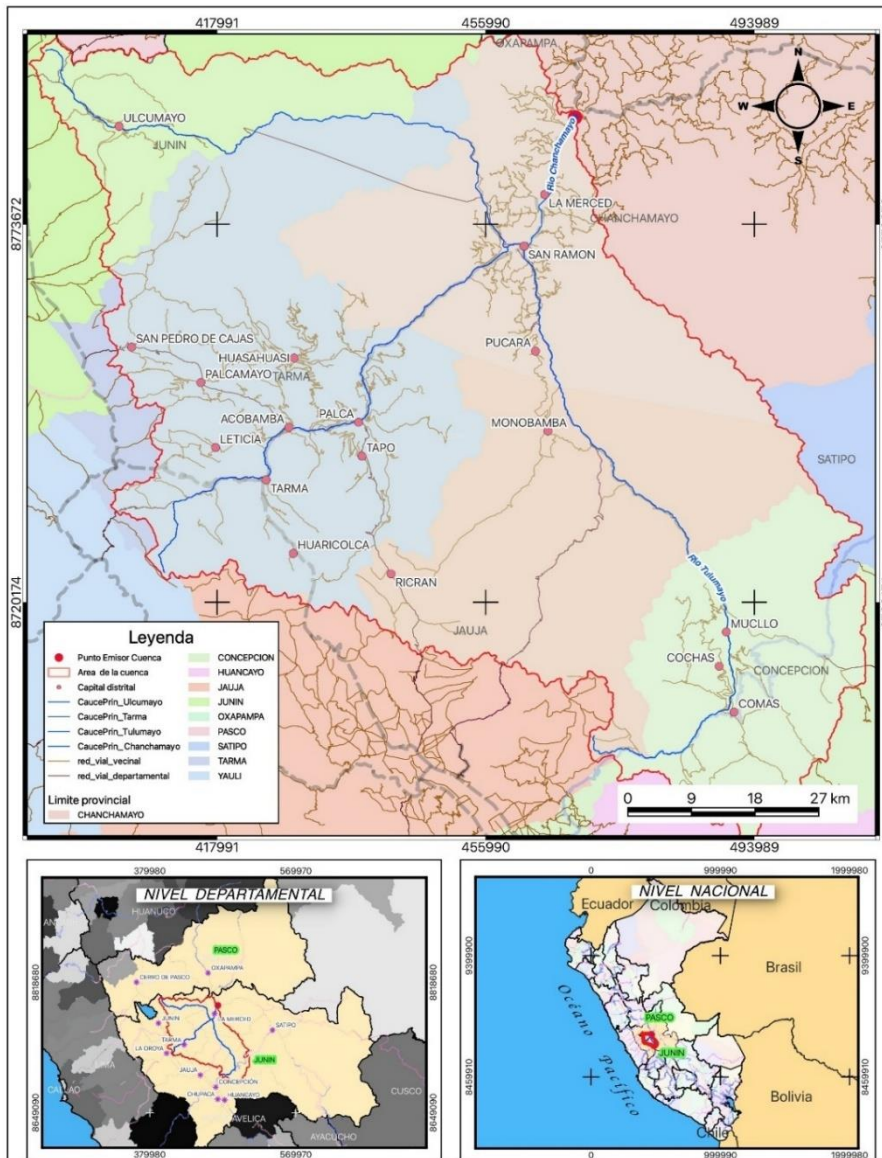
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. **Ámbito de estudio**

La cuenca del río Chanchamayo está ubicada en la vertiente oriental central del Perú y se localiza principalmente en el departamento de Junín. Su centroide, en el sistema geodésico WGS 84 (zona 18 Sur), cuyas coordenadas UTM son: 8748454.151 Norte y 452179.815 Este. Está constituida por los principales ríos Tulumayo, Tarma y Ulcumayo, que al unirse forman el río Chanchamayo; en el cual se ubica en La Merced, la ciudad más desarrollada de la Selva Central.

Figura 1

Mapa de estudio de la cuenca del río Chanchamayo



3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es básica, que busca generar conocimiento teórico sobre los cambios sin intervenir directamente en ellos (Haro et al., 2024). Dado que describe un problema que no ensayan diferentes métodos de aplicación, basándose en el análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo, la variabilidad climática y variación poblacional en una serie de tiempo desde 1985 a 2021.

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Describe la relación entre dos o más variables en un momento determinado. En este contexto, la investigación analizó como se relacionan los cambios de cobertura y uso de suelo con variables climáticas y poblacionales, permitiendo identificar patrones asociados entre variables.

3.2.3. Diseño de la investigación

Se aplicó el diseño no experimental, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) el cual permite observar y analizar sin manipular intencionalmente las variables. En ese sentido, se analizó los datos desde 1985 a 2021, que fueron recopilados de diversas fuentes como el MapBiomas, el producto grillado PISCO y los censos nacionales; que fueron validados mediante registros geográficos de campo y datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI.

3.3. Población y muestra

La población del estudio está conformada por las cuencas hidrográficas ubicadas en la vertiente oriental de los Andes centrales del Perú, los cuales comparten características fisiográficas, climáticas e hidrológicas similares, lo que permite analizar patrones comunes en la dinámica del recurso hídrico y los procesos geomorfológicos asociados.

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, centrando el análisis en la cuenca del río Chanchamayo, ubicada mayormente en la región Junín, Perú. Esta cuenca presenta una superficie de 7 495.432 km² y es seleccionada por la representatividad dentro del conjunto de cuencas andino-amazónicas.

3.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Delimitación de la cuenca

La delimitación de la cuenca se realizó de manera automatizada en QGIS, utilizando un modelo de altitud en formato ráster y determinando el punto de cierre de la cuenca en su confluencia con el río Paucartambo. El límite de la cuenca es equivalente a la línea de *divortium aquarum* (divisoria de aguas), la cual está definida por las altitudes y que tiene su punto de cierre en la zona más baja de la cuenca (Domingo & Aguero, 2018).

El proceso comenzó con la descarga de un DEM desde el servidor de USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>), basado en datos NASADEM con una resolución espacial de 30 metros. Una vez incorporado el DEM en QGIS, se procedió a su reproyección al sistema de coordenadas UTM zona 18S, con el fin de garantizar un procesamiento más preciso. Posteriormente, se recortó el área de estudio para optimizar los cálculos y reducir la carga computacional.

A continuación, se efectuó la corrección del DEM, eliminando vacíos e inconsistencias que podrían haber afectado la identificación de las rutas de flujo. Mediante el análisis espacial, se generaron capas de acumulación y dirección del flujo, lo que permitió delimitar subcuencas e identificar puntos clave, como confluencias.

Finalmente, se determinó el punto de salida de la cuenca, asegurando que su delimitación coincidiera con la divisoria de aguas definida por la altitud. De esta manera, se logró una representación precisa y confiable del área de estudio.

3.4.2. Características morfométricas de la cuenca

Se analizó distintos parámetros morfométricos para la caracterización geomorfológica de la cuenca del río Chanchamayo, esto permitió comprender su dinámica hidrológica y su influencia en el escurrimiento superficial.

A partir de estos datos, se calcularon cuatro índices morfométricos fundamentales mediante el uso del Software QGIS para determinar las características morfométricas con el complemento MORFOCUENCAS (Duarte & Sierra, 2021).

Tabla 3*Características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo*

Características	Fórmula	Interpretación
Factor de forma	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Mide cuan cuadrada (alargada) puede ser; si los valores son más bajos tipifican que son cuencas más alargadas.
Coefficiente de compacidad	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$	Compara el contorno o perímetro de la cuenca con el perímetro de la circunferencia de la misma área del estudio.
Pendiente media de la cuenca	$S = 100 \frac{\sum Li \times E}{A}$	En la horizontal de la vertiente de la cuenca, se efectúa el valor medio del declive del terreno y la inclinación.
Curva hipsométrica	Análisis Gráfico	La historia de la altitud y la dinámica del ciclo de erosión de la cuenca. Asimismo, es el indicador del estado dinámico.

Nota. Kf: Factor de forma, L: Longitud axial (km), A: Área de la cuenca (km²), Kc: Índice de Gravelius, P: Perímetro de la cuenca (km), J: Pendiente media de la cuenca (%), Li: Longitud de las curvas de nivel (km), E: Equidistancia de las curvas de nivel (km). Fuente: (Camino et al., 2018; Cardona, 2016).

3.4.3. Clases de cobertura y uso del suelo

Para la identificación de coberturas a lo largo del período histórico comprendido entre 1985 y 2021 se utilizó los productos de clasificación de imágenes satelitales generados por el proyecto MapBiomás (MapBiomás Perú, 2025). Dicho proyecto, de alcance continental, tiene como objetivo utilizar una tecnología de calidad con mucha precisión, asimismo, ser de bajo costo para generar mapas anuales de cobertura y uso del suelo para toda la Amazonía. Estos datos son públicos y gratuitos, sin embargo, son de uso no comercial o con fines de interés público. La clasificación de MapBiomás

considera una serie de clases distintas de cobertura (Tabla 4), que incluye formaciones vegetales que ocurren naturalmente en toda la cuenca Amazónica, formaciones producto de la intervención humana y cuerpos de agua (Figura 2).

Aunque tiene una serie de controles de calidad y hay trabajo de equipos nacionales (el MINAM en el caso del Perú) en la validación de MapBiomias, el producto obtenido no deja de ser una clasificación a gran escala, por lo que resulta necesaria su validación local (Lorenz et al., 2021). Para ello, se procedió a realizar una serie de muestras en diferentes sitios a lo largo de la cuenca del río Chanchamayo, dichas muestras están constituidas por puntos georreferenciados en los cuales se identificaron clases de cobertura y uso de suelo en base a la lista definida (Tabla 4), sin conocer de antemano lo definido por MapBiomias.

Tabla 4

Memoria descriptiva para la leyenda MapBiomias Perú de la Colección 1.0

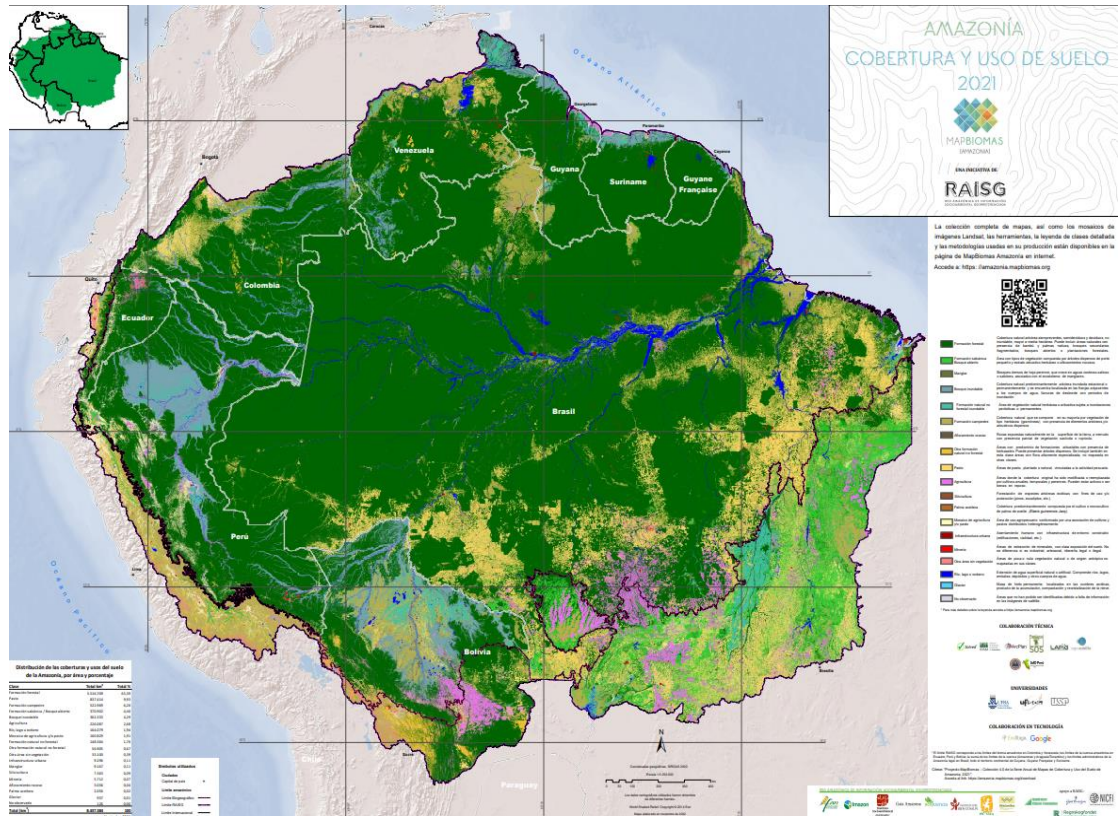
ID	Clases	DESCRIPCIÓN
1	1. Formación boscosa	
3	1.1. Bosque	Cobertura natural arbórea de hoja perenne, semicaducifolia y caducifolia, no inundable. Puede incluir: bambú, palmas nativas, bosques secundarios fragmentados y algunas plantaciones forestales.
6	1.4. Bosque inundable	Cobertura natural que predomina arbóreas inundadas, estacionales o permanentes, estas se ubican en las llanuras adyacentes de los cuerpos de agua.
10	2. Formación natural no boscosa	
11	2.1. Zona pantanosa o pastizal inundable	Cobertura natural herbácea o arbustiva sujeta a inundaciones periódicas o permanentes.
12	2.2. Pastizal / herbazal	Cobertura natural herbácea en zonas andinas, constituida principalmente por céspedes y pajonales dominados por gramíneas.
13	2.3. Matorral y otras formaciones no boscosas	Cobertura natural compuesta por arbustos, cactáceas o herbazales. Puede presentar árboles dispersos y flora altamente especializada, como las de lomas y tillandsiales.

14	3. Área agropecuaria	
15	3.1. Pasto	Áreas de pasto, plantado o natural, vinculadas a la actividad pecuaria.
18	3.2. Agricultura	Área de cultivos anuales, temporales y perennes. Incluye áreas en descanso.
9	3.3. Plantación forestal	Área forestada con especies arbóreas exóticas con fines de uso y/o protección (pinos, eucaliptos, etc.).
21	3.4. Mosaico agropecuario	Área de uso agropecuario conformado por una asociación heterogénea de agricultura, pasto y agroforestería. Incluye áreas en descanso.
22	4. Área sin vegetación	
24	4.1. Infraestructura	Áreas de entorno construido con densidad significativa. Incluye construcciones fuera de zonas urbanas.
30	4.2. Minería	Área de extracción de minerales, que tengan exposiciones de suelo. No considera si se diferencian si son industriales, artesanales, legal o ilegal.
25	4.3. Otra área sin vegetación	Masa de hielo permanente, localizada en las cumbres andinas, debido a la acumulación, compactación y recristalización de la nieve.
26	5. Cuerpo de agua	
33	5.1. Río, lago u océano	Cuerpos de agua superficial natural o artificial. Considera ríos, lagos, embalses y otros cuerpos de agua.
34	5.2. Glaciar	Área de cobertura o masa de hielo permanente, localizados en las cumbres andinas, producto de la acumulación, compactación y recristalización de la nieve.
27	6. No observado	Espacio o área que no son identificadas debido a falta de información en las imágenes de satélite.

Nota. ID: Código que identifica la clase de cobertura vegetal o uso del suelo en los mapas. Fuente: Elaborado a partir de la memoria descriptiva de la leyenda MapBiomás Perú de la Colección 1.0 (MapBiomás Perú, 2023).

Figura 2

Cobertura y uso de suelo de la Amazonia en el 2021



Fuente: MapBiomias Amazonia (2025).

3.4.4. Variación poblacional

Se realizó el análisis a través de los registros de los censos nacionales que tiene el fin de saber cuántos habitantes y viviendas (ocupadas o desocupadas) existen en el país (INEI, 2025). Cubriendo el período de estudio, se cuenta con datos de Censos Nacionales del año de 1981, 1993, 2005, 2007 y 2017. Asimismo, ecuaciones para estimar la tasa de crecimiento poblacional (Ecuación 1) y la proyección poblacional (Ecuación 2), se utilizaron las siguientes funciones logísticas adaptado del INEI (2018):

$$r = \left[\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{1/t} - 1 \right] * 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$PF = PI * (1 + r)^n \dots\dots\dots (2)$$

Siendo:

- r : Tasa de crecimiento poblacional.
- P_t : Población en el último año de datos censales.
- P₀ : Población en el anterior año de datos censales.

t : Tiempo en años del período intercensal.

n : Número de años de proyección.

PF : Población final proyectada.

PI : Población inicial.

Los datos de población se extrajeron de la plataforma del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Se descargaron los datos correspondientes a los años 1981, 1993, 2005, 2007 y 2017 de los 20 distritos pertenecientes a la cuenca del río Chanchamayo, mediante el sistema REDATAM de los censos mencionados (INEI, 2025). Además, se empleó la base de datos del INEI (2022) para la extracción de datos de proyección poblacional a nivel nacional para los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

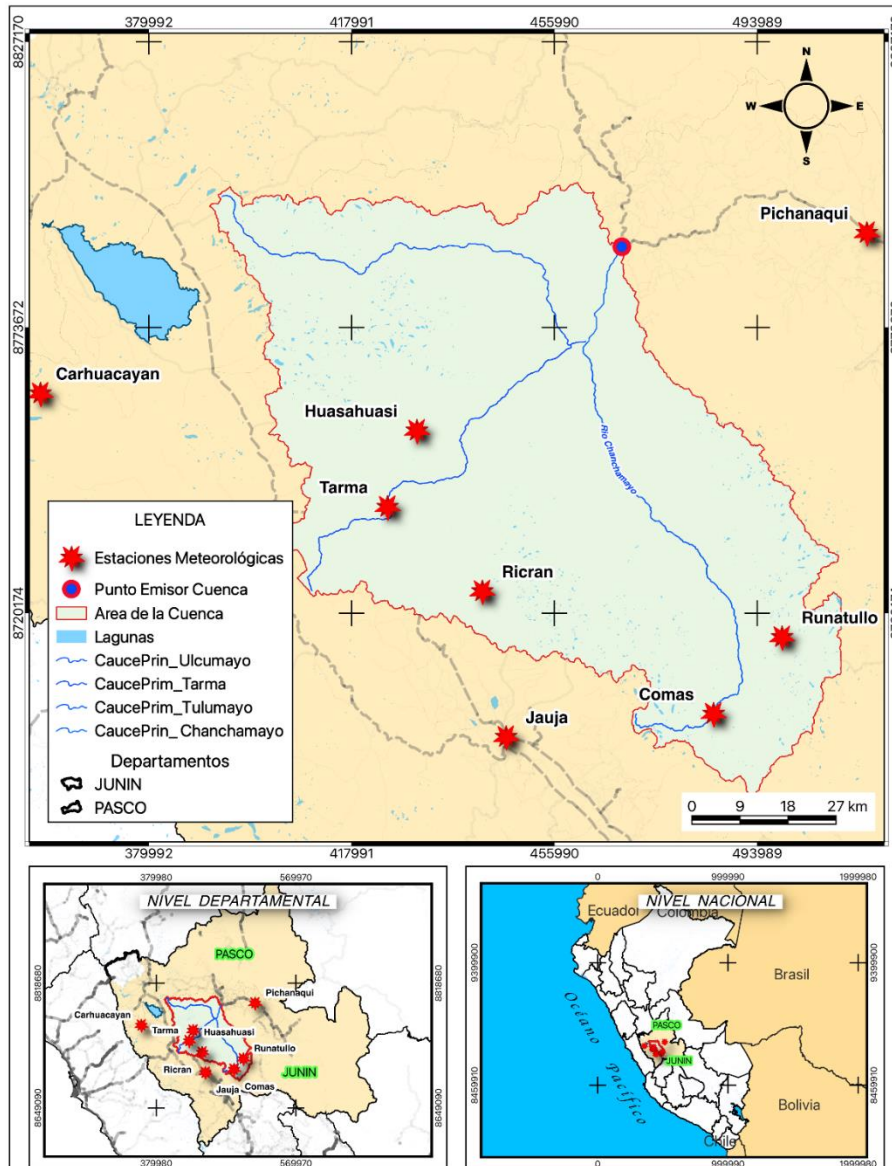
3.4.5. Variaciones climáticas

Se utilizaron tres tipos de datos climáticos como: precipitación, temperatura y evapotranspiración. Estos datos se obtuvieron de las grillas geográficas en formato ráster generadas por el SENAMHI en el producto PISCO (Aybar et al., 2017), que provee información espacialmente distribuida de precipitación, temperatura y evapotranspiración para el período histórico 1981-2024. Esta base de datos geográfica tiene una resolución de 1 km (0.01°), lo que permitió una cobertura bastante detallada de la totalidad de la cuenca del río Chanchamayo, el cual es desarrollada por el SENAMHI, se trata de una grilla de información climática que inició con datos de precipitación interpolados a nivel nacional. PISCO usa como covariable inicial y replica el método de generación utilizado por el Centro de Riesgos Climáticos de Precipitación Infrarroja con Datos de Estación (CHIRPS, por sus siglas en inglés), base de datos global desarrollada mediante interpolaciones geográficas entre estaciones validadas (Funk et al., 2015). En el producto PISCO, los datos de precipitación se ofrecen en dos escalas temporales: diaria y mensual en el periodo de 1981 - 2024.

Posteriormente, utilizando el mismo método de interpolación aplicado con los datos de precipitación, el SENAMHI creó dos bases de datos adicionales dentro del sistema PISCO: temperaturas máximas y mínimas. De forma similar, se trata de valores de temperatura (máxima y mínima) diaria y mensual a lo largo del territorio nacional entre 1981 y 2016.

La base de datos de las variables climáticas fue descargada de PISCO SENAMHI con extensión de NetCDF (.nc) con las coordenadas geográficas de la cuenca del río Chanchamayo y procesadas en RStudio en base a una interpolación geográfica de las estaciones meteorológicas alrededor y dentro del ámbito de estudio. Se identificaron estaciones con datos históricos como Ricrán, Jauja, y Carhuacayán, así como estaciones más modernas como Huasahuasi, Tarma, Runatullo, Pichanaqui y Comas (Figura 3).

Para la validación de los datos del producto PISCO, se utilizaron los datos registrados de la estación meteorológica antigua (Ricrán), que está dentro de la cuenca. Los datos históricos y actuales de dicha estación serán descargados de la página web del SENAMHI con el siguiente enlace (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>).

Figura 3*Estaciones meteorológicas en la cuenca del río Chanchamayo*

3.5. Análisis de datos

La validación de los datos climáticos se realizó mediante la estimación de indicadores (validación univariada) (Reza et al., 2018). Los primeros son métodos simples que permitió conocer si las series de datos observados (estaciones meteorológicas operadas por el SENAMHI) concuerdan en sus patrones y rangos de variabilidad con la serie simulada (PISCO). Debido a la concordancia con los datos de estaciones meteorológicas, solo los datos de precipitación y temperaturas (mínimas) de PISCO fueron comparados utilizando los indicadores de Nash-Sutcliffe, Klinge-Gupta, coeficiente de determinación (R^2), cuadrado medio del error y coeficiente de información de Aikake (Galecki & Burzykowski, 2013).

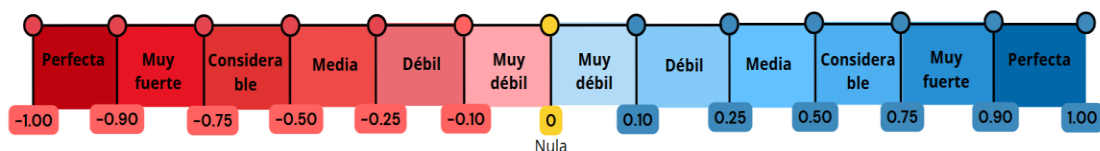
Las series anuales de temperatura, precipitación y evapotranspiración fueron analizadas con la tendencia monótonica de Mann-Kendall. Esto permitió identificar si existe una tendencia clara al incremento (en la temperatura y la evapotranspiración) o reducción (en la precipitación) en el período estudiado, o si más bien la tendencia es estable en los totales anuales. De igual manera, se aplicó para las variables de población, bosque y la clase unificada de matorrales y pastizales.

Finalmente, tanto los datos climáticos como poblacionales, expresados en series de tiempo anuales, fueron comparados con los datos de cobertura, para identificar las relaciones que existen entre ellos, y la influencia de cada uno de los factores independientes en los cambios de uso del terreno. Para esto se utilizó el Modelo Aditivo Generalizado (GAM, por su siglas en inglés), eliminando previamente las variables auto correlacionadas (Galecki & Burzykowski, 2013). Asimismo, se aplicó el coeficiente de correlación Spearman que analizó de forma individual la relación entre pares de variables, valores obtenidos entre -1 a 1, la interpretación fue a través del grado de relación de las variables (Figura 4). La selección de este método se basó en los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, la cual indicó que los datos no seguían una distribución normal (Sánchez-Solis et al., 2024).

Todos los análisis geográficos, el procesamiento de los datos espaciales y la caracterización de la cuenca se realizaron utilizando Quantum Geographic Information System [QGIS] (2025), proyecto de la Fundación Geoespacial de código abierto, mientras que los análisis estadísticos y numéricos se desarrolló en el software R (R Core Team, 2024) y la presentación de gráficos que se desarrolló en Excel.

Figura 4

Grado de relación según coeficiente de correlación



Fuente: Adaptado de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

3.6. Consideraciones éticas

La recopilación, organización, almacenamiento y proceso de datos se realizó enmarcados en las normas de la ética de la investigación. En todo momento los investigadores (los tesisistas, su asesor y cualquier colaborador adicional) siguieron el Código de Ética de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central “Juan Santos Atahualpa” aprobada con la Resolución de Comisión Organizadora N°142-2023-CO-UNISCJSA. En situaciones particulares no contempladas en el código institucional, se tomaron como guía el Código Nacional de la Integridad Científica (<https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/Codigo-integridad-cientifica.pdf>) y el Código de Ética de la Sociedad Ecológica de los Estados Unidos (<https://www.esa.org/about/code-of-ethics/>). Los tesisistas y su asesor respetaron todas las normativas y restricciones que existan dentro de las áreas a visitar (incluyendo ANPs), solicitaron permiso para el ingreso a cualquier predio privado, y respetaron las decisiones de los pobladores locales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Presentación de resultados y discusión

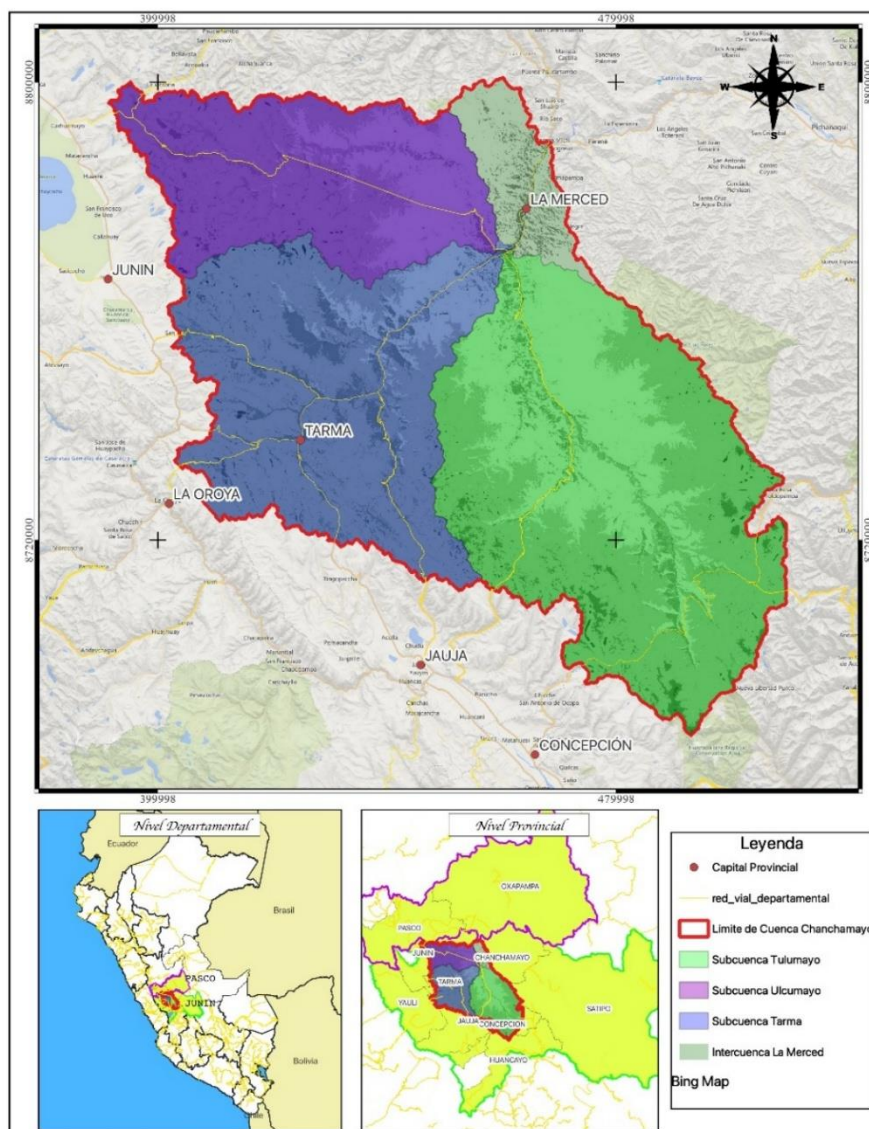
4.1.1. Principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo

a. Características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo

La cuenca del río Chanchamayo está formada por las subcuencas Ulcumayo, Tulumayo y Tarma, como afluentes del cauce principal y una pequeña intercuenca que comprende 9 % de la superficie total (Figura 5).

Figura 5

Delimitación de la cuenca del río Chanchamayo y sus subcuencas



Cuenta con un área total de 7495.432 km² y un perímetro de 1305 km, siendo medidas importantes para el cálculo de parámetros posteriores. La cuenca presenta un ancho de 77 km y 106 km de longitud axial (Tabla 5).

Tabla 5

Características generales de la cuenca del río Chanchamayo y sus tres subcuencas principales

Parámetro	Unidad	Subcuencas			Cuenca
		Ulcumayo	Tarma	Tulumayo	Chanchamayo
Área (A)	km ²	1575.05	2277.99	3241.93	7495.43
Perímetro (P)	km	315	409	422	1305
Longitud axial (L)	km	72	69	90	106
Ancho de la cuenca (a)	km	22	56	47	77

Según los criterios establecidos por la Autoridad Nacional del Agua [ANA] et al. (2011), la cuenca del río Chanchamayo se clasifica como cuenca muy grande, al presentar una superficie superior a los 5000 km². A nivel de subcuencas, Ulcumayo y Tarma se clasifican como intermedia - grande, por comprender áreas de 500 a 2500 km², mientras que la subcuenca Tulumayo se clasifica como grande (2500 a 5000 km²).

A continuación, se detallan las características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo y sus tres subcuencas principales. Se incluyen parámetros como: longitud del cauce principal, factor de forma, coeficiente de compacidad, pendiente media de la cuenca y el orden de corriente (Tabla 6).

Tabla 6

Características morfométricas de la cuenca del río Chanchamayo y sus tres subcuencas principales

Parámetros	Unidad	Subcuencas			Cuenca
		Ulcumayo	Tarma	Tulumayo	Chanchamayo
Longitud de cauce principal (Cp)	km	98.12	93.00	114.13	135.21
Factor de forma (Kf)		0.31	0.48	0.40	0.67
Coefficiente de compacidad (Kc)		2.24	2.42	2.09	4.25
Pendiente media de la cuenca (J)	%	26.50	24.13	26.46	25.10
Orden de corriente		6	6	7	8
Longitud total de drenaje	km	1464.66	1975.32	3002.53	6837.84

El factor de forma resultante de la cuenca es 0.67, que corresponde una morfología ensanchada, como lo indican Caicedo et al. (2021) y Strahler (1957). Esta morfología posee mayor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido del agua en la cuenca es mucho más corto que una cuenca alargada (Cardona, 2016).

De acuerdo con el factor de forma de las subcuencas, Ulcumayo fue la única que presentó una forma ligeramente alargada (0.31), lo que indica un flujo más lento y distribuido, como lo indican Caicedo et al. (2021) y Strahler (1957). En contraste, Tarma (0.48) tuvo una forma ligeramente ensanchada y Tulumayo (0.40), ni alargada ni ensanchada. Este comportamiento morfométrico implica una mayor susceptibilidad a eventos de crecida súbita, especialmente en las subcuenca Tarma (Caicedo et al., 2021; Cardona, 2016; Strahler, 1957).

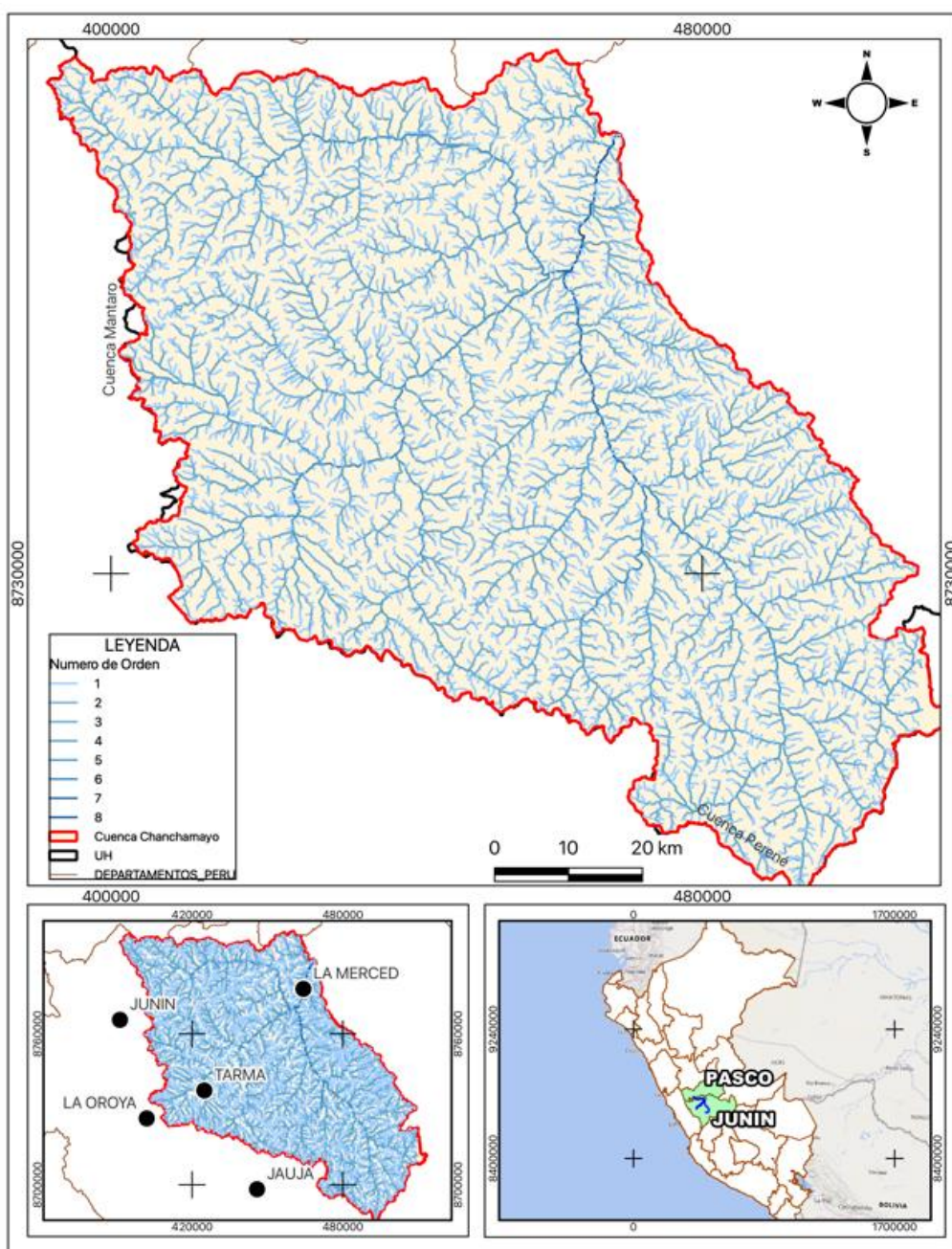
El coeficiente de compacidad (4.25), indica que la cuenca del río Chanchamayo es rectangular-oblonga, lo que significa que es irregular y de menor peligrosidad a las crecidas como lo indica Gaspari et al. (2012). Por otro lado, la pendiente media de la cuenca obtuvo un valor de 25.1 %, el cual corresponde al relieve “muy fuertemente

accidentado” que se relaciona directamente con el escurrimiento de las aguas de lluvias como lo sostienen Gaspari et al. (2012) y López (1998).

La red de drenaje alcanzó el orden 8 según el sistema de Strahler (Figura 6) Además, la cuenca del río Chanchamayo presentó una longitud total de drenaje de 6837.84 km y las subcuencas, Tarma (1975.32 km) y Tulumayo (3002.53 km) tienen mayor cantidad de longitud total de drenaje, mientras la subcuenca Ulcumayo (1464.66 km).

Figura 6

Orden de corrientes según Strahler de la cuenca del río Chanchamayo

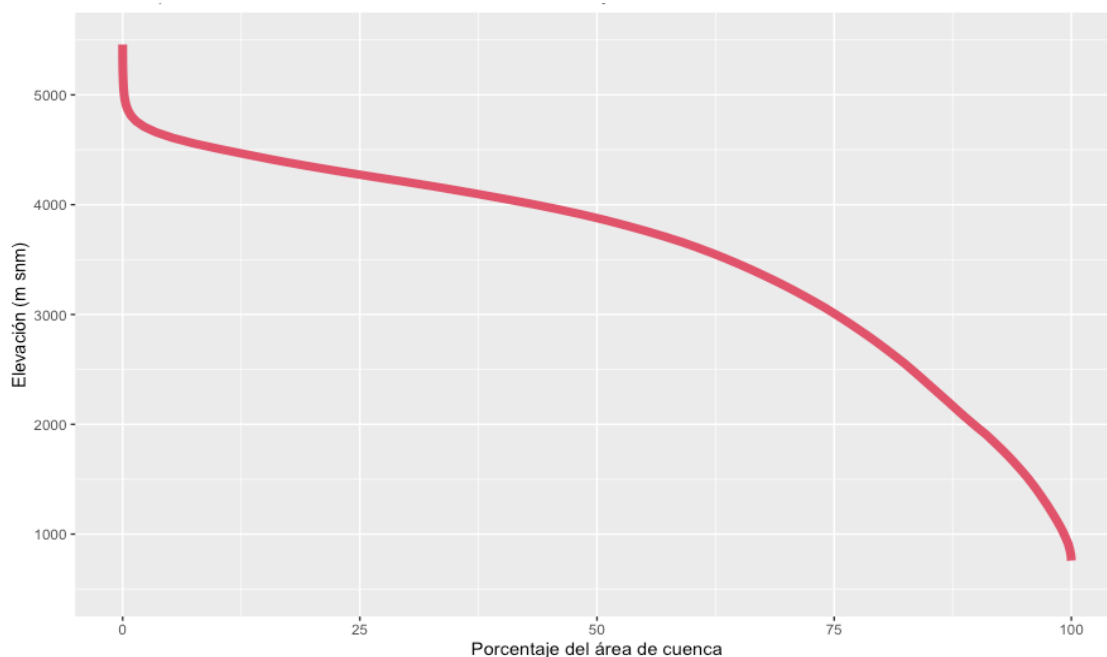


Cabe indicar que el orden de drenaje es alto, lo que sugiere mayor es el grado de desarrollo fluvial (Meza, 2006; Rizo et al., 2011), debido a que muestra un patrón natural dendrítico, propio de cuencas en zona de montañas con rocas complejas, alta cobertura vegetal y alta disponibilidad de recursos hídricos, como indica Dingman (2009). Además, la longitud de drenaje de las subcuencas de Tarma y Tulumayo fueron componentes más significativos, contribuyendo con la mayor parte de la longitud total de los cursos de agua de la cuenca.

La curva hipsométrica muestra que la totalidad de la cuenca del río Chanchamayo se ubica entre 787 m s. n. m y 5277 m s. n. m., donde aproximadamente el 25 % se concentra entre los 787 a 3000 m s. n. m y el 75 % de la cuenca se ubica por encima de los 3000 m s. n. m (Figura 7).

Figura 7

Curva hipsométrica de la cuenca del río Chanchamayo



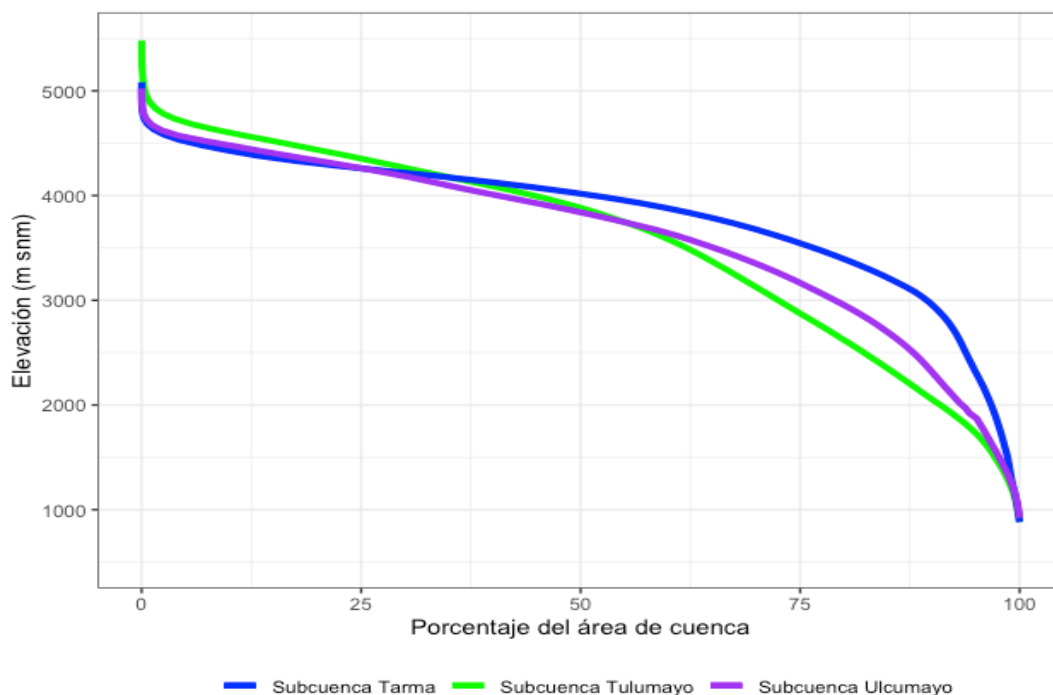
El análisis de la curva hipsométrica de la cuenca del río Chanchamayo indica que se trata de un sistema maduro, con una topografía moderada y estable en su mayor parte. De acuerdo con Aguilar y Naranjo (2018) y Strahler (1952), esto es característico de las cuencas que presenta menor susceptibilidad a eventos erosivos extremos.

Asimismo, la curva hipsométrica de cada una de las subcuencas principales como Tarma, Tulumayo y Ulcumayo (Figura 8), se observaron distribuciones altitudinales similares, donde el 38 % oscila entre los 757 y 3400 m s. n. m. y el 62 %

del área se encuentra por encima de los 3400 m s. n. m. Cabe señalar que la subcuenca Tulumayo presentó la cota máxima.

Figura 8

Curvas hipsométricas de las subcuencas



Las subcuencas Tarma, Ulcumayo y Tulumayo muestran características geomorfológicas de una etapa madura, lo que indica que han alcanzado un equilibrio, donde los procesos de erosión y deposición están balanceados como lo sostienen Aguilar y Naranjo (2018) y Strahler (1952). De acuerdo con Strahler (1952), cuanto mayor inclinación de su curva hipsométrica es indicativa de pendientes más pronunciadas y una mayor producción de sedimentos.

b. Validación del mapa de coberturas 2021 (MapBiomias)

Tal como se indica en la sección metodológica, para evaluar la validez de los mapas anuales de cobertura generados por MapBiomias Perú, se comparó el producto del 2021 (el último de la colección 1.0) con 569 puntos de control generados entre 2022 y 2023. Mediante un análisis de matriz de confusión se obtuvo un nivel de coincidencia promedio del 97.36 %, lo cual indica una alta confiabilidad del producto (Tabla 7).

Las clases como plantación forestal, pasto, infraestructura, área sin vegetación, así como la clase río, lago y océano; presentaron una exactitud del usuario al 100 % lo

que indica que todas las observaciones clasificadas corresponden correctamente a estas clases (Figura 9). Sin embargo, las clases: bosque, pastizal/herbazal, mosaico agropecuario, así como matorral y otras formaciones no boscosas; mostraron algunas confusiones en la clasificación con otro tipo de clase. Estas confusiones fueron mínimas, ya que todas presentaron un porcentaje de exactitud superior al 90 %. Además, el índice Kappa calculado es 0.96, lo que indica una concordancia “casi perfecta” en la clasificación. Si bien, estos resultados presentaron leves diferencias en la identificación de clasificación en algunas clases, no obstante, el modelo es alta y confiable.

Tabla 7

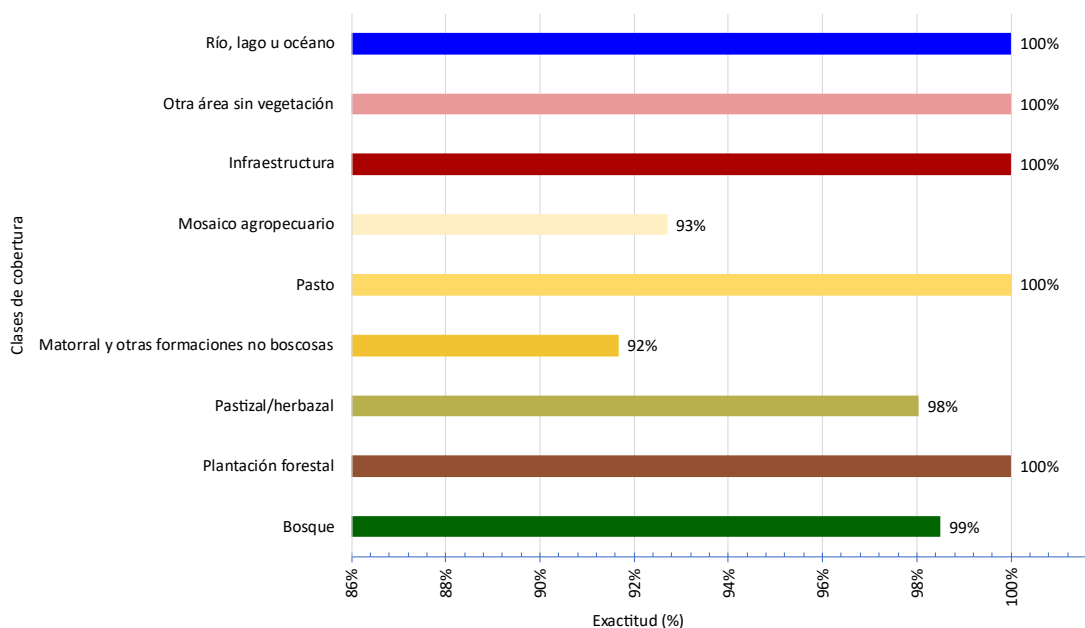
Resultados del análisis de matriz de confusión

ID clase	3	9	12	13	15	21	24	22	33	Total	Exactitud usuario (%)
3	262	0	0	0	0	2	0	0	2	266	98.50
9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	100
12	1	0	150	0	0	0	0	1	1	153	98.04
13	0	0	1	22	0	0	0	1	0	24	91.67
15	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	100
21	1	0	3	2	0	77	0	0	0	83	92.77
24	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8	100
22	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	100
33	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21	100
Total	264	1	154	24	5	79	8	10	24	569	
Exactitud											
Productor	99.24	100	97.40	91.67	100	97.47	100	80	87.50		
	(%)										

Nota. (3) Bosque, (9) Plantación forestal, (12) Pastizal/herbazal, (13) Matorral y otras formaciones no boscosas, (15) Pasto, (21) Mosaico agropecuario, (24) Infraestructura, (22) Área sin vegetación y (33) Río, lago y océano.

Figura 9

Exactitud por clase de cobertura



Estos resultados fueron similares con lo reportado por Jaramillo et al. (2025) quienes obtuvieron un coeficiente Kappa de 0.95 al evaluar los datos MapBiomias 2022. Asimismo, Rocha et al. (2023) presentó un índice Kappa similar (0.62), lo que indica una excelente concordancia, aunque señalaron que requiere ciertos ajustes y refinamientos para su uso a nivel local. Como afirman Achicanoy et al. (2018), mientras más se acercan los valores de estos índices al 100 %, más fuerte será el acuerdo entre los dos mapas comparados.

En particular, se observaron confusiones en la clasificación entre vegetación natural y antrópica, situación también identificada en el estudio de Ganem et al. (2017). Estas confusiones se atribuyen a las similitudes estructurales y espectrales entre coberturas, así como a la estacionalidad de diferentes estratos de vegetación (Sano et al., 2007; Alencar et al., 2020). Según Souza et al. (2020), incluso con productos de alta calidad como MapBiomias, es común observar transiciones erróneas en los bordes entre clases, las cuales afectan la exactitud general. Este tipo de errores explican por qué no se alcanzó una precisión del 100 % en todas las clases, a pesar del alto nivel de rendimiento obtenido.

c. Cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo

La cuenca del río Chanchamayo, entre 1985 y 2021, registró una reducción en los pastizales/herbazales de 55.38 % a 53.28 %, simultáneamente, el bosque se mantuvo relativamente estable de 29.54 % a 29.75 %, mientras el mosaico agropecuario aumentó de 6.12 % a 7.38 % (Figura 10). Además, se observaron incrementos en la infraestructura de 0.12 % a 0.20 % y otras áreas sin vegetación de 3.04 % a 3.30 %. Otros cambios menores incluyen ligeros incrementos en la minería, los cuerpos de agua y las plantaciones forestales cubrían 0.04% en el 2021 (Tabla 8, Figura 11).

Tabla 8

Cambios de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo

Clases	ID	1985		2021	
		Área (km ²)	Porcentaje (%)	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Bosque	3	2212.5639	29.5396	2228.326	29.7501
Plantación forestal	9	NA	--	3.2779	0.0438
Zona pantanosa o pastizal inundable	11	25.2399	0.3370	16.4437	0.2195
Pastizal / herbazal	12	4147.6946	55.3753	3990.8751	53.2816
Matorral y otras formaciones no boscosas	13	206.9383	2.7628	229.4875	3.0639
Pasto	15	145.0012	1.9359	154.3311	2.0605
Mosaico agropecuario	21	458.4974	6.1213	553.1204	7.3846
Infraestructura	24	8.9557	0.1196	14.9025	0.1990
Otra área sin vegetación	25	227.3968	3.0359	247.1254	3.2993
No observado	27	0.0123	0.0002	0.1139	0.0015
Minería	30	0.0079	0.0001	2.1239	0.0284
Río, lago u océano	33	39.4397	0.5266	42.5248	0.5677
Glaciar	34	14.3478	0.1916	3.4435	0.0460
Total		7490.1576	100	7490.1578	100

Figura 10

Cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo

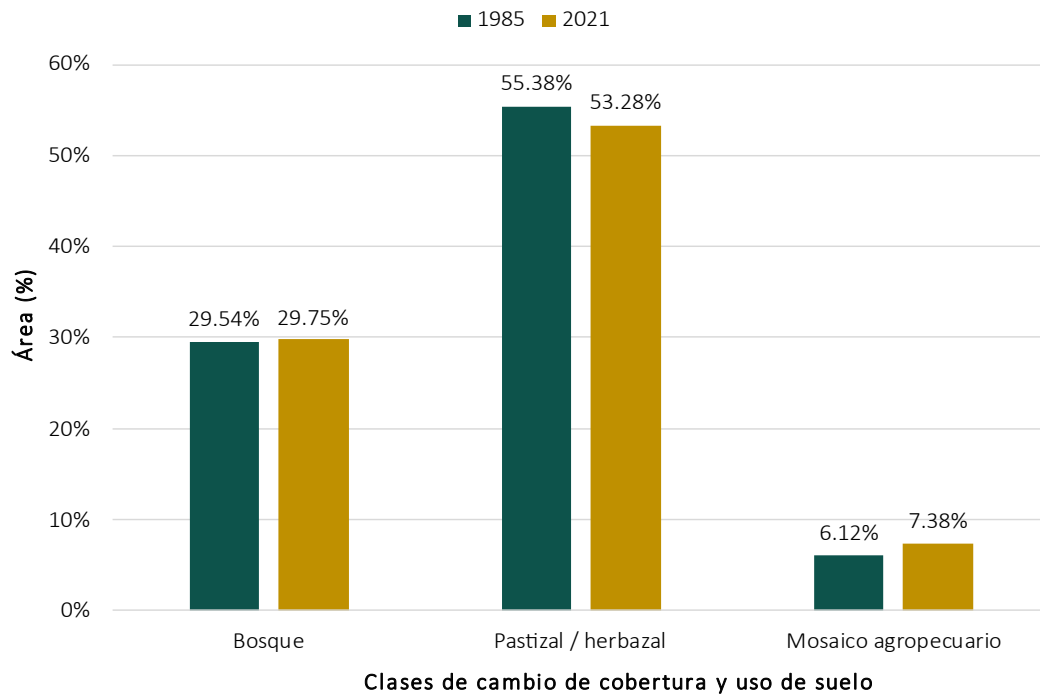
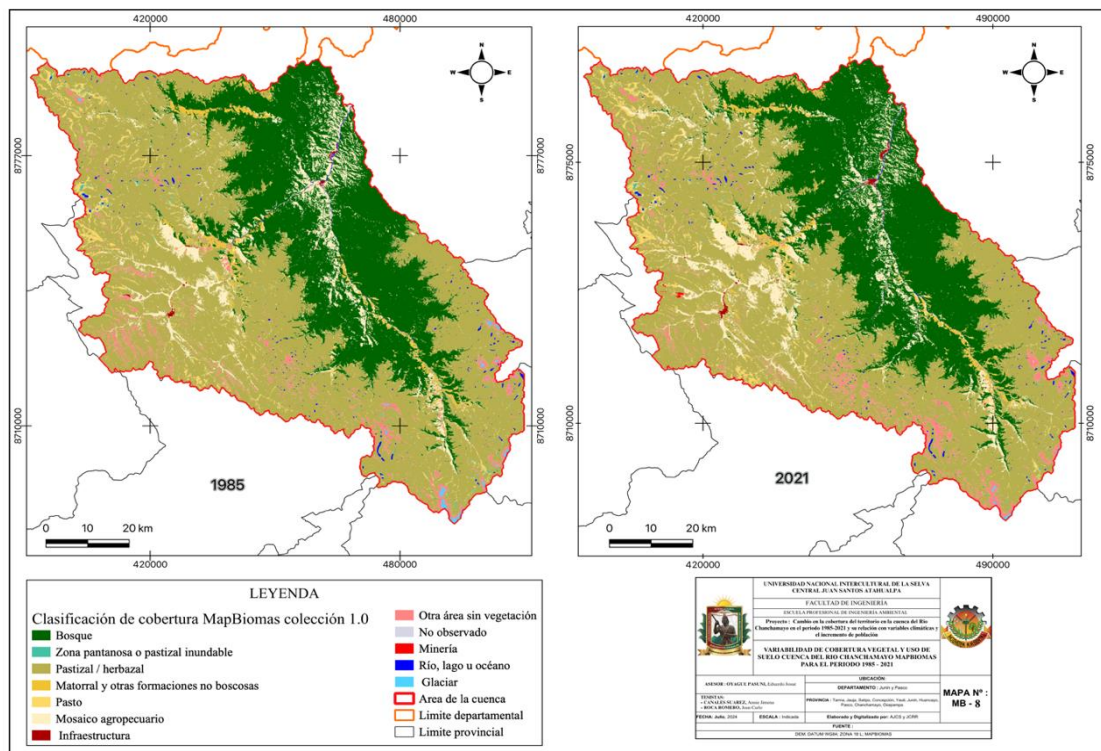


Figura 11

Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo



La dinámica de la cobertura y uso de suelo en la cuenca del río Chanchamayo es compleja y refleja la interacción entre procesos naturales y la influencia antropogénica. Estudios como el de Vega y Espinoza (2024) han evidenciado un incremento constante de la cobertura boscosa, sin embargo, esta coexiste con presiones significativas como la expansión urbana y la actividad minera, que han modificado las clases de mosaico agropecuario y pastizales, respectivamente. A pesar de estas presiones, también se mantiene la capacidad de regeneración natural. Al respecto, Armenteras et al. (2013) registraron regeneración ecológica a partir de pasturas y vegetación secundaria tras la disminución de actividades antropogénicas, un fenómeno también observado en la cuenca del río Chanchamayo. No obstante, otros estudios reportaron la disminución de cobertura boscosa (Arana, 2018; Requelme, 2019), lo cual sugiere que en otras regiones aun predomina la pérdida de cobertura vegetal. Además, en las partes más altas de la cuenca se observó la reducción de glaciares, acompañada del incremento de cuerpos de agua (río, lago u océano) y de otras áreas sin vegetación. Respecto a estos cambios de cobertura y uso de suelo, Vega y Espinoza (2024) señalan que la formación de nuevas lagunas altoandinas y la aparición de mayores extensiones sin cobertura en áreas periglaciares, pueden estar parcialmente relacionadas a la pérdida de la masa glaciar. Asimismo, el informe del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM] (2019) resaltó la alarmante pérdida de glaciares a nivel nacional.

En síntesis, coexisten procesos de degradación en la cuenca del río Chanchamayo, inducidos por actividades antropogénicas, sin embargo, hay evidencias de recuperación en ciertas coberturas.

d. Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma

Entre 1985 y 2021, los cambios más significativos fueron las disminuciones en la superficie de pastizales/herbazales de 68.37 % a 65.28 % y en la superficie boscosa de 12.22 % a 11.86 % (Figura 12). Asimismo, se registraron aumentos en la infraestructura de 0.26 % a 0.42 % y en el mosaico agropecuario de 7.85 % a 11.46 %. Además, se registró un aumento de las plantaciones forestales, pasando del 0 % a 0.14 % (Tabla 9, Figura 13).

Tabla 9*Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma*

Clases	ID	1985		2021	
		Área (km ²)	Porcentaje (%)	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Bosque	3	278.0904	12.2214	269.9575	11.8640
Plantación forestal	9	NA	NA	3.2463	0.1427
Zona pantanosa o pastizal inundable	11	6.2438	0.2744	4.6675	0.2051
Pastizal / herbazal	12	1555.8289	68.3749	1485.5092	65.2845
Matorral y otras formaciones no boscosas	13	67.6981	2.9752	80.5529	3.5401
Pasto	15	74.7542	3.2853	85.0961	3.7398
Mosaico agropecuario	21	178.5643	7.8475	260.7557	11.4596
Infraestructura	24	5.9214	0.2602	9.4612	0.4158
Otra área sin vegetación	25	101.1332	4.4446	66.7335	2.9328
Minería	30	0.0079	0.0003	2.0197	0.0888
Río, lago u océano	33	7.1971	0.3163	7.4399	0.3270
Total		2275.4393	100	2275.4393	100

Figura 12

Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma

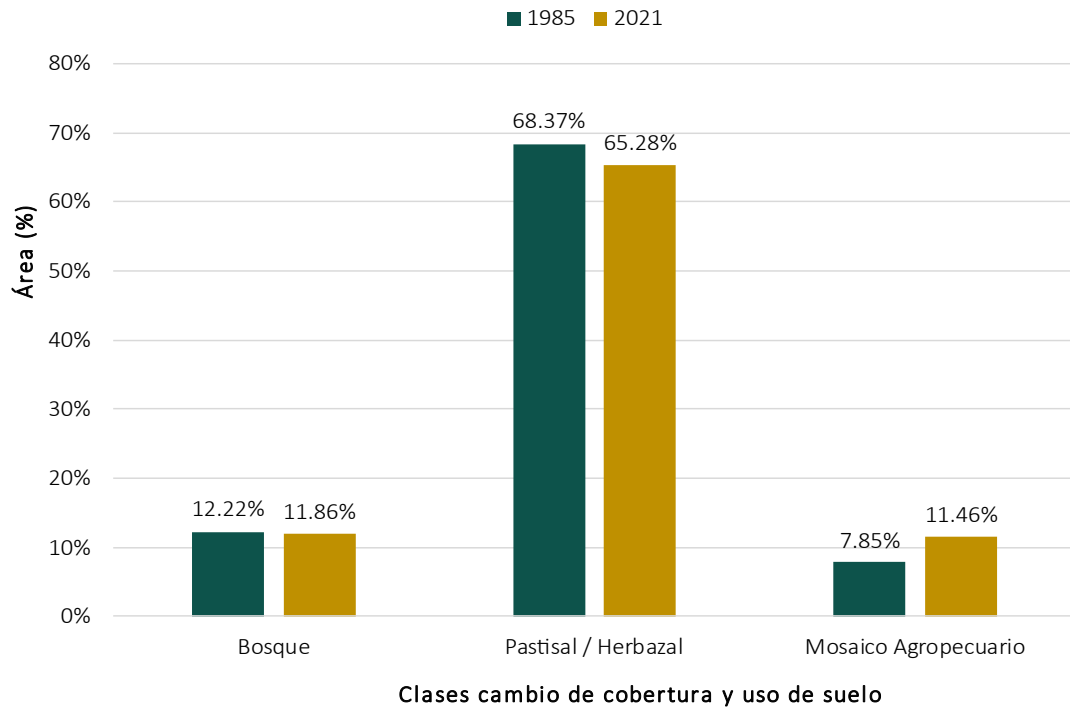
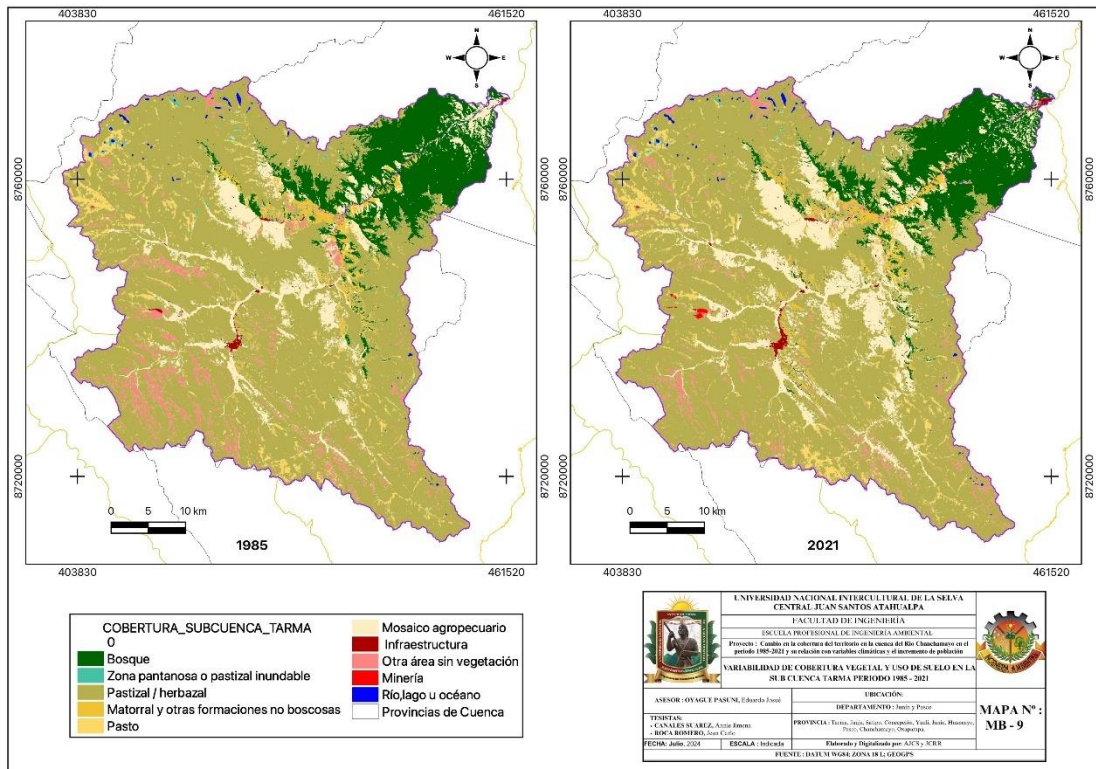


Figura 13

Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tarma



La subcuenca Tarma presentó el mayor porcentaje de actividades antropogénicas, pero no ha provocado una deforestación masiva, debido a que la superficie boscosa ha reducido ligeramente. De manera similar, Armenteras y Rodríguez (2014) observaron una pérdida acelerada de bosques debido a la intensificación de agricultura y ganadería. Simultáneamente, los pastizales experimentaron una disminución significativa, probablemente como resultado de actividades productivas, actividades mineras e hidroeléctricas. En contraste, García et al. (2016) y Rojas (2017) señalaron que las coberturas naturales fueron reemplazadas por la expansión de áreas agropecuarias. Por su parte, Arana (2018) menciona que la expansión urbana se produce a expensas de áreas agrícolas, bosques y áreas mayormente naturales (especialmente vegetación arbustiva/herbácea). Asimismo, se registró un aumento en las actividades mineras en la subcuenca, esto coincide con Vega y Espinoza (2024) que evidenciaron como la actividad minera generó la conversión de pastizales, pastos y bofedales, lo cual esto podría estar sucediendo en la subcuenca. Además, este fenómeno se contrasta con el estudio de Gabriel-Campos y García-Rivero (2020), en la cuenca baja del río Chilca (Lima), donde la expansión de áreas industriales, infraestructura y urbanizadas, provocó la disminución de coberturas con poca o sin vegetación y áreas agrícolas, resaltando la fuerte presión urbana sobre las coberturas naturales.

e. Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo

Entre 1985 y 2021, se registraron disminuciones en la superficie de pastizales/herbazales de 51.80 % a 50.61 % y en la superficie boscosa de 36.25 % a 35.64 % (Figura 14). Simultáneamente, el mosaico agropecuario aumentó de 4.24 % a 4.62 %, mientras los matorrales incrementaron de 2.33 % a 2.85 %. Además, en 2021, las plantaciones forestales cubrían el 0.03 %, mientras que, a lo largo del período de estudio, los glaciares experimentaron una disminución radical de 0.43 % a 0.11 % (Figura 15, Tabla 10).

Tabla 10*Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo*

Clases	ID	1985		2021	
		Área (km ²)	Porcentaje (%)	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Bosque	3	1174.4226	36.2533	1154.4443	35.6365
Plantación forestal	9	NA	NA	0.0315	0.0010
Zona pantanosa o pastizal inundable	11	12.4684	0.3849	6.4918	0.2004
Pastizal / herbazal	12	1678.1961	51.8042	1639.6624	50.6148
Matorral y otras formaciones no boscosas	13	75.4149	2.3280	92.4045	2.8524
Pasto	15	17.4084	0.5374	14.3049	0.4416
Mosaico agropecuario	21	137.4562	4.2431	149.5242	4.6157
Infraestructura	24	1.1934	0.0368	2.2028	0.0680
Otra área sin vegetación	25	105.1261	3.2451	150.5608	4.6477
No observado	27	0.0123	0.0004	0.1139	0.0035
Minería	30	NA	NA	0.1043	0.0032
Río, lago u océano	33	22.2407	0.6866	24.4662	0.7552
Glaciar	34	13.8160	0.4265	3.4435	0.1063
Total		3239.4952	100	3239.4952	100

Figura 14

Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo

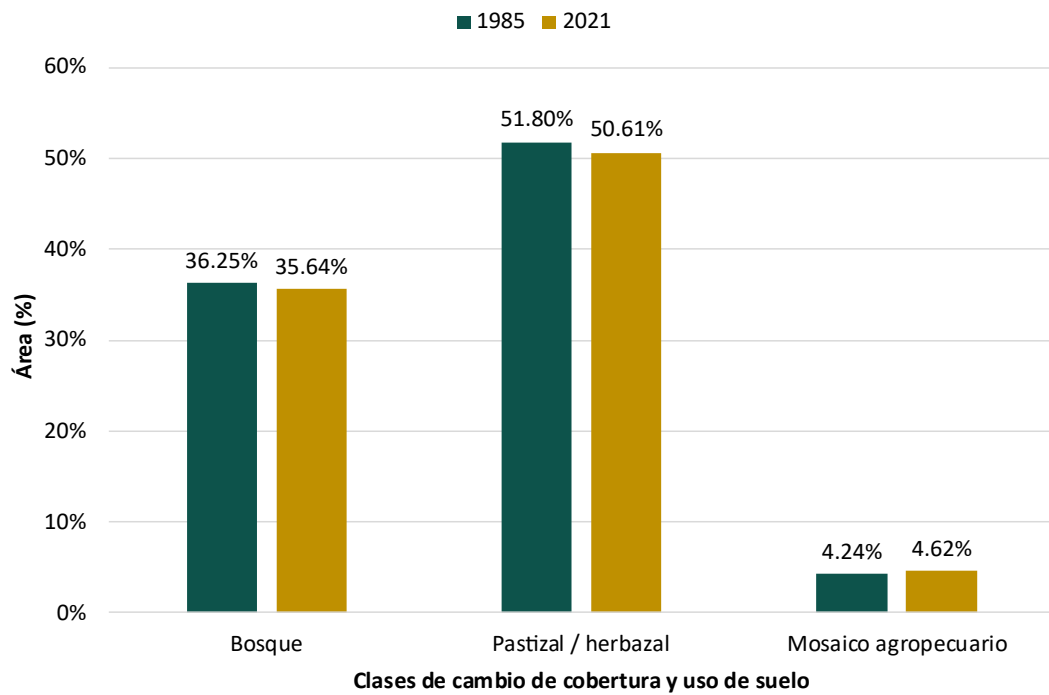
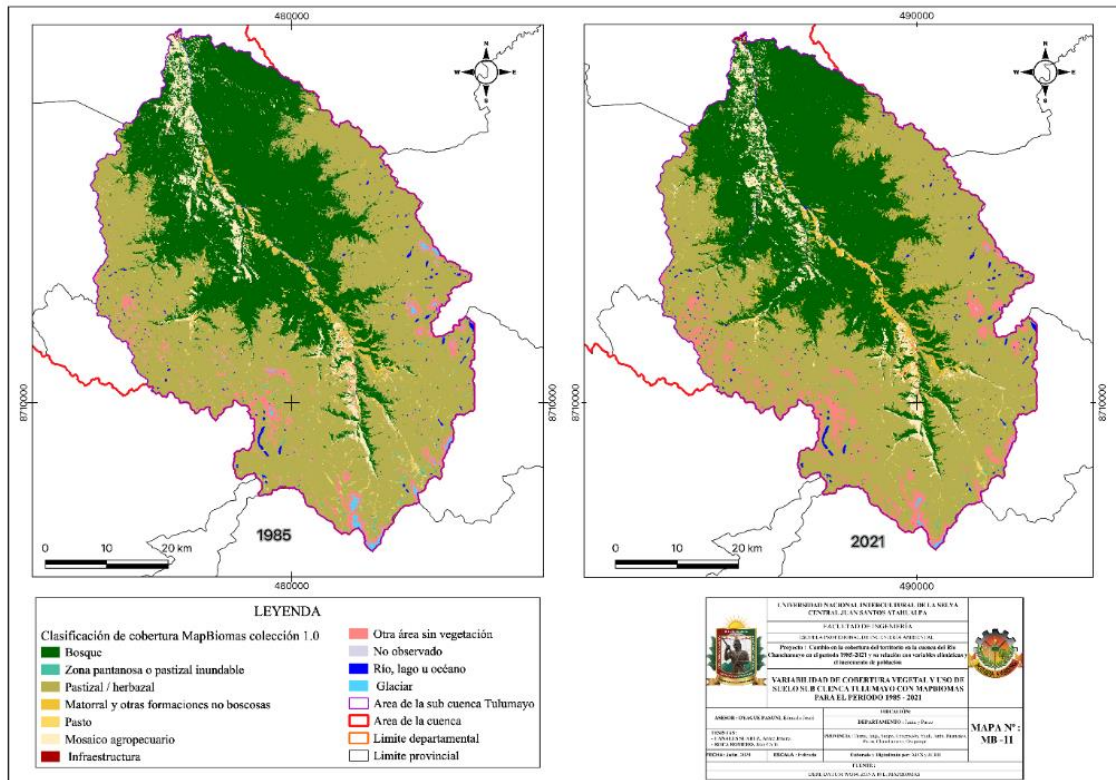


Figura 15

Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Tulumayo



Los cambios de cobertura y uso de suelo, observados en la subcuenca Tulumayo se originan por la presión antropogénica que ha provocado una disminución tanto en los bosques como pastizales. Esto concuerda con García et al. (2016), quienes señalaron que la vegetación natural fue convertida en áreas de vegetación secundaria, cultivos y asentamientos e infraestructura. Adicionalmente, Arias-Muñoz et al. (2024), observaron la disminución de bosques y pastizales frente al incremento de coberturas antrópicas, como las áreas de cultivo y zonas urbanas. Además, se identificó un crecimiento del área minera, un fenómeno también observado en la subcuenca Tarma, que ocurre principalmente a expensas de pastizales o herbazales (Vega & Espinoza, 2024). Se infiere que el crecimiento urbano y minero está vinculado, según Moschella (2023), con procesos migratorios y dinámicas económicas regionales ligadas a la minería y turismo, esto ha intensificado la presión sobre los bosques periurbanos.

f. Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo

Entre 1985 y 2021, el cambio más significativo fue la disminución de pastizales/herbazales de 58.03 % a 54.98 %. Asimismo, el mosaico agropecuario aumentó de 2.77 % a 4.92 %, mientras la superficie boscosa presentó un incremento de 29.63 % a 30.41 % (Figura 16). Además, los glaciares registraron una reducción radical, pasando de 0.03% a su desaparición (0 %), lo cual estuvo acompañado por un incremento en las áreas sin vegetación de 1.27 % a 1.81 % (Tabla 11, Figura 17).

Tabla 11

Cambios de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo de 1985 y 2021

Clases	ID	1985		2021	
		Área (km ²)	Porcentaje (%)	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Bosque	3	466.3412	29.6273	478.6869	30.4116
Zona pantanosa o pastizal inundable	11	6.5277	0.4157	5.2844	0.3357
Pastizal / herbazal	12	913.4768	58.0344	865.4512	54.9833
Matorral y otras formaciones no boscosas	13	62.5303	3.9726	54.379	3.4548

Pasto	15	52.8386	3.3569	54.9301	3.4898
Mosaico agropecuario	21	43.6761	2.7748	77.4766	4.9222
Infraestructura	24	0.0946	0.0060	0.1402	0.0089
Otra área sin vegetación	25	19.9468	1.2672	28.5607	1.8145
Río, lago u océano	33	7.2515	0.4607	8.3064	0.5277
Glaciar	34	0.5319	0.0338	NA	NA
Total		1574.0251	100	1574.0251	100

Figura 16

Cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo

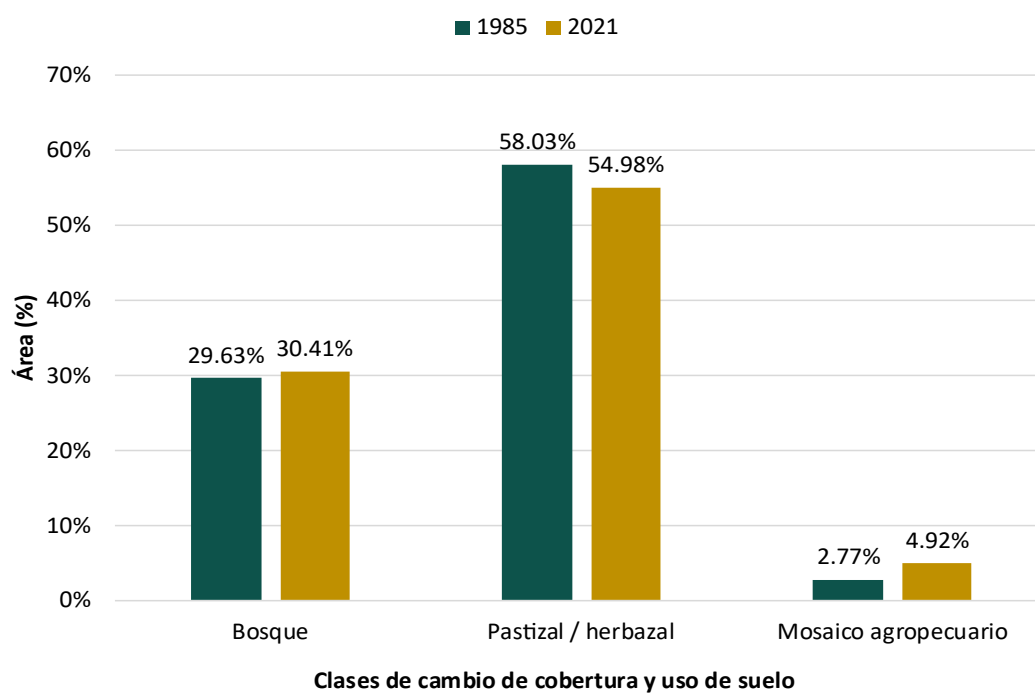
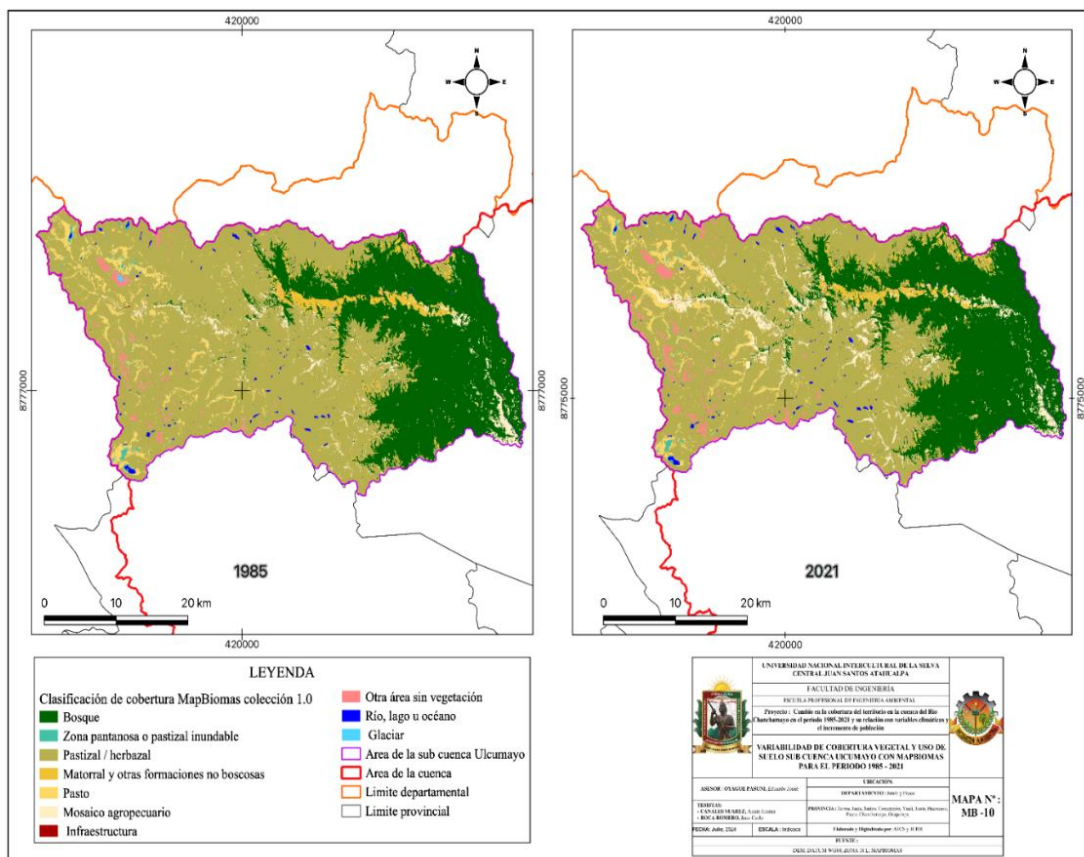


Figura 17

Mapa de cambio de cobertura y uso de suelo de la subcuenca Ulcumayo



En la subcuenca Ulcumayo, la presencia del Área Natural Protegida Pampa Hermosa podría haber influido en la conservación de la vegetación natural, esto se refleja en la recuperación de área boscosa, lo que concuerda Tapia-Armijos et al. (2017), quienes indican que las áreas protegidas suelen ser eficaces en la reducción de la presión antrópica dentro y en las zonas de amortiguamiento.

Además, la subcuenca podría experimentar transformaciones de regeneración natural, como la conversión de pastizal/herbazal a coberturas de pasto, matorrales y otras, en caso de los matorrales principalmente a mosaico agropecuario, pastizales y bosques (Vega & Espinoza, 2024). El aumento de las actividades agropecuarias en esta subcuenca ha propiciado estos cambios de cobertura y uso de suelo, que suelen producirse en áreas de baja altitud y proximidad a fuentes hídricas, factores que favorecen la creación de tierras agrícolas y se ven influenciados por la distancia de la carretera (Amaya et al., 2024). Adicionalmente, el hallazgo impactante es la pérdida completa de glaciares en la subcuenca, esto es consistente con el informe de INAIGEM

(2019), que resalta la alarmante pérdida de glaciares en la región Junín, evidenciando los impactos directos del cambio climático. En este contexto, la subcuenca Ulcumayo refleja una reorganización funcional del territorio, evidenciada en la expansión agropecuaria, la recuperación áreas boscosas y la disminución de los pastizales.

g. Análisis de bandas de altitud de cambio de cobertura y uso de suelo de la cuenca del río Chanchamayo

- **Zona Baja (500 - 1000 m s. n. m.)**

En 1985 y 2021, el mosaico agropecuario experimentó una reducción significativa de 23.71 % a 14.87 % en la zona baja, mientras que la cobertura boscosa aumentó de 21.10 % a 28.54 %. Sin embargo, la infraestructura incremento de 1.67 % a 3.22 %, las áreas sin vegetación aumentaron de 0.79 % a 0.90 % y la minería emergió como una nueva actividad, ocupando un 0.05 % en el 2021 (Tabla 12, Tabla 13).

Los cambios observados en la zona baja, donde la regeneración natural podrían explicar el incremento de la cobertura boscosa como lo afirma Álvarez (2001). Así mismo, estaría relacionado por el abandono de actividades agropecuarias, ya que la población estaría migrando en busca de empleos para compensar pérdidas económicas por el cambio climático (Hoffman & Grigera, 2013; Poyatos et al, 2003). Simultáneamente, el aumento de infraestructura y la aparición de minería, generarían empleos y nuevas vías para la construcción de infraestructura minera, hidroeléctricas u otros desarrollos (Finer & Jenkins, 2012). Sin embargo, también contribuyen al aumento de las áreas sin vegetación, lo que podría estar relacionado con la erosión o deforestación generada por estas intervenciones.

- **Zona de media (2500 - 3000 m s. n. m.)**

En 1985 y 2021, la cobertura boscosa se mantuvo estable de 41.69 % a 41.77 %. Sin embargo, se observó un ligero incremento en el mosaico agropecuario que tendió de 2.99 % a 3.69 %. Asimismo, disminuyeron los matorrales de 2.84 % a 2.30 %, y en los pastizales/ herbazales de 2.00 % a 1.90%. La infraestructura aumentó de 0.11 % a 0.15 %. Por otra parte, las plantaciones forestales, cubrieron 0.01 % en el 2021, lo que indica nuevas iniciativas económicas, probablemente de reforestación y/o forestación en la zona (Tabla 12, Tabla 13).

En la zona media, se evidenció una relativa estabilidad ecológica, con una cobertura boscosa constante, probablemente debido a la topografía accidentada donde el hombre no puede ampliar la frontera agrícola ni ganadera, como sostiene Weigend et al. (2006). No obstante, el aumento de mosaico agropecuario se debe a la mayor demanda y oferta de las partes agrícolas y pecuarias (Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], 2021). De acuerdo con Padilla et al. (2009), la reducción de pastizales estaría relacionado con las actividades agropecuarias, uso indiscriminado de la quema, la invasión de malezas, factores climáticos y otros. Asimismo, la reducción de matorrales estaría relacionado con las actividades antropogénicas y la regeneración natural. Finalmente, las plantaciones forestales comenzaron a establecerse 2011, probablemente a causa de las iniciativas de reforestación, producción forestal y comercialización (Quispe & Ramos - Huapaya, 2019).

- **Zona Altoandina o Puna (4500– 5200 m s. n. m.)**

En 1985 y 2021, se observó una reducción de pastizales y herbazales de 37.70 % a 33.10 %. Asimismo, disminuyeron los glaciares de 1.90 % a 0.70 %, en las zonas pantanosas de 0.12 % a 0.07 % y en los pastos de 0.31 % a 0.27 %. Sin embargo, los de cuerpos de agua aumentaron de 0.16 % a 0.17 %, mientras tanto las áreas sin vegetación experimentaron un aumento significativo de 9.81 % a 15.70 % (Tabla 12, Tabla 13).

Estos cambios evidencian una vulnerabilidad al cambio climático en la zona alta. La reducción de glaciares confirmó esta tendencia, tal como advierte INAIGEM (2019). Este retroceso glaciar estaría relacionado con el incremento de áreas sin vegetación y la formación de nuevas lagunas de origen glaciar, según Vega y Espinoza (2024). La disminución de pastizales sugiere que, en las zonas alta y media alta sin intervención antrópica, los cambios de uso y cobertura parecen estar directamente influenciados por la variabilidad climática (Tito, 2018). Cabe destacar, que la presencia de actividades agropecuarias fue escasa o nula en algunos años dentro del período analizado, su impacto pudo haber influido en la reducción de pastizales.

Tabla 12*Bandas de altitud de la Cuenca Chanchamayo (Parte 1)*

Altitud	ID	3 (%)		12 (%)		13 (%)		21 (%)		24 (%)		25 (%)		30 (%)	
		1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021
500-1000		21.0993	28.5369	0.0137	0.0237	0.3564	0.2572	23.7054	14.8689	1.6743	3.2202	0.7775	0.9045	NA	0.0460
1000-1500		33.0358	37.4939	0.1251	0.0168	0.6832	0.6571	15.6655	11.4240	0.0094	0.0250	0.2441	0.1074	-	-
1500-2000		40.1128	40.1937	0.3632	0.2134	1.5773	1.7966	7.6594	7.4484	0.0059	0.0200	0.1062	0.1396	-	-
2000-2500		44.4540	44.0136	0.5806	0.6834	2.4926	2.5846	2.1978	2.3782	0.0370	0.0504	0.1639	0.2022	-	-
2500-3000		41.6903	41.7646	2.0014	1.9028	2.8436	2.3029	2.9870	3.6933	0.1071	0.1467	0.3494	0.1524	-	-
3000-3500		26.6787	27.6555	12.5655	10.1220	4.3425	3.8323	5.8646	7.8504	0.1666	0.2671	0.3739	0.1565	-	-
3500-4000		3.9817	3.6888	40.4125	39.4807	1.2909	1.3461	2.1821	3.4761	0.0214	0.0215	0.7803	0.4911	0.0002	0.0245
4000-4500		0.0310	0.0296	44.1873	44.0363	0.0044	0.0111	0.0073	0.0077	0.0016	0.0025	2.6833	2.8840	-	0.0131
4500-5200		-	-	37.7031	33.0888	-	-	-	-	-	-	9.8064	15.6970	-	-

Nota. (3) Bosque, (12) Pastizal/herbazal, (13) Matorral y otras formaciones no boscosas, (21) Mosaico agropecuario, (24) Infraestructura, (25) Otra área sin vegetación, (30) Minería.

Tabla 13*Bandas de altitud de la Cuenca Chanchamayo (Parte 2)*

Altitud	ID	33 (%)		9 (%)		11 (%)		15 (%)		27 (%)		34 (%)	
		1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021	1985	2021
500-1000		2.3734	2.1427	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000-1500		0.2368	0.2759	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1500-2000		0.1752	0.1883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000-2500		0.0741	0.0875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2500-3000		0.0213	0.0259	-	0.0115	-	-	-	-	-	-	-	-
3000-3500		0.0082	0.0050	-	0.1111	-	-	-	-	-	-	-	-
3500-4000		0.1557	0.1836	-	0.0154	0.0911	0.0701	1.0842	1.2021	-	-	-	-
4000-4500		0.4835	0.5150	-	0.0011	0.4267	0.3072	2.0726	2.1815	0.0002	0.0023	0.1019	0.0086
4500-5200		0.1627	0.1694	-	-	0.1224	0.0738	0.3100	0.2731	-	-	1.8953	0.6978

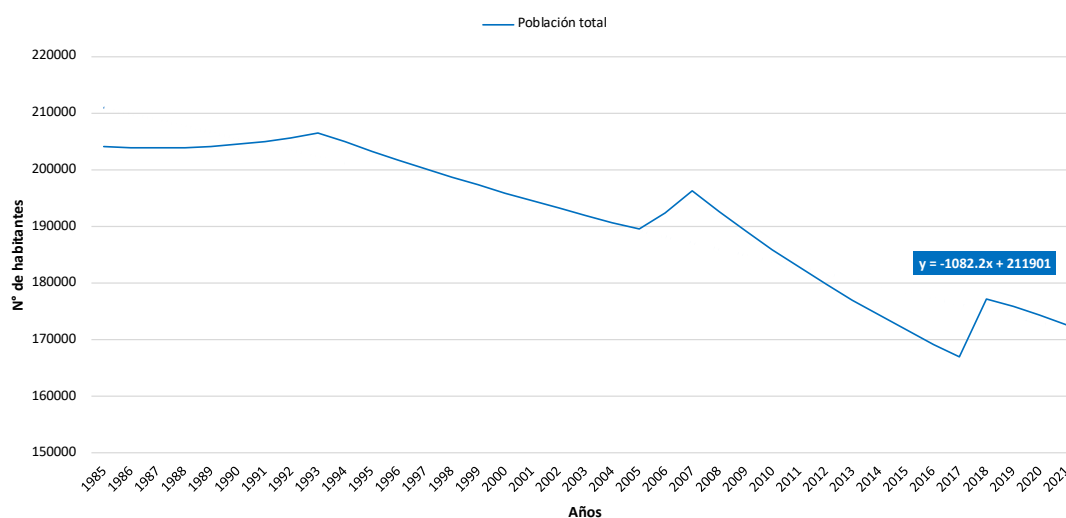
Nota. (33) Río. Lago y océano, (9) Plantaciones forestales, (11) Zona pantanosa o pastizal inundable, (15) Pasto, (27) No observado, (34) Glaciar.

4.1.2. Variación poblacional de la cuenca del río Chanchamayo

La dinámica poblacional durante el periodo de 1985 al 2021, presentó un total de 204135 habitantes en 1985, con una disminución total de 31573 habitantes hacia el año 2021 y un promedio de disminución anual de 1082 habitantes. Se evidenciaron tres picos de crecimiento poblacional en 1993, 2007 y 2018; no obstante, la tendencia poblacional tiende al descenso (Figura 18).

Figura 18

Población total de la cuenca del río Chanchamayo



La cuenca del río Chanchamayo ha sido históricamente susceptible a la colonización desde mediados del siglo 19 (Barrientos et al., 2016; INEI, 2022). Debido a la accesibilidad y cercanía (relativa) a centros urbanos importantes, incluyendo la capital (Gobierno del Perú et al., 1987). Sin embargo, a pesar de esto, no se registró un crecimiento poblacional significativo en la cuenca; por el contrario, la tendencia fue la opuesta. Esto se contrasta con el estudio de Poyatos et al. (2003), realizado en la cuenca de Cal Rodo (España), donde hubo una acelerada disminución poblacional por la búsqueda de empleos industriales, generando abandonos de áreas agrícolas. En cambio, García et al. (2016), evidencian que la cuenca del río Mololoa en Nayarit (México), aumentó su población por la rápida urbanización, creación de servicios e infraestructura, explotación de minas de material pétreo y la expansión de áreas agrícolas.

Por otro lado, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2010), indica que todas las cuencas que ocupa la población con mayores niveles de

desarrollo humano en el Perú, corresponden a la región hidrográfica del Pacífico (cuencas costeñas). Por lo tanto, la población tiende a concentrarse en zonas urbanas, debido a los servicios y fuentes de trabajo que ofrecen las ciudades (Díaz, 2014).

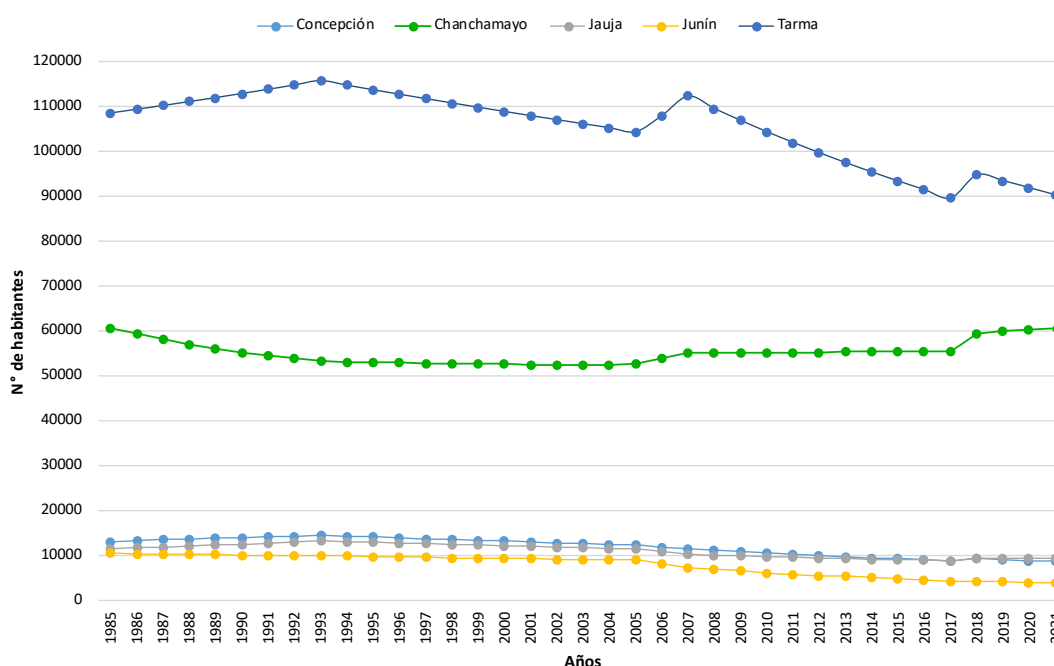
a. Variación poblacional por provincias

La cuenca del río Chanchamayo abarca mayormente el departamento de Junín e incluye cinco provincias y veinte distritos (Tabla 14). La provincia Chanchamayo fue la única que presentó una reducción mínima total de 36 habitantes (-0.001 %). Por el contrario, las demás provincias presentaron mayores disminuciones poblacionales, tales como: Tarma con 18233 habitantes (-0.51 %), Junín con 6658 habitantes (-2.79 %), Concepción con 4520 habitantes (-1.17 %) y la provincia de Jauja con 2126 habitantes (-0.57 %) (Figura 19). Generalmente, se infiere que las zonas altoandinas presentan reducciones poblacionales, a diferencia de las zonas amazónicas, donde la población tiende a aumentar.

Tabla 14

Provincias y distritos que forman parte de la cuenca del río Chanchamayo

Departamento	Provincia	Distrito	
Junín	Concepción	Cochas	
		Comas	
		Mariscal Castilla	
	Chanchamayo	Chanchamayo	
		San Ramón	
		Vítoc	
	Jauja	Apata	
		Molinos	
		Monobamba	
		Ricrán	
	Junín	Junín	Ulcumayo
		Tarma	Tarma
	Acobamba		
	Huaricolca		
	La Unión		
	Palca		
	Palcamayo		
	San Pedro De Cajas		
	Huasahuasi		
	Tapo		

Figura 19*Población total por provincias de la cuenca del río Chanchamayo*

La tendencia de crecimiento y decrecimiento poblacional está vinculado a los procesos migratorios que han caracterizado la región Junín. Esto se debe a la construcción de la carretera marginal, que contribuyó a la migración a la selva central desde mediados del siglo XX, como lo indica Barrientos et al. (2016). Además, ciudades desarrolladas como Huancayo, el principal centro comercial y de servicios de la región (BCRP, 2013), han sido un polo de atracción para acceder a oportunidades laborales y educativas, contribuyendo también a los movimientos migratorios.

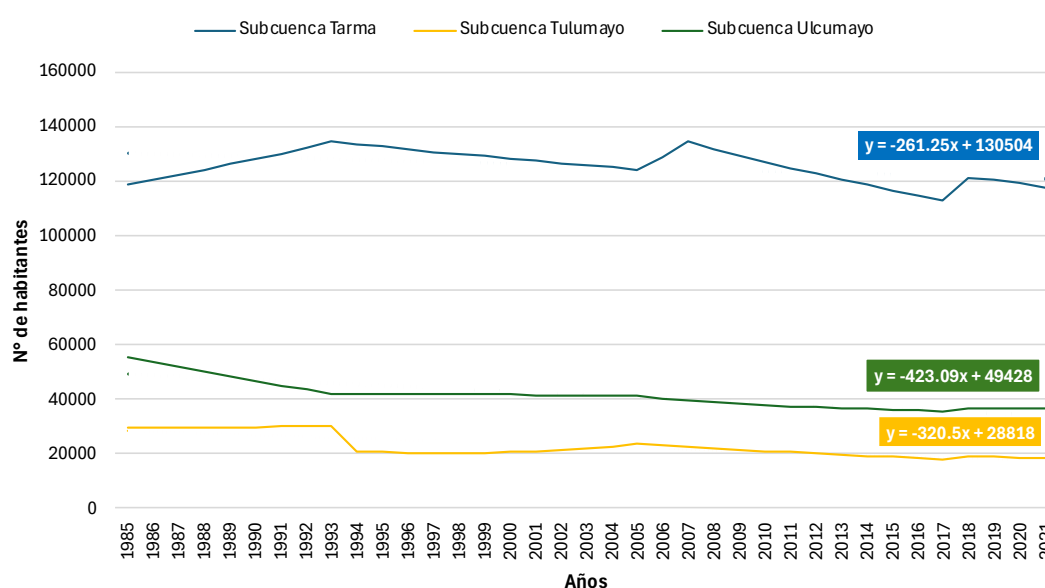
En este contexto, los distritos cercanos a la cuenca, como Pichanaqui y Perené, han experimentado un crecimiento poblacional acelerado en las últimas décadas, consolidándose como nuevos polos de atracción migratoria. Esta migración es principalmente andina, aunque las densidades todavía son bajas (PNUD, 2010). Además, se observó migración juvenil hacia ciudades como Huancayo y Lima por oportunidades de educación superior (Barrientos et al., 2016).

b. Población total por subcuenca

La dinámica poblacional del área de estudio en el período 1985-2021, mostró una disminución en las subcuencas de Ulcumayo, Tulumayo y Tarma, con una reducción de 19345, 11245 y 983 habitantes, respectivamente. El promedio de disminución anual fue de 423 habitantes (-1.18 %) en Ulcumayo, 320 habitantes (-1.32 %) en Tulumayo y 261 habitantes (-0.02 %) en Tarma. De las tres subcuencas, Tarma es la más poblada y presenta menor reducción de habitantes (Figura 20).

Figura 20

Población a nivel subcuenca de la cuenca del río Chanchamayo



Por otro lado, Mucha (2020), reportó una reducción poblacional por migración en la subcuenca Cunas (Junín). Asimismo, Guevara (2019), afirma que en la subcuenca Santa Eulalia (Lima), la migración se produjo principalmente por la búsqueda de mejores oportunidades económicas, acceso a servicios básicos y mayor calidad de vida, factores que se concentran en las zonas más cercanas a Lima. En este contexto, la migración parece estar asociada a procesos de modernización y urbanización (Matos, 1990). Por lo tanto, la dinámica poblacional de una cuenca está vinculada a las oportunidades económicas y urbanas que ofrece cada subcuenca (Dourojeanni & Jouravlev, 1999). En este sentido, las subcuencas Ulcumayo y Tulumayo, presentaron una mayor reducción poblacional, posiblemente debido a la falta de acceso a infraestructura básica, limitada oferta de servicios y escasas oportunidades económicas. Por el contrario, la subcuenca Tarma, aunque también presentó una disminución, fue la

que menos redujo su población, probablemente debido a la diversidad de actividades agrícolas, industriales como la minería, hidroeléctricas y otros sectores productivos (ANA et al., 2015).

4.1.3. Variación climática en la cuenca del río Chanchamayo

El análisis de las variables climática en la cuenca del río Chanchamayo durante el período 1985 – 2021, se centró en tres variables principales: precipitación, temperatura media y evapotranspiración potencial. El análisis de estos factores climáticos permitió identificar posibles patrones que podrían estar correlacionados con los cambios en la cobertura y uso del suelo, así como variación poblacional en la cuenca.

a. Validación de la variable climática (precipitación y temperatura mínima)

• Validación de precipitación

La validación de la precipitación, indica que las simulaciones de precipitación están bastante alineadas con las observaciones, aunque hay cierto margen de error (Figura 21). Según el análisis estadístico de bondad de ajuste ($r = 0.84$), indica una correlación positiva entre lo observado y simulado, el valor fue cercano a 1, reflejando una buena concordancia. Además, el valor de R^2 (0.68), indica que la variabilidad de las observaciones y simulaciones es satisfactoria. También, el NSE (0.68), cercano a 1, indica que el modelo simulado es bueno en replicar las observaciones, mas no perfecto, valor superior a 0.5 es generalmente aceptable. Por otro lado, el KGE con un valor de 0.8, señala que las predicciones son precisas. Finalmente, el ME, con un valor de -5.56, lo que indica que en promedio tiende a subestimar de 5.56 mm entre las simulaciones y los valores observados (Tabla 15).

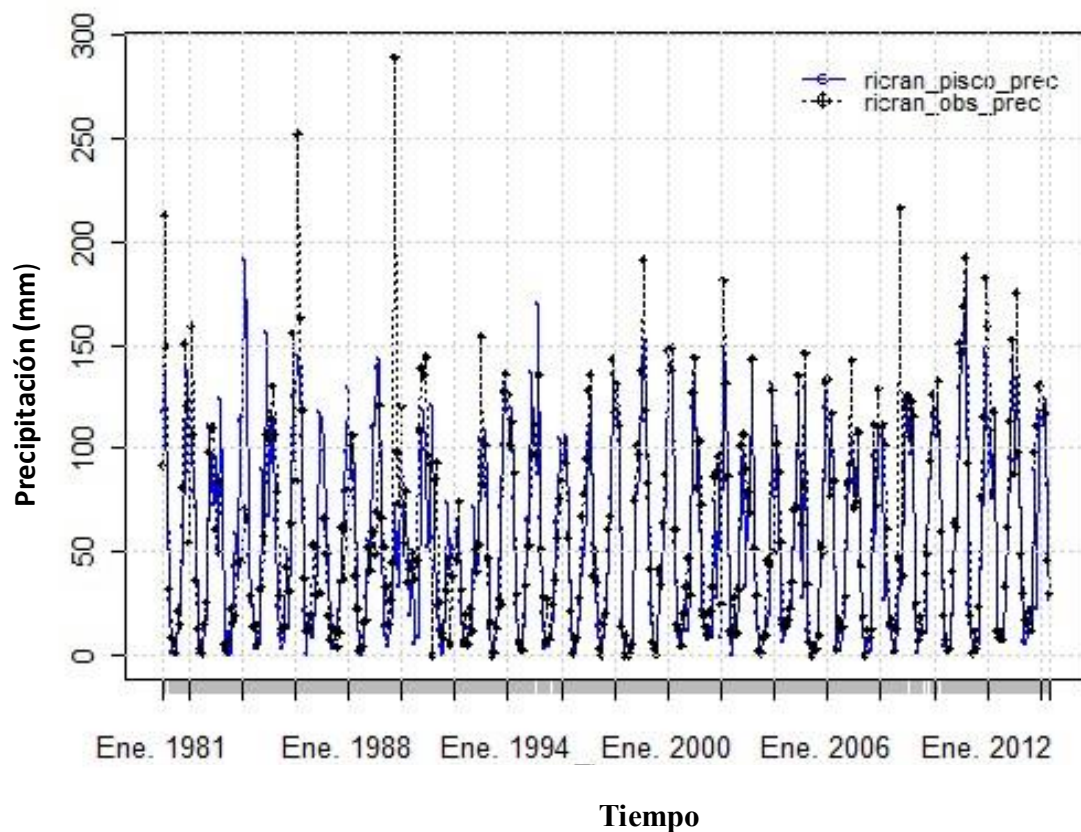
Tabla 15

Valores del análisis estadístico de bondad de ajuste para la precipitación

Bondad de ajuste		Valor
Coefficiente de Correlación de Pearson	r	0.84
Coefficiente de Determinación	R^2	0.68
Coefficiente de Eficiencia de Nash Sutcliffe	NSE	0.68
Coefficiente de Eficiencia Kling - Gupta	KGE	0.8
Error Medio	ME	-5.56

Figura 21

Comparación de datos de precipitación de observados y simulados



A diferencia de otros estudios que validan productos globales de precipitación como CHIRPS, TRMM o GPM, en esta investigación se empleó la base de datos PISCO V2.1, considerada la más adecuada para representar estimaciones de precipitación superficial en Perú, excepto para la Amazonía baja (Aybar et al., 2020). Su validación en las cuencas del Tumbes y Ramis reportaron buenos resultados ($R^2 > 0,61$ y $NSE > 0,60$ en Tumbes; $NSE = 0,77$ y $PBIAS = 5,3 \%$ en Ramis) respaldando su confiabilidad para estudios hidrológicos, especialmente en zonas altoandinas (Centeno, 2022; Quiroz, 2023). No obstante, Saavedra (2024), en la cuenca del río Suches evidenciaron limitaciones del producto PISCO para la estimación de caudales, debido a la alta sobreestimación en la temporada seca y subestimación en temporada húmeda. En general, el producto PISCO V2.1 es robusto para la estimación de precipitación en varias regiones peruanas, pero su aplicabilidad para estudios hidrológicos puede variar según la cuenca, requiriendo validación local previa.

- **Validación de temperatura mínima**

La validación de la temperatura mínima revela que las simulaciones presentan una alineación razonablemente adecuada con las observaciones, aunque persiste un cierto margen de error (Figura 22). De acuerdo con los indicadores estadísticos de bondad de ajuste ($r = 0.95$), evidencia una correlación positiva significativa entre los valores simulados y observados, este valor cercano a 1, indica una relación sólida entre ambos conjuntos de datos. Por su parte, el valor de R^2 (0.84) sugiere que la variabilidad explicada por el modelo es satisfactoria, reflejando una capacidad aceptable para describir las observaciones. De manera complementaria, el NSE alcanzó un valor de 0.84, lo que indica que el modelo tiene un desempeño adecuado al replicar las observaciones, mostrando una precisión favorable. Además, el KGE registró un valor de 0.82, que confirma la precisión de las predicciones realizadas por el modelo. Finalmente, el ME con un valor de -0.06, indica una tendencia sistemática del modelo a subestimar los valores observados en un promedio de 0.06 °C (Tabla 16).

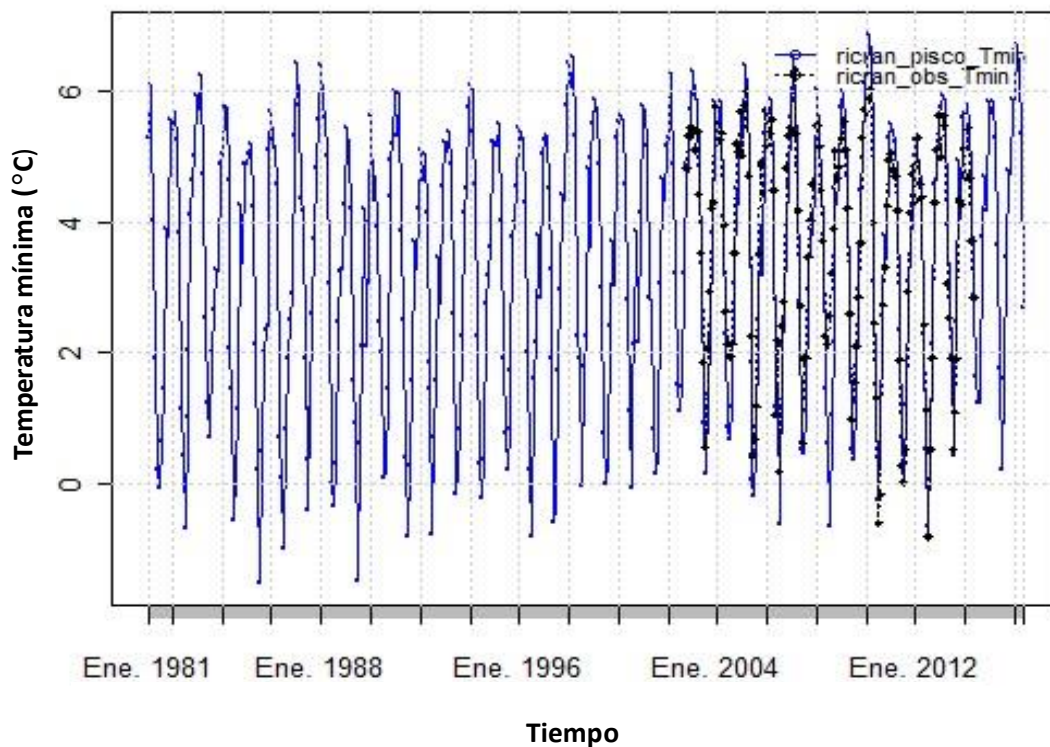
Tabla 16

Valores del análisis estadístico de bondad de ajuste para la temperatura mínima

Bondad de ajuste		Valor
Coefficiente de Correlación de Pearson	r	0.95
Coefficiente de Determinación	R^2	0.84
Coefficiente de Eficiencia de Nash Sutcliffe	NSE	0.84
Coefficiente de Eficiencia Kling - Gupta	KGE	0.82
Error Medio	ME	-0.06

Figura 22

Comparación de datos de temperatura mínima observados y simulados



En esta validación se empleó el producto PISCOt v1.1, el cual ha demostrado caracterizar adecuadamente la variabilidad espaciotemporal de la temperatura como sugiere Huerta et al. (2018). Asimismo, en el estudio de Aguila y Espinoza-Montes (2024), registró un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.63$, valor considerado bueno lo que permitió verificar que los datos obtenidos con el producto grillado PISCO son adecuados. No obstante, Hunziker et al. (2017), señala que la validación de datos meteorológicos en los Andes centrales presenta un desafío debido al terreno complejo y fuertes gradientes climáticos, donde la cobertura de estaciones suele ser limitada. A pesar de las limitaciones orográficas y la escasa cobertura de estaciones, los resultados obtenidos en este estudio presentaron altos valores de correlación y eficiencia, lo que indica que PISCOt v1.1, representó de manera adecuada la temperatura mínima, reforzando su aplicabilidad en estudios climáticos locales. Sin embargo, Huerta et al. (2018), revela que no se debe asumir con seguridad, si la estimación es correcta en áreas lejanas con estaciones limitadas de información y complejidad topográfica, a pesar del buen rendimiento de la interpolación de PISCOt v1.1.

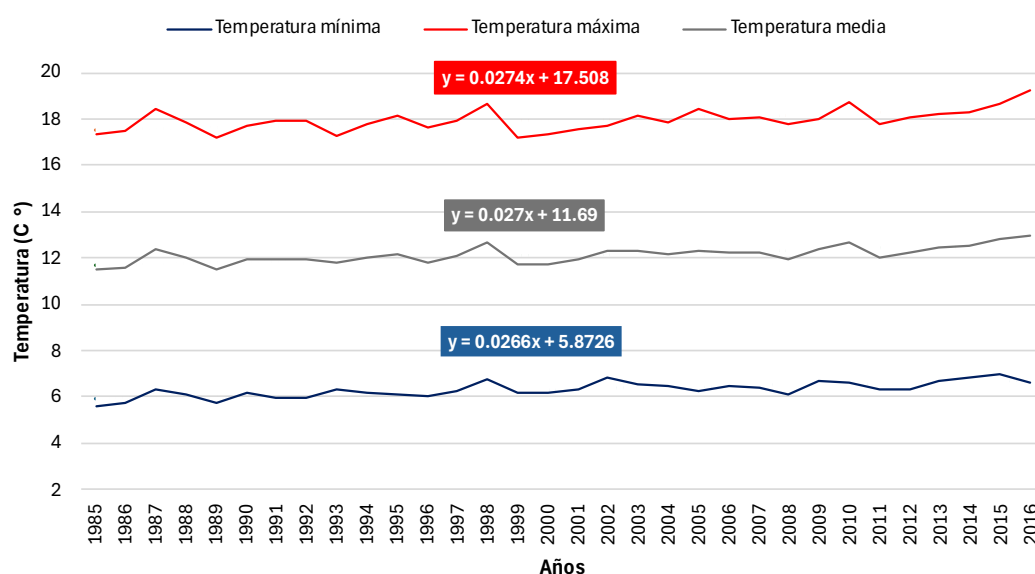
b. Temperatura mínima y máxima anual

• Análisis a nivel cuenca

Entre los años 1985 y 2016, se observó que la temperatura máxima anual en la cuenca del río Chanchamayo mostró una tendencia de aumento. A lo largo del período, esta temperatura máxima osciló alrededor de 17 °C hasta los 19 °C aproximadamente, esto podría deberse al incremento en las temperaturas máximas. Por otro lado, la temperatura mínima anual osciló entre 5 °C y 8 °C, con una ligera tendencia ascendente a lo largo del tiempo (Figura 23).

Figura 23

Temperatura mínima y máxima de la cuenca del río Chanchamayo



En la cuenca del río Chanchamayo, se observó un aumento significativo de la temperatura media, aproximadamente 0.86 °C entre 1985 y 2016, según la tendencia lineal. Este resultado fue similar con el estudio de Aguila & Espinoza-Montes (2024), en la cuenca Anya (Junín); así como, los hallazgos de Verdezoto-Mendoza et al. (2021), en el Cantón Chillanes (Ecuador).

En nuestra investigación, se identificaron tres picos de aumento de temperatura, los cuales se relacionan con la ocurrencia de eventos del fenómeno de El Niño. De acuerdo con SENAMHI (2014), durante las dos últimas décadas del siglo XX, el Perú enfrentó dos eventos de El Niño costero de fuerte intensidad: el primero durante el periodo 1982-1983, y el segundo en 1997-1998. Adicionalmente, hubo otro reporte en el 2015-2016, según SENAMHI (2016). Los dos últimos eventos mencionados podrían

haber influido en la temperatura de la cuenca del río Chanchamayo. Además, este comportamiento se enmarca dentro del contexto global del cambio climático, el cual la temperatura media se ha acelerado durante los últimos años (Deutch & Lester, 2003).

- **Análisis a nivel subcuencas**

El análisis de temperatura en las subcuencas Tarma, Ulcumayo y Tulumayo, correspondiente al período de 1985 a 2016, mostraron tendencias al aumento en las temperaturas máximas y estabilidad en las temperaturas mínimas a lo largo del período.

La subcuenca Tarma, la temperatura mínima registró una variabilidad interanual significativa, oscilando entre 2 °C y 8 °C. Sin embargo, la temperatura máxima, se situó entre 17 °C y 20 °C, mostrando una ligera tendencia ascendente en los últimos años del período (Figura 24).

Finalmente, en la subcuenca Tulumayo, la temperatura mínima osciló entre 5 °C y 7 °C, manteniéndose relativamente estable, mientras, que la temperatura máxima varió entre 16 °C y 19 °C, con una tendencia hacia el aumento, similar a lo observado en la subcuenca Tarma (Figura 25).

La subcuenca Ulcumayo, la temperatura mínima se mantiene relativamente estable entre 6 °C y 8 °C, con poca variación a lo largo del tiempo, lo que indica estabilidad en las temperaturas mínimas. En contraste, la temperatura máxima fluctuó entre 16 °C y 20 °C, también con una ligera tendencia ascendente como las otras subcuencas (Figura 26).

Figura 24

Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Tarma

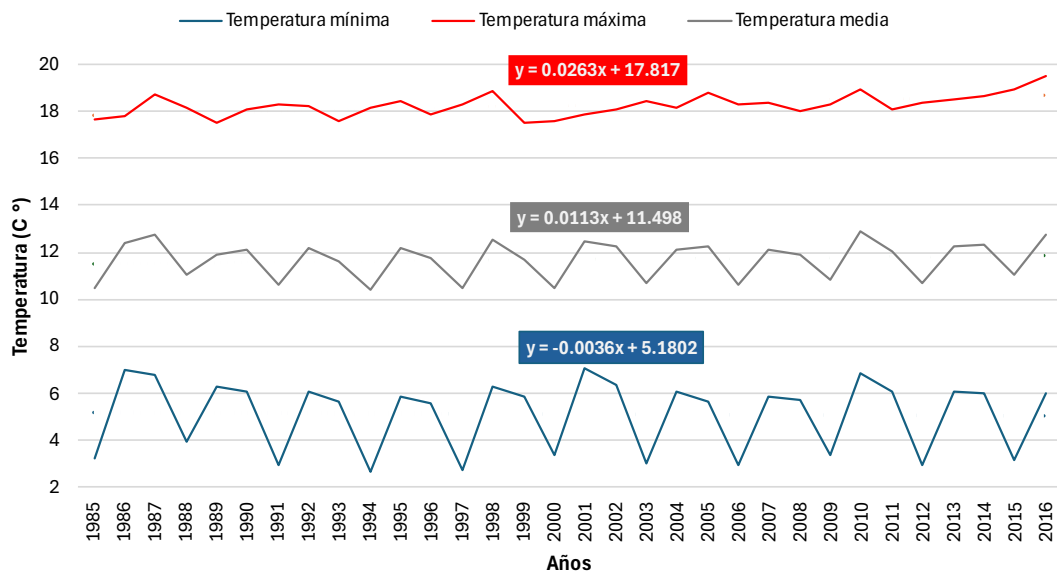


Figura 25

Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Tulumayo

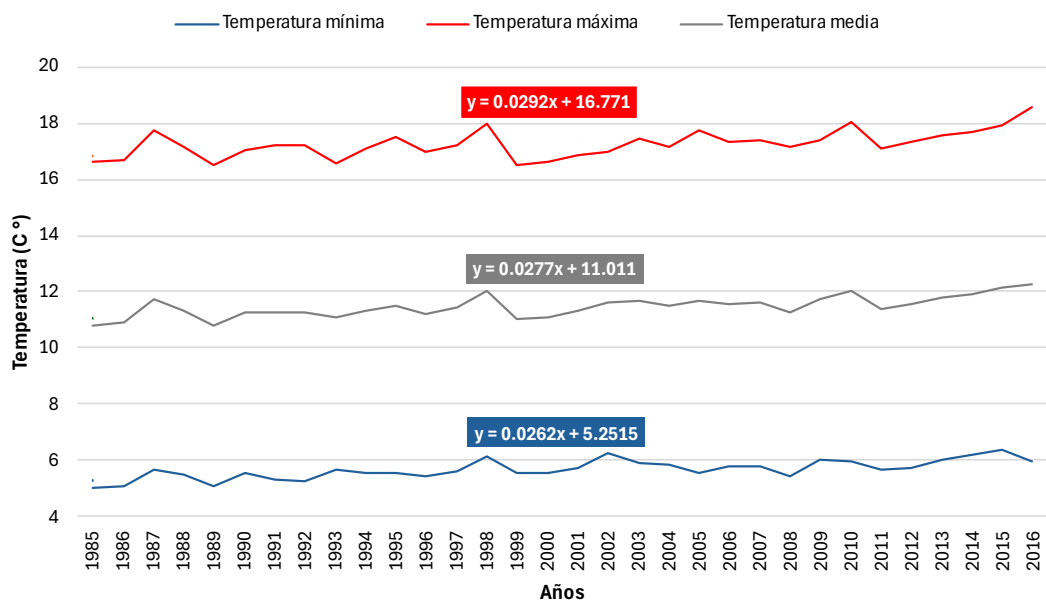
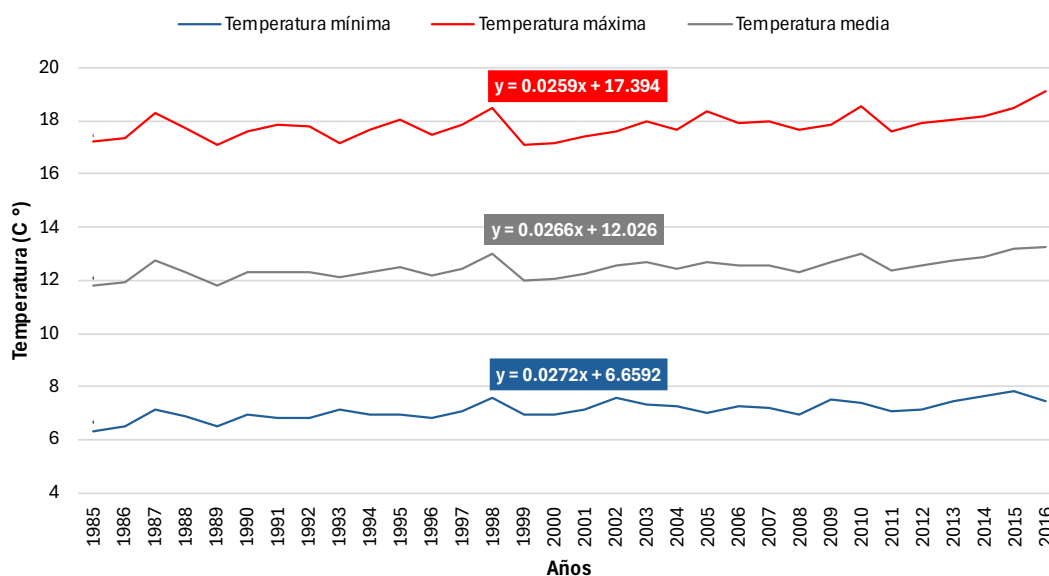


Figura 26

Temperatura mínima y máxima de la subcuenca Ulcumayo

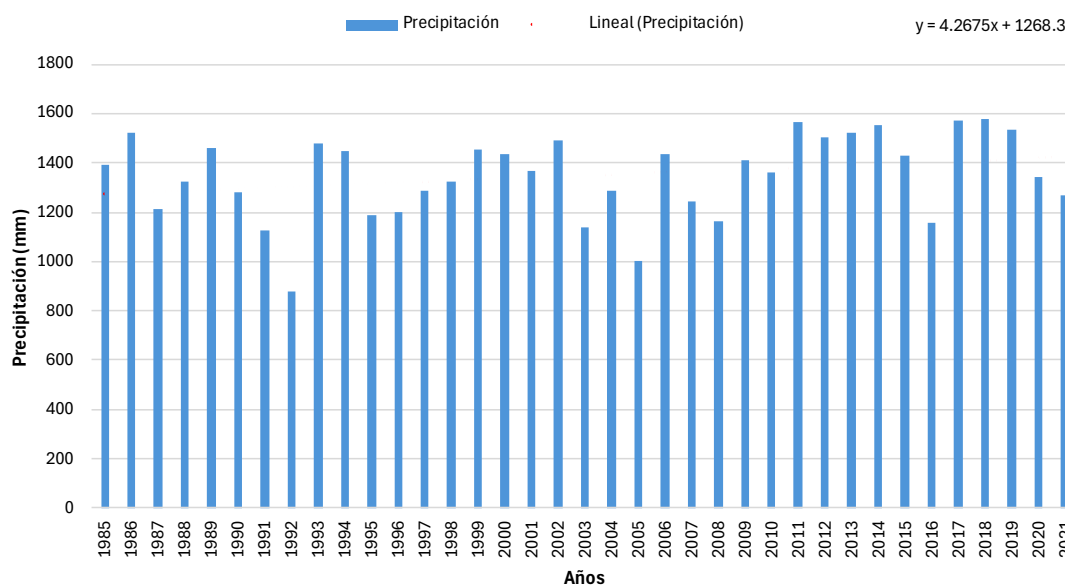


Las tres subcuencas presentaron diferentes patrones de temperatura por factores como la altitud y la ubicación geográfica. Según el SENAMHI (2021a), las temperaturas más altas se registran en las zonas bajas y en zonas altas temperaturas menores. Estas variaciones también están relacionadas con la cobertura nubosa y los procesos meteorológicos locales (Gobierno Regional de Junín, 2019), así también con los eventos del fenómeno El Niño que coincidieron los aumentos repentinos de temperatura. En otras regiones altoandinas del Perú, como el distrito de Sicuani, Cusco, se evidenciaron patrones similares de incremento térmico (Yupanqui, 2022), lo que indica que el comportamiento observado no es aislado, sino una tendencia regional.

c. Precipitaciones anuales

- **Análisis a nivel cuenca**

La precipitación anual en la cuenca del río Chanchamayo, desde 1985 hasta 2021, mostró una variabilidad significativa con años de alta y baja precipitación. Se observó el aumento de precipitación anual de aproximadamente 4.26 mm/año. Además, los años con alta precipitación se reportaron en los años 2011, 2017, 2018 y otros, que mostraron picos de precipitación que superaron los 1500 mm/año. Por otro lado, se observó años con baja precipitación, cercanas o inferiores 1000 mm/año, en 1992, 2005, 2008 y 2016 (Figura 27).

Figura 27*Precipitación anual de la cuenca del río Chanchamayo*

Asimismo, Aguila y Espinoza-Montes (2024), reportó un leve incremento en la precipitación entre 1981 y 2015, con disminuciones en 1992, 2005 y 2008; coincidiendo con los resultados reportados en la cuenca del río Chanchamayo. De acuerdo, con Díaz (2012), las variaciones de precipitación se asocian a los efectos del cambio climático. Sin embargo, Vargas (2009), afirma que el incremento de precipitación no es homogéneo para todo territorio, debido a las características orográficas y climáticas locales, por lo tanto, en otros territorios presentan descensos que podrían favorecer a futuras sequías. Además, algunos eventos de El Niño y La Niña se relacionan con los patrones de precipitación en la cuenca (SENAMHI, 2014; Trasmonte & Silva, 2008), aunque no siempre generan anomalías extremas. Esto se debe a la estructura de la cordillera que parece disipar la señal del fenómeno de El Niño actuando como una barrera natural, modulando la circulación atmosférica que inhibe la convección sobre las zonas de montaña (Samaniego-Rojas et al., 2015).

- **Análisis a nivel subcuencas**

La precipitación de las subcuencas Tulumayo, Ulcumayo y Tarma, durante el período de 1985 a 2021, se caracterizaron por una alta variabilidad interanual.

Finalmente, la subcuenca Tarma registró fluctuaciones anuales con altas precipitaciones en los años 2011, 2017 y 2018 que superan los 900 mm/año, mientras, bajas precipitaciones inferiores a 600 mm en los años 1992 y 2005 (Figura 28).

La subcuenca Tulumayo reportó picos de precipitación que superaron los 1800 mm en los años 1986, 1989 y 1993. Por otro lado, se observó bajas precipitaciones inferiores a 1000 mm/año en 1992, 2003, 2005 y 2008 (Figura 29).

La subcuenca Ulcumayo registró una variabilidad significativa en las precipitaciones anuales. En los años 1986 y 1993 se reportó precipitaciones altas, que superaron los 1200 mm/año. En contraste, en el año 1992 se presentó niveles bajos, siendo inferiores a 800 mm/año (Figura 30).

Figura 28

Precipitación anual de la subcuenca Tarma

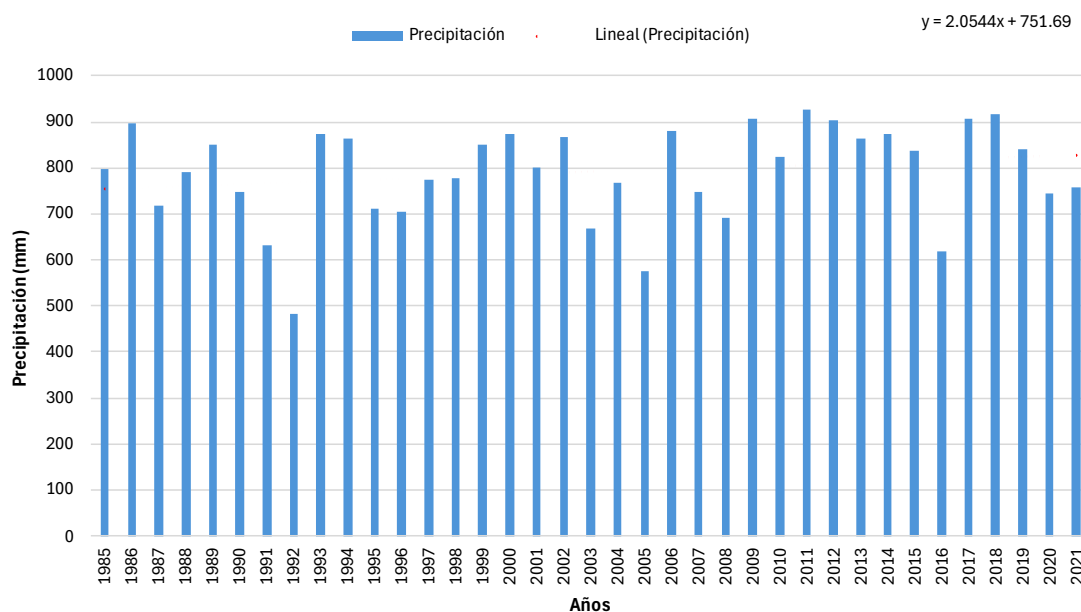
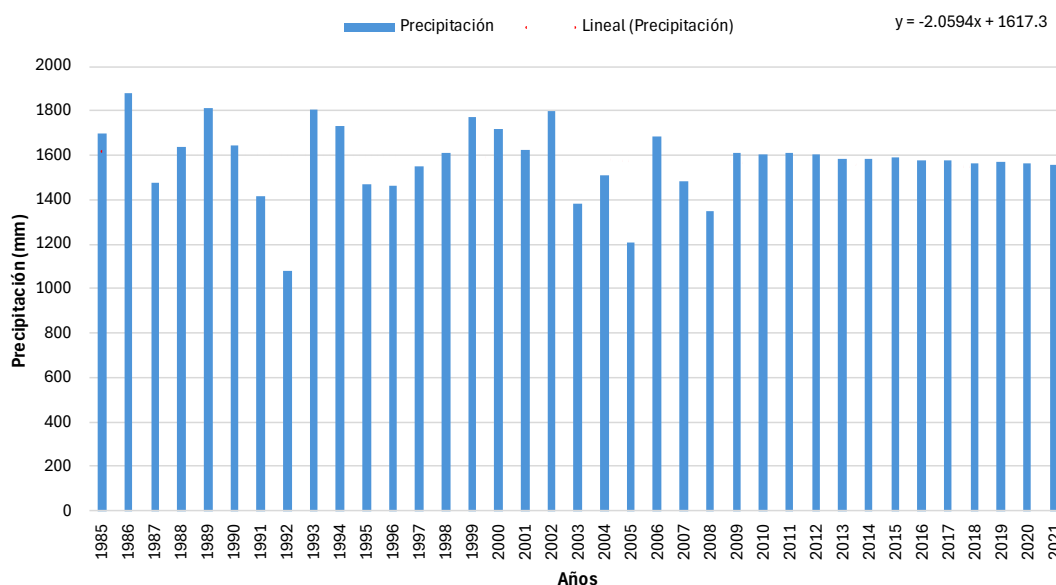
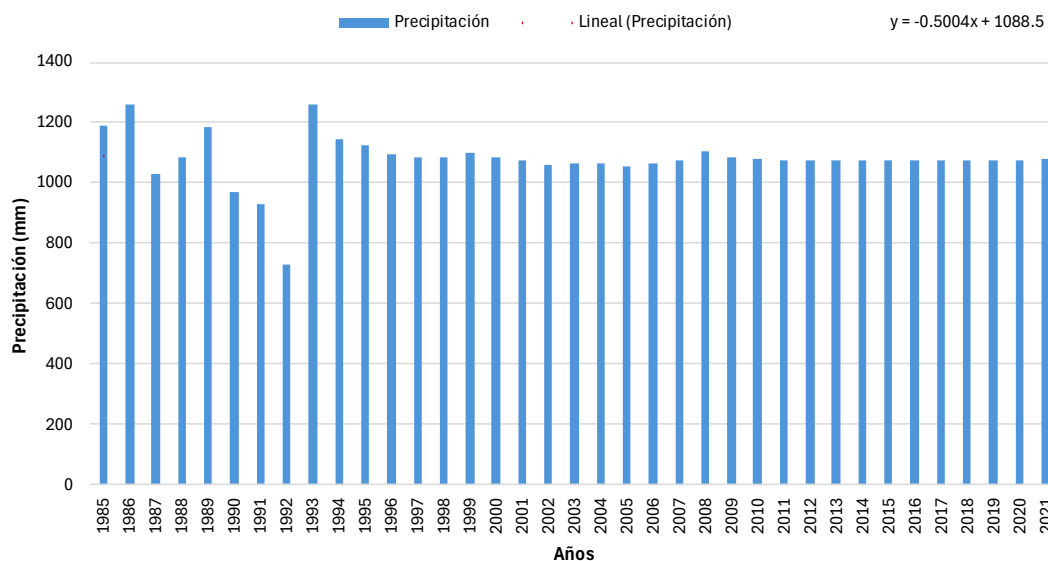


Figura 29*Precipitación anual de la subcuenca Tulumayo***Figura 30***Precipitación anual de la subcuenca Ulcumayo*

Las subcuencas mostraron diferencias en los niveles de precipitación: Tarma registró valores por debajo de los 1000 mm/año, mientras Ulcumayo por debajo de los 1300 mm/año y Tulumayo alcanzó hasta 1900 mm/año. Estas variaciones se debe a la altitud, ya que en la región oriental, en la zona más altas la precipitación anual tiende a disminuir, siendo más intensa en las zonas de selva baja (Gobierno Regional de Junín,

2019). Además, en 1992 se evidenció una reducción de precipitación, particularmente en algunas zonas altas posiblemente por el calentamiento del Pacífico Central, durante El Niño, lo cual pudo alterar patrones de circulación atmosférica a gran escala, suprimiendo la formación de lluvia en las partes altas de las cuencas (Lavado & Espinoza, 2014); como se observó en una cuenca cercana Aynas, Junín (Aguila & Espinoza-Montes, 2024).

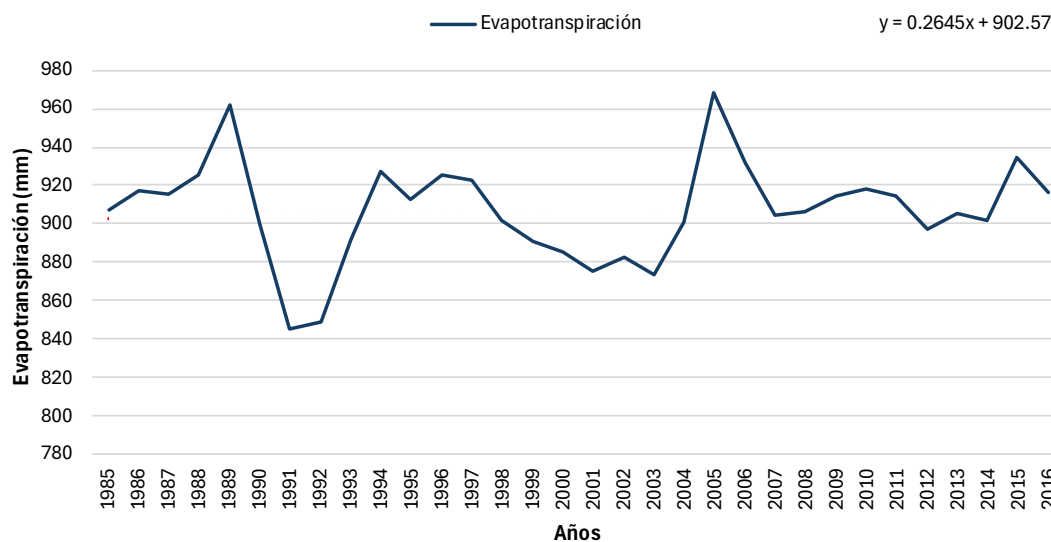
d. Evapotranspiración potencial

• Análisis a nivel cuenca

La evapotranspiración potencial anual en la cuenca del río Chanchamayo, registrada entre 1985 y 2016, mostró fluctuaciones significativas, aproximadamente de 840 mm/año y 970 mm/año. Adicionalmente, se observaron alta evapotranspiración, superiores a 1600 mm/año, en 1989 y 2005; mientras que en 1991 y 1992 presentaron valores bajos, inferiores a 860 mm/año. En este sentido, el aumento gradual fue de 0.26 mm por año (Figura 31).

Figura 31

Evapotranspiración anual de la cuenca del río Chanchamayo



La evapotranspiración en la cuenca del río Chanchamayo presentó un comportamiento altamente variable, influenciado por múltiples factores. Según la ANA (2015), un factor sería el cambio climático, puesto que influye en la temperatura y la humedad del aire; y el siguiente factor, las características de cobertura vegetal. De acuerdo con Marengo (1982), la presencia de bosques favorece una mayor absorción de

radiación solar, lo que incrementa la radiación neta disponible para la evapotranspiración, a diferencia de áreas cultivadas o degradadas que reflejan más radiación y reducen la eficiencia de este proceso. Esta dinámica se observó en el estudio de Segura (2014), realizado en las zonas como Maraón y Ucayali, donde se registraron valores bajos de evapotranspiración, que podrían estar influenciados por la presencia de la cordillera de los Andes, cuyo relieve abrupto favorece una mayor escorrentía superficial, esto limita el tiempo de permanencia del agua en la superficie y reduciendo su disponibilidad para ser evaporada o transpirada por la vegetación. De este modo, la interacción entre factores climáticos, geográficos y cobertura vegetal, parece ser determinante en los patrones de evapotranspiración en la cuenca.

- **Análisis a nivel subcuencas**

La evapotranspiración potencial en las subcuencas Tulumayo, Tarma y Ulcumayo desde 1985 a 2016, reportó una tendencia a la disminución, con variaciones significativas anualmente.

La subcuenca Tarma, osciló entre 820 mm/año y 960 mm/año. Se observó picos altos en los años 1989 y 2005, que superaron los 940 mm/año, mientras que los bajos se registraron en 1991 y 1992, con valores inferiores a 840 mm/año. Además, se reportó un aumento anual de 0.26 mm/año (Figura 32).

La subcuenca Tulumayo, varió entre 800 mm/año y 950 mm/año a lo largo de los años. Al respecto, años con alta evapotranspiración, se registró en 1989 y 2005, superando los 900 mm/año, mientras que los años con baja evapotranspiración se reportaron en 1991 y 1992, inferiores al 820 mm/año. Además, mostró un aumento anual en la evapotranspiración de 0.029 mm/año (Figura 33).

Finalmente, en la subcuenca Ulcumayo, varió entre 860 mm/año y 990 mm/año, registrando el pico de más alto con 980 mm/año en 1989; mientras que los años 1991 y 1992 obtuvieron los valores más bajos, inferiores a 870 mm/año. Asimismo, se reportó una disminución anual de -0.21 mm/año (Figura 34).

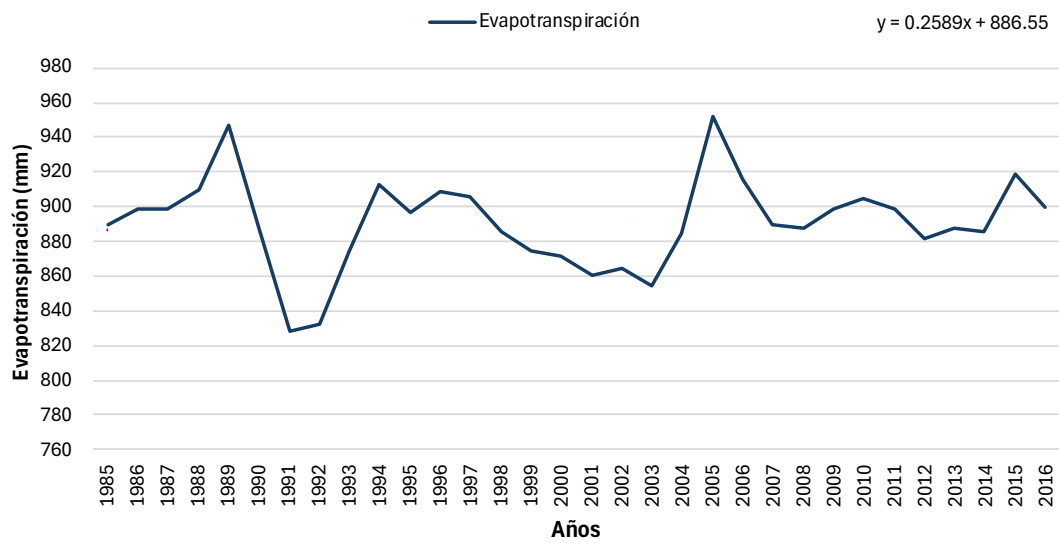
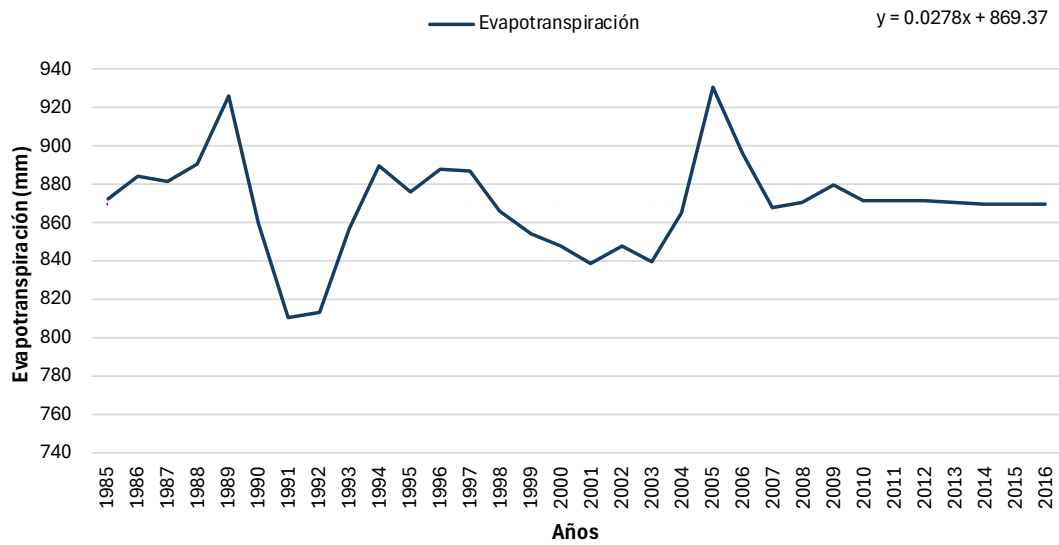
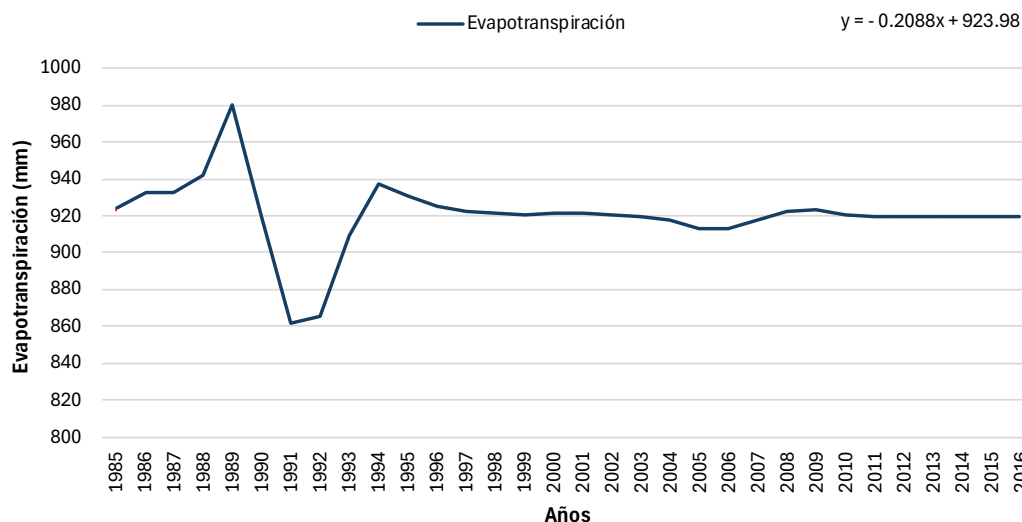
Figura 32*Evapotranspiración anual de la subcuenca Tarma***Figura 33***Evapotranspiración anual de la subcuenca Tulumayo*

Figura 34*Evapotranspiración anual de la subcuenca Ulcumayo*

En síntesis, la variabilidad de la evapotranspiración en las subcuencas del río Chanchamayo refleja una estrecha relación con los cambios climáticos y las características fisiográficas locales. Según el Gobierno Regional de Junín (2019), el incremento de la temperatura también ha influido en el incremento de la evapotranspiración, sobre todo en zonas bajas de la cuenca y en la sierra, este efecto es menor debido a las temperaturas frías que limitan la energía disponible. Cabe destacar que la evapotranspiración y la precipitación no siempre coinciden en tiempo y espacio, por lo tanto, mayor evapotranspiración no implica mayor disponibilidad de agua (ANA, 2010). Este fenómeno es particularmente relevante para explicar los bajos valores de evapotranspiración registrados en 1991 y 1992 en la cuenca del río Chanchamayo; estos años coincidieron con periodos de baja precipitación, lo que limitó la disponibilidad de agua para evaporarse y transpirar, reduciendo así la evapotranspiración general. Por otro lado, la pérdida de humedad en ecosistemas sensibles como los bosques de neblina, estaría afectando su función reguladora del agua (SENAMHI, 2021b). Incluso con más lluvias, la humedad del suelo podría disminuir por el aumento de evapotranspiración (Acuña, 2015). Como lo afirman Wagner et al. (2016), puede ocurrir mayor escorrentía superficial durante los períodos lluviosos y una reducción en la tasa de evapotranspiración en la temporada seca, ambos efectos debido a la disminución de la cobertura natural, seminatural y agrícola; generando impactos ecológicos y alteración en el balance hídrico.

4.1.4. Influencia y relación entre la variación climática y poblacional los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo.

a. Aplicación del GAM

Se realizó un GAM para evaluar las variables climáticas y poblacionales, así como los cambios de cobertura y uso de suelo que influyen en la variabilidad de los dos tipos de cobertura natural dominante en la cuenca: bosque (clase 3), matorrales y pastizales (clase 13 y 12, respectivamente). Los resultados mostraron que los términos lineales, el intercepto es altamente significativo, además, la variable temporal (años), población, infraestructura y temperatura son significativas en el modelo con la superficie boscosa, así lo indica las significancias de valores inferiores al 0.05. Por otro lado, en la superficie de mosaico agropecuario el p-valor del factor es cercano a 0.05. No obstante, el modelo GAM prioriza el análisis la variable población, cuyo efecto aparece como influyente. Por otra parte, las variables de precipitación y evapotranspiración mostraron que no tienen efectos significativos en los cambios de bosque, puesto que el p-valor resultó ser muy superior a 0.05 (Tabla 17).

Por otro lado, en los matorrales y pastizales se observó que las variables significativas son población e infraestructura, las cuales tienen un impacto significativo en los cambios. Sin embargo, las variables climáticas no tienen un efecto significativo en los matorrales y pastizales, por excepción de la temperatura media. Aunque, la evapotranspiración tiene un p – valor cercano a 0.05, por lo que puede considerarse influyente mas no significativa. Asimismo, el mosaico agropecuario aparece como variable no influyente en el modelo, debido a su colinealidad con la población (Tabla 17).

Tabla 17

El GAM de la cuenca del río Chanchamayo

Tipo de clase		Términos lineales			
	Variables	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Bosques	Intercepto	-1.48E+04	2.82E+03	-5.239	5.80E-05
	Años	8.57E+00	1.41E+00	6.081	1.01E-05
	Mosaico agropecuario	-2.75E-01	1.49E-01	-1.853	0.0805
Términos suavizados					

	Variabes	edf	Ref.df	F	p-value
	Población	7.358	8.257	6.778	0.000354
	Temperatura	1	1.001	5.218	0.034697
	Infraestructura	2.883	3.68	66.965	< 2e-16
Tipo de clase	Términos lineales				
	Variabes	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
	Intercepto	17557.3232	1680.5148	10.448	3.21E-09
	Años	-6.5853	0.8419	-7.822	0.000000269
	Temperatura	-9.9051	4.0752	-2.431	0.0254
	Términos suavizados				
	Variabes	edf	Ref.df	F	p-value
Matorrales y pastizales	Población	6.024	7.197	12.096	0.00000582
	Mosaico agropecuario	2.365	3.01	3.068	0.05069
	Evapotranspiración	1	1	4.345	0.05083
	Infraestructura	1	1	8.45	0.00905

b. Coeficiente de correlación de Spearman

Considerando la normalidad con la prueba de Shapiro – Wilk por la distribución no normal de las variables principales como bosque y matorrales y pastizales. De acuerdo con el coeficiente de correlación rho de Spearman, la relación de la superficie de bosque y población presentó una correlación negativa perfecta ($\rho = -0.92$); asimismo, la relación con el mosaico agropecuario, presento una correlación considerablemente positiva ($\rho = 0.67$). Sin embargo, la relación entre la infraestructura y la superficie de bosque es muy fuerte y positiva ($\rho = 0.90$).

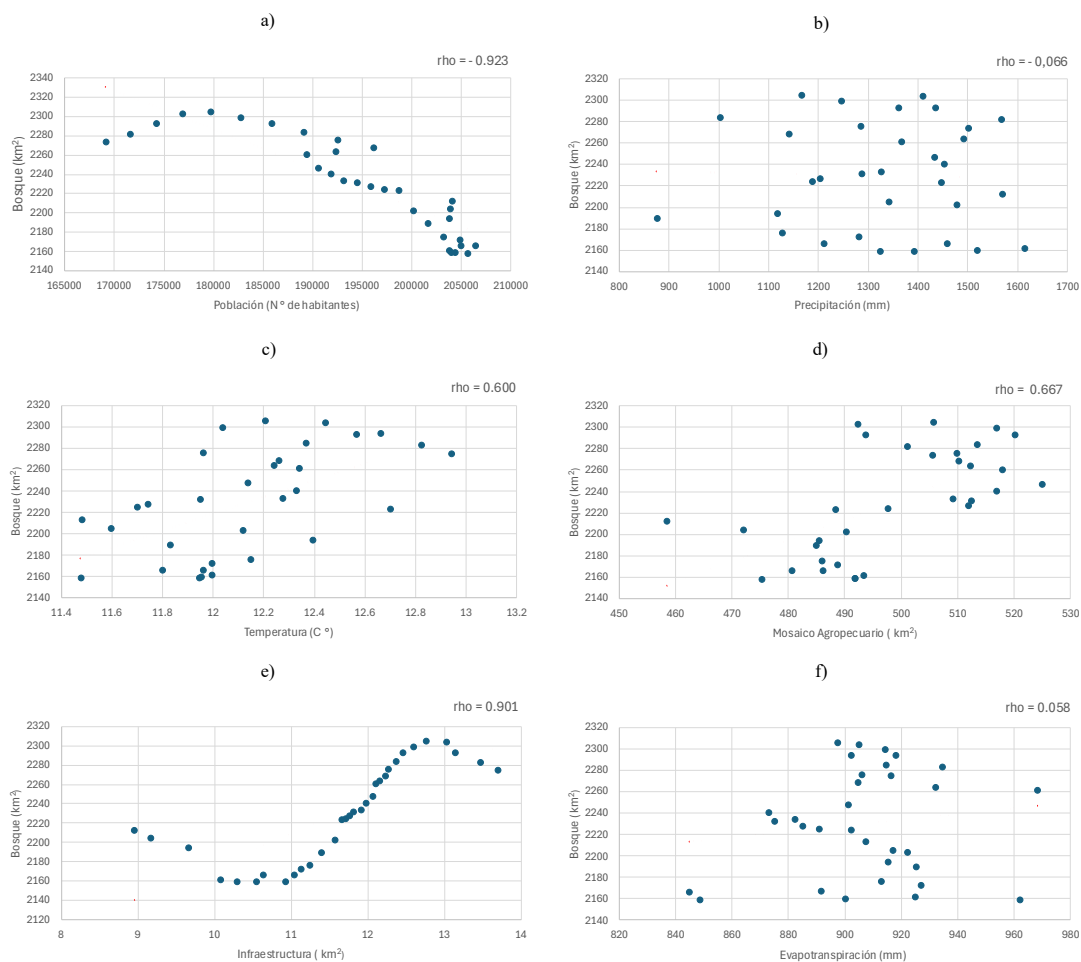
Por otro lado, la relación de la superficie del bosque y precipitación es negativa muy débil ($\rho = -0.07$); asimismo, la relación con la evapotranspiración es positiva muy débil ($\rho = 0.06$). Sin embargo, la correlación entre la temperatura y la superficie de bosque es considerablemente positiva ($\rho = 0.60$).

Las relaciones de la variable de bosque son evidenciadas en los diagramas de dispersión; donde la superficie de bosque y población, se muestra una tendencia descendente. Sin embargo, las relaciones con precipitación y evapotranspiración los

puntos son muy dispersos y no definidos. En cambio, la infraestructura y temperatura los puntos muestran una tendencia ascendente moderada (Figura 35).

Figura 35

Correlación entre la cobertura de bosque con las variables climáticas y poblacionales



Nota. Cada ventana representa la variación de la cobertura de bosques (en km²) como respuesta al cambio en: a) Población (N° de habitantes), b) Precipitación (mm), c) Temperatura (°C), d) Mosaico Agropecuario (km²), e) Infraestructura (km²), f) Evapotranspiración (mm).

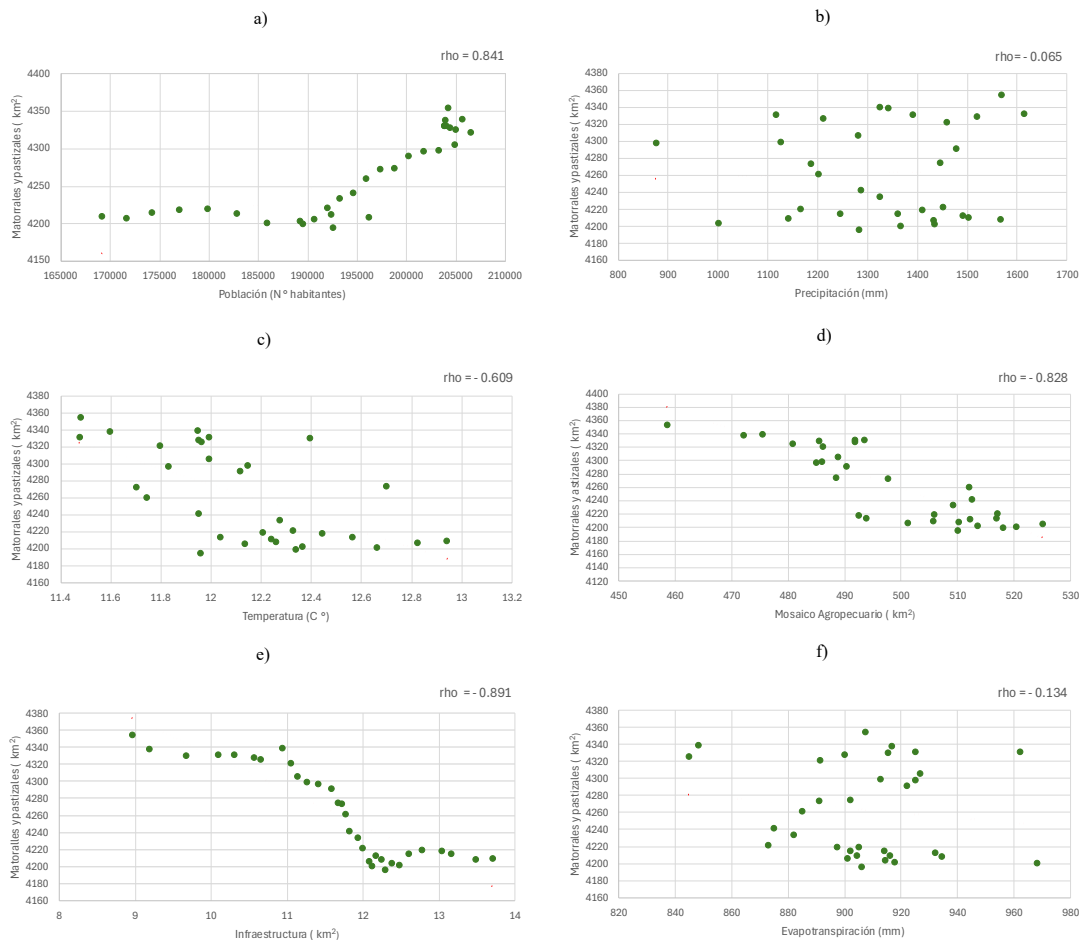
Según los coeficientes de correlación Spearman, la relación entre la superficie de matorrales y pastizales con la cantidad de población presenta correlación positiva muy fuerte ($\rho = 0.84$). Sin embargo, la relación entre la superficie de matorrales y pastizales con el mosaico agropecuario presenta una correlación negativa muy fuerte ($\rho = -0.83$), asimismo, la relación con la infraestructura presenta una correlación negativa muy fuerte ($\rho = -0.89$).

Por otro lado, la relación entre la superficie de matorrales y pastizales con la precipitación presenta una correlación negativa muy débil ($\rho = -0.07$). Asimismo, la relación con la evapotranspiración es negativa débil ($\rho = -0.13$). Sin embargo, la correlación entre la temperatura es considerablemente negativa ($\rho = -0.61$).

Las relaciones de la variable de matorrales y pastizales y son evidenciadas en los diagramas de dispersión, el cual la superficie de matorrales y pastizales muestra una tendencia ascendente con respecto a la población. Sin embargo, las relaciones con la precipitación y la evapotranspiración no mantienen una relación clara en los puntos de dispersión, indicando que estos factores no tienen una relación significativa con la superficie de matorrales y pastizales. En cambio, la infraestructura, mosaico agropecuario y temperatura presentan una tendencia moderadamente descendente (Figura 36).

Figura 36

Correlación entre la cobertura de matorrales y pastizales con las variables climáticas y poblacionales



Nota. Cada ventana representa la variación de la cobertura de bosques (en km²) como respuesta al cambio en: a) Población (N° de habitantes), b) Precipitación (mm), c) Temperatura (°C), d) Mosaico Agropecuario (km²), e) Infraestructura (km²), f) Evapotranspiración (mm).

c. Mann – Kendall

En la cuenca del río Chanchamayo se analizaron las tendencias de patrones climáticos, poblacional y tipos de coberturas naturales, utilizando la prueba de tendencia de Mann-Kendall (Tabla 18). Los resultados muestran que la evapotranspiración y precipitación presentan una tendencia creciente, aunque no significativa en la serie temporal, estas variables presentan un tau Kendall de $t = 0.03630$. y $t = 0.135$, respectivamente, lo que sugiere una correlación débil con los años. Sin embargo, la temperatura media se observa una tendencia significativamente creciente con $t = 0.512$, que significa una correlación positiva considerablemente de acuerdo con los años.

En cuanto a la variable poblacional presenta una tendencia decreciente significativa, además muestra una $t = -0.809$, que indica una correlación negativa muy fuerte con los años. Asimismo, las coberturas naturales como bosques muestran una tendencia significativamente con un $t = 0.622$ que representa una correlación positiva considerablemente; no obstante, los matorrales y pastizales, presenta una tendencia decrecientemente significativa con un $t = -0.622$, lo que sugiere una correlación negativa considerablemente en la serie temporal (Tabla 18).

Tabla 18

Análisis de tendencia de Mann-Kendall

Variables	Z	tau	p - value
Evapotranspiración	0.2918	0.0363	0.78279
Precipitación	1.1943	0.135	0.2373
Temperatura media	4.1189	0.512	0.00004077
Población	-7.1534	-0.809	9.2761e-13
Bosque	5.4146	0.622	0.00000011921
Matorral y pastizales	-5.4146	-0.622	0.000000066057

En la cuenca del río Chanchamayo, a pesar de la disminución de 31 573 habitantes, la presión antrópica se mantuvo. Esto se evidencia en el ligero aumento de cobertura boscosa (15.76 km²) y una reducción de los matorrales y pastizales (134.27 km²). La disminución poblacional no implicó el abandono de actividades antropogénicas, esto se manifiesta en el aumento de infraestructura (5.9468 km²) y mosaico agropecuario (94.623 km²). Esto indica que la presión antrópica sobre la cuenca se mantiene, impulsada por la expansión de la frontera agrícola y el desarrollo de infraestructura vial y urbana. Aunque la población total de la cuenca haya disminuido, es consistente con lo señalado por Bocco et al. (2010) quienes sostienen que el crecimiento poblacional de las ciudades ejerce presión sobre los espacios naturales.

La migración rural – urbana es la principal causa de la reducción poblacional, aunque esto no implica un despoblamiento rural total [Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN), 2023], ya que las actividades agropecuarias y económicas han mantenido su expansión a pesar de la migración de personas. Asimismo, Hoffman & Grigera (2013) sostiene que existe otras razones de migración poblacional como el cambio climático cuando los agricultores, confrontando pérdidas financieras por malas cosechas y un clima severo, parten hacia la ciudad para compensar sus pérdidas económicas. Adicionalmente, Rojas (2017) menciona que el aumento de casco urbano no es un factor determinante para que la población aumente. De acuerdo con el estudio, inferimos que existen otros factores como la apertura de vías para la infraestructura minera e hidroeléctricas. Además, como indica Mucha (2020), la cobertura de origen artificial (infraestructura, zonas urbanas y vías de comunicación), no se reestablecen naturalmente como ocurre con otros ecosistemas, como bosques o pastizales y matorrales.

El aumento de la cobertura boscosa podría ser producto de la acción concomitante entre la disminución poblacional y el incrementó altitudinal de la línea de bosque que ocurre en los Andes y otras regiones montañosas debido al cambio climático (Borda-Niño et al., 2020; Hansson et al., 2023; Mather & Needle, 2000; Rehm & Feeley, 2013; Young & León, 2007). Sin embargo, Guerra (2021) asocia el crecimiento poblacional con la reducción y alteración de la cobertura vegetal. A nivel subcuencas, Ulcumayo experimentó mayor reducción poblacional, lo que coincidió con un

incremento sustancial de bosque; en contraste, en las subcuencas Tulumayo y Tarma, a pesar de la disminución poblacional, registró una reducción en la superficie boscosa.

Del mismo modo, el aumento de la cobertura boscosa también se ha vinculado con la expansión agropecuaria. Otros estudios relacionan la reducción de la cobertura boscosa debido al aumento de áreas de cultivo (Palacios-Vega et al., 2022). En Pichanaqui, Gomez y Leandro (2024), reportaron una disminución de la superficie boscosa, esto probablemente relacionado con el incremento poblacional del distrito, considerado como área de desarrollo agrícola reciente y destino importante de la migración. En nuestro estudio, la cobertura boscosa aumentó en las bandas de altitud de 500 a 2000 m s.n.m. mientras el mosaico agropecuario disminuyó. Esto sugiere que la reducción poblacional y el incremento altitudinal de la línea de bosques contribuyeron al aumento del área boscosa, y el segundo factor tiene un efecto parcial en la reducción de pastizales y matorrales.

En general, a nivel cuenca, la infraestructura modifica la cobertura natural en aquellos sitios en que se extiende, esto se relaciona con estudios de diferentes regiones (Asher et al., 2020; Baraloto et al., 2015; Bebbington et al., 2018). En las subcuencas Tarma y Tulumayo, la presencia de infraestructura impactó principalmente la cobertura de pastizales y matorrales, lo que concuerda con Achicanoy et al. (2018) quienes identifican que el crecimiento urbano ha provocado la reducción de la cobertura natural debido a la aglomeración de la zona industrial. Además, en el Valle de Mantaro, (Arana, 2018) reportó que el crecimiento urbano ha provocado la pérdida de la superficie de bosque, así como la expansión de zonas artificializadas y la reducción de tierras agrícolas. Otros estudios destacan que el crecimiento demográfico está relacionado con el aumento de asentamientos e infraestructura (García et al., 2016), además, de extensiones agrícolas (Camacho-Sanabria et al., 2015).

A pesar de la reducción poblacional, en las zonas altoandinas se experimenta una reducción en los pastizales y matorrales que constituyen la cobertura dominante. Dicha pérdida podría estar relacionada por actividades culturales extendidas como la quema y/o accidentes agrícolas. Por ello, en la subcuenca Tulumayo, la reducción de pastizales y matorrales fue menor, a pesar de una disminución significativa de habitantes. En contraste, con la subcuenca Tarma, presentó menor reducción poblacional, de modo que la pérdida de esta cobertura resultó mucho mayor, debido a que presentó un gran porcentaje de actividades antropogénicas. Simultáneamente, en

Ulcumayo la reducción de esta cobertura fue similar a la subcuenca Tarma, a pesar de la reducción significativa de habitantes. Esto presenta algunas similitudes con la investigación de Castillo (2022), donde el crecimiento poblacional, la infraestructura y la actividad agrícola han provocado la pérdida de bofedales, cuerpos de agua, matorrales y pastizales. De manera similar, Tinoco (2024) observó la pérdida de la cobertura herbazal y arbustal, mientras aumentaban las zonas urbanas y los cultivos permanentes. Además, si los matorrales y pastizales no son afectados por actividades humanas, podrían pasar a bosques secundarios, debido al proceso de sucesión ecológica (Álvarez, 2001). Esto explicaría el incremento de la cobertura boscosa en paralelo con la reducción de matorrales y pastizales, este incremento se observó en la cuenca baja, mientras en la cuenca alta, fue inverso. Aunque la cobertura de pastizales y matorrales es autóctona de las zonas altoandinas, su presencia en bajas altitudes podría ser consecuencia de las actividades humanas o de la extensión de suelos preferidos o degradados para esta vegetación.

Existen pocos estudios que analicen la relación entre el cambio de cobertura y uso de suelo con las variables climáticas. Sin embargo, el aumento de la temperatura favorece a la expansión del bosque mientras reduce la superficie de matorrales y pastizales, lo que sugiere que ciertas áreas podrían ser ocupadas por bosques debido a las nuevas condiciones climáticas (Rehm & Feeley, 2013; Tovar et al., 2022; Young & León, 2007). De acuerdo con De Oliveira et al. (2019) señalan que los factores biofísicos afectan la presencia de bosques, pero en épocas de sequía tienden a afectar más a los ecosistemas antrópicos que los naturales. Cabe destacar que, en nuestro análisis, la evapotranspiración y la precipitación no mostraron una relación estadísticamente significativa con la cobertura vegetal analizada. Sin embargo, presento una correlación débil con la reducción de los matorrales y pastizales, esto se debe a que, a diferencia de los bosques que pueden extraer agua de capas profundas, mientras que los matorrales y pastizales son más vulnerables a la pérdida de agua del ecosistema (Dawson & Pate, 1996).

De igual manera, actividades de conservación y reforestación promovidos por iniciativas locales y gubernamentales podrían haber influido en esta recuperación, como la creación de las áreas naturales protegidas como el Santuario Nacional Pampa Hermosa y el Bosque de Protección de Pui Pui, además de otras actividades de conservación. Estas acciones, sumadas a la sucesión ecológica, han acelerado la

transición de matorrales y pastizales a superficie boscosa, dependiente de la consecuencia directa del tipo de disturbio antrópico (Mendoza, 2013). Asimismo, la migración de las zonas rurales hacia las ciudades ha llevado al abandono de actividades antropogénicas, además de las iniciativas de reforestación forestal podrían estar acelerando la transición de matorrales y pastizales hacia la superficie boscosa; dado que en la cuenca del río Chanchamayo, las plantaciones forestales iniciaron desde el 2007, principalmente en la subcuenca Tarma.

4.2. Prueba de hipótesis

Los cambios en la cobertura y uso de suelo no solo están influenciados por actividades antropogénicas, sino también por la migración poblacional y la interacción con variables climáticas específicamente la temperatura. La reducción poblacional podría haber influido en una ralentización del cambio de cobertura y uso de suelo, pero no en la detención, no obstante, esto no implica que no haya impacto ambiental. En cuanto a la variación climática, la temperatura mostró ser un factor influyente, favoreciendo el crecimiento del bosque y la reducción de matorrales y pastizales. Sin embargo, la evapotranspiración y la precipitación no mostraron una relación estadísticamente significativa general con los cambios de cobertura y uso del suelo.

CONCLUSIONES

Los cambios en la cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo muestran una dinámica compleja, influenciada principalmente por la variación poblacional y, en menor medida, por variables climáticas. Las actividades antropogénicas mantienen una fuerte relación con estas transformaciones; a pesar de la migración poblacional no ha generado el abandono de dichas actividades, impactando particularmente los matorrales y pastizales, que experimentaron reducciones significativas. Por otro lado, la temperatura y la migración poblacional influyó positivamente en la recuperación de la superficie boscosa. Sin embargo, la evapotranspiración y precipitación mostraron una influencia débil, no significativa en el cambio de cobertura y uso de suelo.

Se identificaron y cuantificaron 12 clases de cobertura y uso de suelo, entre las cuales predominan los bosques, matorrales, pastizales y mosaicos agropecuarios. Los pastizales, presentaron mayor reducción, a pesar de la reducción poblacional, las actividades antropogénicas han continuado e intensificando la presión en esta clase.

La cuenca del río Chanchamayo presentó una reducción de 31573 habitantes, debido a la migración de personas por la búsqueda de oportunidades laborales, educativas y condiciones de vida en centros urbanos o zonas con mayor movimiento económico. En las zonas altoandinas, presentó disminuciones poblacionales, por lo contrario, en las zonas amazónicas, aumentaron.

Las variaciones climáticas presentaron una tendencia general al aumento, lo que evidencia un cambio progresivo en el comportamiento climático de la cuenca. Este comportamiento se presentó específicamente en la temperatura, mientras la precipitación y evapotranspiración mostraron una variabilidad interanual. Estas dinámicas están influenciadas por fenómenos como El Niño y La Niña, así como la topografía y la altitud de la cuenca, elementos que condicionan el clima local.

Las coberturas predominantes en la cuenca son el bosque, así como los matorrales y pastizales. En ambos casos, los factores que influyen en su distribución y extensión son la dinámica poblacional, la infraestructura y la temperatura. En contraste, la evapotranspiración y precipitación no mostró una influencia estadísticamente significativa, presentando una relación débil con estas coberturas.

RECOMENDACIONES

Establecer alianzas entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales para coordinar la gestión ambiental y la conservación de la cuenca del río Chanchamayo, a través de iniciativas de reforestación en áreas degradadas, priorizando especies nativas que favorezcan la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas.

Extender este tipo de trabajos, a niveles más amplios en términos geográficos, para un análisis más detallado de la dinámica de los cambios de cobertura y uso suelo. Complementando estudios con modelos predictivos que permitan anticipar las tendencias del cambio de cobertura y uso del suelo.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa se convierta en un punto focal para estudios sistemáticos de deforestación en la subregión Selva Central, desarrollando conocimientos, capacitación profesional y estrategias para la conservación de recursos naturales y la gestión sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achicanoy, J. A., Rojas-Robles, R., & Jorge Enrique Sánchez. (2018). Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(1). <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.68285>

Acuña Azarte, D. (2015). *Análisis multivariado para la generación de escenarios climáticos 2040-2050 en el Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2171>

Aguila, S. del, & Espinoza-Montes, F. (2024). Impacto del cambio climático en las descargas futuras de una cuenca altoandina de Perú al 2100. *Tecnología y ciencias del agua*, 15(1). <https://doi.org/10.24850/j-tyca-15-01-03>

Aguilar Aza, J. C., & Naranjo Sandoval, L. G. (2018). *Elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo hydraccess ante inundaciones* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>

Alencar, A., Shimbo, J. Z., Lenti, F., Balzani Marques, C., Zimbres, B., Rosa, M., Arruda, V., Castro, I., Ribeiro, J. P. F. M., Varela, V., Alencar, I., Piontekowski, V., Ribeiro, V., M. C. Bustamante, M., Eyji Sano, E., & Barroso, M. (2020). Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/rs12060924>

Álvarez Martínez, J. (2001). *Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado. Experiencia en un sector de la montaña de León* [Tesis de doctorado, Universidad de Lleida]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7225>

Amaya Márquez, P. S., Girón Pucha, B. L., Maza Maza, J. E., & Luna Florin, A. D. (2024). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en la cuenca del río Zarumilla: Proyecciones al 2040: Estudio del cambio de uso de suelo en la cuenca binacional del río Zarumilla. *Novasinerгия*, 7(2). <https://doi.org/10.37135/ns.01.14.05>

Arana Velarde, F. (2018). *El crecimiento urbano y su influencia por el cambio de uso de tierras en el Valle del Mantaro* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2167>

Arias-Muñoz, P., Saz, M. Á., & Escolano, S. (2024). Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (81), 155 -179. <https://doi.org/10.14198/INGEO.25248>

Ariza-López, F. J., Rodríguez-Avi, J., & Alba-Fernández, V. (2018). Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 215-226. <https://doi.org/10.21138/GF.591>

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. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>

Armenteras, D., Rodríguez, N., & Retana, J. (2013). Landscape Dynamics in Northwestern Amazonia: An Assessment of Pastures, Fire and Illicit Crops as Drivers of Tropical Deforestation. *PLOS ONE*, 8(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054310>

Asher, S., Garg, T., & Novosad, P. (2020). The Ecological Impact of Transportation Infrastructure. *The Economic Journal*, 130(629), 1173-1199. <https://doi.org/10.1093/ej/ueaa013>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2010). *Diagnóstico hidrológico de la cuenca Madre de Dios: Estudio*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/35>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2015). *Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del río Chicama: Aguas superficiales / Aguas subterráneas*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5072>

Autoridad Nacional del Agua [ANA], Consorcio Tyspa - Tecnomá - Engecorps, & Grupo Inclam. (2015). *Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Ene - Perené*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/52>

Autoridad Nacional del Agua [ANA], Ruiz Ríos, R., & Torres Giraldo, H. (2011). *Codificación y clasificación de cursos de agua superficiales del Perú: Informe final*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/596>

Aybar, C., Fernández, C., Huerta, A., Lavado, W., Vega, F., & Obando, O.-F. (2020). Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5), 770-785. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1649411>

Aybar Camacho, C. L., Lavado-Casimiro, W., Huerta, A., Fernández Palomino, C., Vega-Jácome, F., Sabino Rojas, E., & Felipe-Obando, O. (2017). Uso del producto grillado PISCO de precipitación en estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico. Nota Técnica N° 001 SENAMHI-DHI-2017. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/260>

Baeza, S., Vélez-Martin, E., Abelleira, D. D., Bancharo, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., Veron, S., Vallejos, M., Weber, E., Oyarzabal, M., Barbieri, A., Petek, M., Lara, M. G., Sarraillhé, S. S., Baldi, G., Bagnato, C., Bruzzone, L., Ramos, S., & Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomias Pampa initiative. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100834>

Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2013). *Informe Económico y Social Región Junín*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2013/junin/ies-junin-2013.pdf>

Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2021). *Junín: Síntesis de Actividad Económica—Diciembre 2021*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/2021/presentacion-junin-12-2021.pdf>

Baraloto, C., Alverga, P., Quispe, S. B., Barnes, G., Chura, N. B., Da Silva, I. B., Castro, W., Da Souza, H., De Souza Moll, I. E., Del Alcazar Chilo, J., Linares, H. D., Quispe, J. G., Kenji, D., Marsik, M., Medeiros, H., Murphy, S., Rockwell, C., Selaya, G., Shenkin, A., Perz, S. (2015). Effects of road infrastructure on forest value across a tri-national Amazonian frontier. *Biological Conservation*, 191, 674-681. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.08.024>

Barboza Castillo, E. (2022). *Crecimiento urbano y su influencia en los cambios de cobertura y uso del suelo utilizando autómatas celulares en los distritos de Bagua Grande y Chachapoyas, Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10796>

Barrientos, R., Llona, M., & Saito, I. (2016). *La desigualdad en el distrito de Perené—Chanchamayo, Junín*. Desco. https://www.desco.org.pe/recursos/site/files/CONTENIDO/2/13_Selva.pdf

Bebbington, A. J., Humphreys Bebbington, D., Sauls, L. A., Rogan, J., Agrawal, S., Gamboa, C., Imhof, A., Johnson, K., Rosa, H., Royo, A., Toumbourou, T., & Verdum, R. (2018). Resource extraction and infrastructure threaten forest cover and community rights.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(52), 13164-13173.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1812505115>

Bocco, G., Priego, A., & Cotler, H. (2010). The contribution of physical geography to environmental public policy development in Mexico. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2), 215-223. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9493.2010.00395.x>

Borda-Niño, M., Meli, P., & Brancalion, P. H. S. (2020). Drivers of tropical forest cover increase: A systematic review. *Land Degradation & Development*, 31(11), 1366-1379. <https://doi.org/10.1002/ldr.3534>

Bravo Sánchez, A. V. (2021). *Mapeo anual de la cobertura y el uso del suelo de la Pan-Amazonía para el monitoreo del bosque* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/3e559b3a-ee4c-4446-af7a-62e9bab14fec>

Briassoulis, H. (2020). Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. *WVU Research Repository*, 2. <https://researchrepository.wvu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=rri-web-book>

Caicedo Toro, M. D., Cabrera Estupiñán, E., Zambrano Navarrete, X. A., Rodríguez Bravo, M. E., Intriago Zambrano, P. E., Caicedo Toro, M. D., Cabrera Estupiñán, E., Zambrano Navarrete, X. A., Rodríguez Bravo, M. E., & Intriago Zambrano, P. E. (2021). Estudio de características morfológicas de la cuenca “Cañitas” y su relación con el riesgo de inundaciones repentinas. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2605>

Camacho-Sanabria, J. M., Juan Pérez, J. I., Pineda Jaimes, N. B., Cadena Vargas, E. G., Bravo Peña, L. C., & Sánchez López, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y bosques*, 21(1), 93-112. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008

Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Río, J. L., López de Armentia, A., & De Marco, Silvia G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>

Cardona, B. L. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Repositorio Institucional USAC. <https://core.ac.uk/reader/35294551>

Carvajal, A. F., & Pabón, J. D. (2016). Transformación de la superficie terrestre por la actividad humana y su relación con el cambio climático. *Sociedade & Natureza*, 28, 185-198. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160201>

Castillo Venegas, C. A. (2022). *Efecto del crecimiento poblacional urbano y el impacto ambiental por el uso de suelo, en el centro poblado de Buena Vista - Pomata - Chucuito - Puno 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC S.A.C./359>

Centeno Jarita, T. G. (2022). *Evaluación del desempeño del producto de precipitación PISCO en la modelización hidrológica de la cuenca del río Ramis* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18752>

Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN). (2023). *Análisis del crecimiento y expansión urbana a nivel nacional y el impacto a nivel regional*. <https://observatorio.ceplan.gob.pe/publicacion/detalle/274>

Chowdhury, M., Hasan, M. E., & Abdullah-Al-Mamun, M. M. (2020). Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.003>

Collins, N. M. (1984). The impact of population pressure on conservation and development. *Research in Reproduction*, 1(1), 1-2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12265923/>

Comber, A., Fisher, P., Brunson, C., & Khmag, A. (2012). Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 127, 237-246. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.005>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). *Monitoreo de la cobertura de suelo*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/cobertura-suelo>

Cotler Ávalos, H., Galindo Alcántar, A., Gonzáles Mora, I. D., Pineda López, R. F., & Ríos Patrón, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y*

gestión. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/tvm_-_cuencas_final_2014.pdf

Cuo, L., Lettenmaier, D. P., Alberti, M., & Richey, J. E. (2009). Effects of a century of land cover and climate change on the hydrology of the Puget Sound basin. *Hydrological Processes*, 23, 907-933. <https://doi.org/10.1002/hyp.7228>

Dawson, T. E., & Pate, J. S. (1996). Seasonal water uptake and movement in root systems of Australian phreatophytic plants of dimorphic root morphology: A stable isotope investigation. *Oecologia*, 107(1), 13-20. <https://doi.org/10.1007/BF00582230>

De Oliveira, G., Brunsell, N. A., Moraes, E. C., Shimabukuro, Y. E., Dos Santos, T. V., Von Randow, C., De Aguiar, R. G., & Aragao, L. E. O. C. (2019). Effects of land-cover changes on the partitioning of surface energy and water fluxes in Amazonia using high-resolution satellite imagery. *Ecohydrology*, 12(6). <https://doi.org/10.1002/eco.2126>

Deutch, J. M., & Lester, R. K. (Eds.). (2003). Greenhouse Gases and Global Warming. En *Making Technology Work: Applications in Energy and the Environment*, 81-108. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511616358.007>

Díaz Cordera, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), 227-240. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>

Díaz Encinas, A. (2014). Migración y urbanización en la región Ucayali: 1981 - 2007. *Investigaciones Sociales*, 13(22), 117-138. <https://doi.org/10.15381/is.v13i22.7241>

Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science (New York, N.Y.)*, 366(6471). <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>

Dingman, S. L. (2009). *Fluvial Hydraulics*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/fluvial-hydraulics-9780195172867?cc=pe&lang=en&>

Domingo Dolores, G., & Agüero, J. N. G. (2018). *Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la cuenca del río Anzulón*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/17350>

Dourojeanni, A., & Jouravlev, A. (1999). *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a1428fe9-488a-4598-8358-bdf665fd1bd5/content>

Duarte Angarita, D. J., & Sierra Bernal, S. (2021). «*Morfocuencas*» *Plugin para QGIS que permite obtener la delimitación y caracterización morfométrica de una cuenca hidrográfica* [Monografía de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/66dfaaac-e0c1-4eda-a4c6-d7837f237fa0/content>

Estévez, J., & Gavilán, P. (2008). Procedimientos de validación de datos de estaciones meteorológicas automáticas. Aplicación a la Red de Información Agroclimática de Andalucía. *ResearchGate*. II Jornadas de Agrometeorología, España. https://www.researchgate.net/publication/280665071_Procedimientos_de_validacion_de_datos_de_estaciones_meteorologicas_automaticas_Aplicacion_a_la_Red_de_Informacion_Agroclimatica_de_Andalucia

Fallas, J. (2007). *Modelos digitales de elevación: Teoría, métodos de interpolación y aplicaciones*. https://www.researchgate.net/publication/229021279_Modelos_digitales_de_elevacion_Teoria_a_metodos_de_interpolacion_y_aplicaciones

Finer, M., & Jenkins, C. N. (2012). Proliferation of Hydroelectric Dams in the Andean Amazon and Implications for Andes-Amazon Connectivity. *PLOS ONE*, 7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035126>

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>

Gabriel-Campos, E., & García-Rivero, A. E. (2020). Análisis de los cambios de uso de tierra y sus dinámicas territoriales en la cuenca Baja Del Río Chilca, Perú. *Revista Ra Ximhai*, 16(4). <https://doi.org/10.35197/rx.16.04.2020.10.eg>

Galecki, A., & Burzykowski, T. (2013). *Linear Mixed-Effects Models Using R: A Step-by-Step Approach*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-3900-4>

Ganem, K. A., Baptista, G. M. de M., Rocha, W. de J. S. da F., Vasconcellos, R. N., Rosa, M. R., & Souza, D. T. M. (2017). Comparação entre dados com e sem correção atmosférica na classificação da cobertura da terra de uma área da caatinga utilizando o google earth engine. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69(6). <https://doi.org/10.14393/rbcv69n6-44310>

García Sancho, A. G., Nájera González, O., Murray Núñez, R. M., & Marcelleño Flores, S. M. L. (2016). Dinámica espacio-temporal de la cobertura y uso del suelo en una cuenca hídrica. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(9), 29-42. <https://doi.org/10.23913/ciba.v5i9.42>

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGM DOMUS*, 4, 143-158. <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476>

Gobierno del Perú, Organización de los Estados Americanos [OEA], & Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. (1987). *Estudio de casos de manejo ambiental: Desarrollo integrado de un área en los trópicos húmedos - Selva Central del Perú*. <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea27s/begin.htm#Contents>

Gobierno Regional de Junín. (2015). *Memoria descriptiva. Zonificación ecológica y económica del departamento de Junín a nivel meso y escala 1:100 000*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-zonificacion-ecologica-economica-departamento>

Gobierno Regional de Junín. (2019). *Estrategia Regional de Cambio Climático de Junín*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/306222-estrategia-regional-de-cambio-climatico-de-junin>

Gomez Rodriguez, S. D., & Leandro Roncal, B. L. (2024). *Análisis de la deforestación a partir de los cambios de cobertura y usos del suelo con teledetección en el distrito de Pichanaqui (2016 – 2023)* [Tesis de pregrado, no publicada]. Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa.

Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., Barbosa-Moreno, F., Guajardo-Panes, R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Díaz-Padilla, G., & Barbosa-Moreno, F. (2017). Validación espacial de datos climatológicos y

pruebas de homogeneidad: Caso Veracruz, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(5), 157-177. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-11>

Guerra Cardenas, M. de los Á. L. (2021). *Análisis espacio temporal de la cobertura vegetal mediante el NDVI, y su relación con el crecimiento poblacional de la provincia de Lima, Perú (2000-2019)* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29557>

Guevara Floríndez, V. (2019). Revisión crítica de los alcances y límites de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH): El caso de la subcuenca Santa Eulalia. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (4), 25-45. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201902.002>

Guth, P. L., Van Niekerk, A., Grohmann, C. H., Muller, J.-P., Hawker, L., Florinsky, I. V., Gesch, D., Reuter, H. I., Herrera-Cruz, V., Riazanoff, S., López-Vázquez, C., Carabajal, C. C., Albinet, C., & Strobl, P. (2021). Digital Elevation Models: Terminology and Definitions. *Remote Sensing*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/rs13183581>

Hansson, A., Shulmeister, J., Dargusch, P., & Hill, G. (2023). A review of factors controlling Southern Hemisphere treelines and the implications of climate change on future treeline dynamics. *Agricultural and Forest Meteorology*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109375>

Haro Sarango, A. F., Chisag Pallmay, E. R., Ruiz Sarzosa, J. P., & Caicedo Pozo, J. E. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1927>

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

Hoffman, M., & Grigera, A. (2013). *Cambio Climático, Migración y Conflicto en la Amazonía y en los Andes: El aumento de tensiones y las opciones de políticas públicas en Sudamérica*. https://cdn.americanprogress.org/wp-content/uploads/2013/07/SPANISH_SouthAmericaClimateMigration.pdf

Huerta, A., Aybar, C., & Lavado-Casimiro. (2018). *SENAMHI PISCO temperatura versión 1.1. (PISCOt v1.1)*. https://iridl.ldeo.columbia.edu/documentation/.pisco/.PISCOt_report.pdf

Hunziker, S., Gubler, S., Calle, J., Moreno, I., Andrade, M., Velarde, F., Ticona, L., Carrasco, G., Castellón, Y., Oria, C., Croci-Maspoli, M., Konzelmann, T., Rohrer, M., & Brönnimann, S. (2017). Identifying, attributing, and overcoming common data quality issues of manned station observations. *International Journal of Climatology*, 37(11), 4131-4145. <https://doi.org/10.1002/joc.5037>

Ibáñez Asencio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017). Capítulo 1: Características de la Población. *Perfil Sociodemográfico 2017*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap01.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2022). *Compendio Estadístico, Junín 2022*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4005736-compendio-estadistico-junin-2022>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2025). *Consultar información de los censos realizados por el INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/36495-consultar-informacion-de-los-censos-realizados-por-el-inei-censos-nacionales-de-poblacion-y-vivienda>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2021). *Interpretación de imágenes de sensores remotos aplicada a levantamientos de cobertura de la tierra*. https://www.igac.gov.co/sites/default/files/listadomaestro/in-gag-pc07-06_interpretacion_de_imagenes_de_sensores_remos.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Metodología*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/cap01.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022). *Perú: Proyecciones de Población Total según Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2022*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3464927-peru-proyecciones-de-poblacion-total-segun-departamento-provincia-y-distrito-2018-2022>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2025). *Consultar información de los censos realizados por el INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda*. gov.pe. <https://www.gob.pe/36495-consultar-informacion-de-los-censos-realizados-por-el-inei-censos-nacionales-de-poblacion-y-vivienda>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2019). Informe de la situación de los glaciares y ecosistemas de montaña en el Perú. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4601>

Jaramillo Coronel, L. J., Mancheno Herrera, A. C., Guzmán Guaraca, A. C., & Mollocana Lara, J. G. (2025). Analysis and prediction of land use/land cover change in the Llanganates-Sangay Connectivity Corridor by 2030. *La Granja*, 41(1). <https://doi.org/10.17163//lgr.n41.2025.01>

Karlsson, I. B., Sonnenborg, T. O., Refsgaard, J. C., Trolle, D., Børgesen, C. D., Olesen, J. E., Jeppesen, E., & Jensen, K. H. (2016). Combined effects of climate models, hydrological model structures and land use scenarios on hydrological impacts of climate change. *Journal of Hydrology*, 535, 301-317. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.069>

Keshtkar, H., & Voigt, W. (2016). Potential impacts of climate and landscape fragmentation changes on plant distributions: Coupling multi-temporal satellite imagery with GIS-based cellular automata model. *Ecological Informatics*, 32, 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.002>

Khanna, J., Medvigy, D., Fueglistaler, S., & Walko, R. (2017). Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. *Nature Climate Change*, 7(3), 200-204. <https://doi.org/10.1038/nclimate3226>

Kleinschroth, F., & Healey, J. R. (2017). Impacts of logging roads on tropical forests. *Biotropica*, 49(5), 620-635. <https://doi.org/10.1111/btp.12462>

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/843571/>

Lavado Casimiro, W. S., & Espinoza, J. C. (2014). Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú. *Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño*, 1(3), 4-7. <https://repositorio.igp.gob.pe/items/9b8cfac4-c1b9-4d46-b698-a31a5c11ba2b>

Lehnen Stol, S. (2024). *El problema de la falta de planificación urbana en las ciudades*. Ruptura. <https://www.projetorruptura.org/es/post/el-problema-de-la-falta-de-planificación-urbana-en-las-ciudades>

Lombardo, U., Ruiz-Pérez, J., Rodrigues, L., Mestrot, A., Mayle, F., Madella, M., Szidat, S., & Veit, H. (2019). Holocene land cover change in south-western Amazonia inferred from paleoflood archives. *Global and Planetary Change*, 174, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.01.008>

López Cadenas de Llano, F. (1998). *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión: Ingeniería medioambiental*. Editorial Mundi Prensa. <https://catalogobiblioteca.ingemmet.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=31114>

Lorenz Zimmermann, L. N., Eisenkölbl Closs, A. R., & Amarilla Rodríguez, S. M. (2021). Dinámica de incendios forestales en la Reserva para Parque Nacional San Rafael, Paraguay, periodo 2007-2017. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 26(1). <https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.1.17>

MapBiomias Perú. (2025). *Proyecto de Mapeo Anual de Cobertura y Uso del Suelo en el Perú*. <https://peru.mapbiomas.org/proyecto/>

MapBiomias Amazonia. (2025a). *Preguntas frecuentes*. MapBiomias Amazonia. <https://amazonia.mapbiomas.org/preguntas-frecuentes/>

MapBiomias Amazonia. (2025b). *Proyecto de Mapeo Anual de Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía*. <https://amazonia.mapbiomas.org/proyecto/>

MapBiomias Perú. (2023). *Documento de base teórica sobre algoritmos (ATBD) de la Colección 1.0*. https://peru.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/14/2023/08/ATBD_General_MapBiomias_Peru_-_Coleccion_1.0.docx.pdf

Marengo Orsini, J. A. (1982). Estimación de la evapotranspiración en el bosque húmedo tropical de la amazonia. *Revista Forestal del Perú*, 11(1-2), 1-13. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol11_no1-2_82-83_\(15\)/vol11_art6.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol11_no1-2_82-83_(15)/vol11_art6.pdf)

Martínez Retureta, R. (2021). *Efectos del cambio de uso cobertura del suelo sobre la respuesta hidrológica en cuencas del centro sur de Chile bajo escenarios de cambio climático*

[Tesis de doctorado, Universidad de Concepción].
<https://repositorio.udec.cl/handle/11594/6538>

Masís Campos, R., & Vargas Picado, H. (2014). Incremento de Áreas Impermeables por Cambios de Usos de la Tierra en la Microcuenca del Río Burío. *Revista Reflexiones*, 93(1), 33-46. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-28592014000100003

Mather, A. S., & Needle, C. L. (2000). The relationships of population and forest trends. *The Geographical Journal*, 166(1), 2-13. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2000.tb00002.x>

Matos Mar, J. (1990). *Las migraciones campesinas y el proceso de urbanización en el Perú*. <https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Las%20migraciones%20campesinas%20y%20el%20proceso%20de%20urbanizacion%20en%20el%20Peru%20Matos%20Mar.pdf>

Mendoza Hernández, P. E. (2013). *Comunidades sintéticas para la restauración sucesional del bosque de encino y el matorral xerófilo del Ajusto medio, Distrito Federal, México*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000699736/3/0699736.pdf>

Meza Rodríguez, D. (2006). *Caracterización hidrográfica de la cuenca ayuquila-armería mediante la aplicación de un sistema de información geográfica* [Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara]. https://www.researchgate.net/publication/305808562_CHARACTERIZACION_HIDROGRAFICA_DE_LA_CUENCA_AYUQUILA-ARMERIA_MEDIANTE_LA_APLICACION_DE_UN_SISTEMA_DE_INFORMACION_GEOGRAFICA

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2021a). *Informe Nacional sobre el Estado del Medio Ambiente 2014 -2019*. <https://sinia.minam.gob.pe/inea/informe/inicio/>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2021b). *Orientaciones para la aplicación en el Perú de la Evaluación Ambiental Estratégica con pensamiento estratégico*. [gob.pe. https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2041067-orientaciones-para-la-aplicacion-en-el-peru-de-la-evaluacion-ambiental-estrategica-con-pensamiento-estrategico](https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2041067-orientaciones-para-la-aplicacion-en-el-peru-de-la-evaluacion-ambiental-estrategica-con-pensamiento-estrategico)

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/928>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2012). *Validación de datos*. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/Validaci%C3%B3n%20de%20datos-dic12_tcm30-82982.pdf

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Conociendo nuestra biodiversidad. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/conociendo-nuestra-biodiversidad-mapa-nacional-ecosistemas-peru>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). *Ortorectificación de Imágenes Satelitales Landsat*. <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-ortorectificacion-imagenes-Landsat.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Instrumentos técnico normativos del ordenamiento territorial*. https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Instrumentos_Tecnicos_Normativos_OT.pdf

Moschella, P. (2023). Pérdida de bosques amazónicos por expansión urbana en el Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (12). <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.a007>

Mucha Mucha, D. C. (2020). Análisis de la variación de la cobertura y uso actual de tierras de la subcuenca del Cunas durante el periodo 1987-2017 [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8451>

Nacimba Amagua, F. L. (2022). *Influencia de los cambios de uso de suelo sobre la disponibilidad de agua: El caso de la Cuenca Alta del Río Guayllabamba: Evaluación de la influencia del cambio de uso del suelo sobre la disponibilidad de agua en la Cuenca Alta del Río Guayllabamba, mediante la modelación hidrológica como herramienta de análisis* [Trabajo de integración circular, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22947/1/CD%2012406.pdf>

Nené Preciado, A. J., González Sansón, G., Mendoza, M. E., Silva Bátiz, F. de A. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. *Investigaciones geográficas*, (94). <https://doi.org/10.14350/rig.56770>

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2025). *Cobertura y uso del suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/geospatial/our-work/what-we-do/land-cover-and-land-use/en/>

Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

Padilla, C., Crespo, G., & Sardiñas, Y. (2009). Degradación y recuperación de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(4), 351-354. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193014888004.pdf>

Padilla, F. M., Vidal, B., Sánchez, J., & Pugnaire, F. I. (2010). Land-use changes and carbon sequestration through the twentieth century in a Mediterranean mountain ecosystem: Implications for land management. *Journal of Environmental Management*, 91(12), 2688-2695. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.031>

Palacios-Vega, J. J., Zárate-Gómez, R., & Martín-Brañas, M. (2022). Impacto futuro del cambio de cobertura y uso de la tierra en comunidades indígenas yagua de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 31(2), 163-183. <https://doi.org/10.24841/fa.v31i2.607>

Pimentel, H. F., Oyague, E., & Sánchez, E. (2022). Environmental quality assessment in central Andean Rivers: Using the ecological thresholds concept, environmental quality standards, and biotic indexes. *River Research and Applications*, 38(7), 1305-1320. <https://doi.org/10.1002/rra.3993>

Poyatos, R., Latron, J., & Llorens, P. (2003). Land Use and Land Cover Change After Agricultural Abandonment. *Mountain Research and Development*, 23(4), 362-368. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2003\)023\[0362:LUALCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2003)023[0362:LUALCC]2.0.CO;2)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2010). *Capítulo 2 Población: Las cuencas articulan la convivencia* (2010.^a ed.). [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/B73EA523F0E859E905257979006D072E/\\$FILE/2_idh2009vol2-03cap2.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/B73EA523F0E859E905257979006D072E/$FILE/2_idh2009vol2-03cap2.pdf)

Quantum Geographic Information System [QGIS]. (2025). *Download QGIS*. QGIS Association. <https://qgis.org/download/>

Quiroz, R. A. (2023). Validación de la data de precipitación (1981-2016) del producto PISCO v2.1: Estación meteorológica, elevación, estacionalidad del año y región climática en la cuenca Tumbes, Perú. *Manglar*, 20(1). <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.005>

Quispe Santos, A., & Ramos - Huapaya, A. (2019). Técnicas de rejuvenecimiento en árboles clonales de eucalipto urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) en Palca Tarma – Junín. *Revista Xilema*, 29(1), 36-46. <https://doi.org/10.21704/x.v29i1.1348>

R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

Rehm, E. M., & Feeley, K. J. (2013). Forest patches and the upward migration of timberline in the southern Peruvian Andes. *Forest Ecology and Management*, 305, 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.041>

Requelme Vigo, J. C. (2019). *Análisis de la pérdida de cobertura boscosa y cambio de uso del suelo, mediante el análisis de imágenes satelitales, período 2000 al 2018; en el distrito de Chadín, Chota* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3538>

Reza, S. K., Dutta, D., Bandyopadhyay, S., & Singh, S. K. (2018). Spatial Variability Analysis of Soil Properties of Tinsukia District, Assam, India. *Agricultural Research*, 8(2). <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0365-z>

Rizo Machado, R., Romero Gonzáles, L. J., & Zeledón Chavarría, J. J. (2011). *Caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca La Jabonera, perteneciente a la subcuenca del Río Estelí* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/1853/1/14261.pdf>

Roa Lobo, J., & Kamp, U. (2008). Modelos de elevación digital (MED) a partir de sistemas satelitales. Una introducción y análisis comparativo en la cordillera de Mérida-

Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 49(1), 11-42.
<https://www.redalyc.org/pdf/3477/347730375002.pdf>

Rocha, F. I., Jesus, E. da C., Teixeira, W. G., Lumbreras, J. F., Clemente, E. de P., da Motta, P. E. F., Borsanelli, A. C., Dutra, I. dos S., & de Oliveira, A. P. (2023). Soil type determines the magnitude of soil fertility changes by forest-to-pasture conversion in Western Amazonia. *Science of The Total Environment*, 856, 158955.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158955>

Rojas Cabrera, F. L. (2017). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos - Cajamarca, período 1989 - 2015*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo].
<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/212>

Saavedra Choquehuanca, J. E. (2024). *Evaluación del desempeño de la precipitación grillada mensual PISCO en la estimación de caudales en la cuenca transfronteriza del río Suches (Perú-Bolivia)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21304>

Sahagún-Sánchez, F. J., Reyes-Hernández, H., Sahagún-Sánchez, F. J., & Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT*, 12(2), 6-21.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000100006

Samaniego-Rojas, N., Eguiguren, P., Maita, J., & Aguirre, N. (2015). Clima de la Región Sur el Ecuador: Historia y tendencias. En *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus*, 43-63.
https://www.researchgate.net/publication/299426281_Clima_de_la_Region_Sur_el_Ecuador_historia_y_tendencias

Sánchez, J. M. M. (2016). *Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión*. 6(2), 1-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5998855>

Sánchez-Solis, Y., Raqui-Ramirez, C. E., Huaroc-Ponce, E. J., & Huaroc-Ponce, N. M. (2024). Importancia de conocer la normalidad de los datos utilizados en los trabajos de investigación por tesis: Supuestos de normalidad. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes*, 17(2), 404-413. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.554>

Sano, E. E., Ferreira, L. G., Asner, G. P., & Steinke, E. T. (2007). Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. *International Journal of Remote Sensing*, 28(12), 2739-2752. <https://doi.org/10.1080/01431160600981517>

ScienceDirect. (2024). *Variación climática*. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/climate-variation>

Segura Cajachagua, H. M. (2014). *Estudio del ciclo hidrológico de la cuenca Amazónica mediante el uso de sensoramiento remoto: Análisis de la evapotranspiración* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/1ece8584-acd5-4e37-8817-93553aae5d92/content>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2016). *ENFEN: El Niño 2015-2016 es el evento más cálido de los últimos 50 años*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/125880-enfen-el-nino-2015-2016-es-el-evento-mas-calido-de-los-ultimos-50-anos>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2021a). *Atlas de temperaturas del aire y precipitación en el Perú*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2220292/ATLAS%20DE%20TERMPERATURAS%20DEL%20AIRE%20Y%20PRECIPITACION.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2021b). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2014). *Fenómeno del niño en el Perú*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Ni%C3%B1o-Final_web.pdf

Silva Vidal, Y. (2023). *Para entender la variabilidad climática*. El peruano. <https://elperuano.pe/noticia/203123-para-entender-la-variabilidad-climatica>

Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., Azevedo, T. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and

Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

Strahler, A. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *GSA Bulletin*, 63(11), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

Strahler, A. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>

StudySmarter. (2024). *Variables Climáticas: Medición y Ejemplos*. <https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieria-agricola/variables-climaticas/>

Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., & Draper Munt, D. (2017). Spatio-temporal analysis of the human footprint in South Ecuador: Influence of human pressure on ecosystems and effectiveness of protected areas. *Applied Geography*, 78, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.007>

Tinoco Unocc, J. L. (2024). *Cambio de uso y cobertura del suelo en la provincia de Huancayo, periodo 2000-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/11253>

Tovar, C., Carril, A. F., Gutiérrez, A. G., Ahrends, A., Fita, L., Zaninelli, P., Flombaum, P., Abarzúa, A. M., Alarcón, D., Aschero, V., Báez, S., Barros, A., Carilla, J., Ferrero, M. E., Flantua, S. G. A., Gonzáles, P., Menéndez, C. G., Pérez-Escobar, O. A., Pauchard, A., ... Hollingsworth, P. M. (2022). Understanding climate change impacts on biome and plant distributions in the Andes: Challenges and opportunities. *Journal of Biogeography*, 49(8), 1420-1442. <https://doi.org/10.1111/jbi.14389>

Trasmonte, G., & Silva, Y. (2008). *Evento La Niña: Propuesta de definición y clasificación según las anomalías de temperatura de la superficie del Mar en el área Niño 1 + 2*. *Informe del Instituto del Mar del Perú*, 35(3), 199-207. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1969/1/INF.%2035%283%29-3.pdf>

Trucíos-Caciano, R., Estrada-Ávalos, J., Cerano-Paredes, J., & Rivera-González, M. (2011). Interpretación del cambio en vegetación y uso de suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 359-367. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400359

Ttito Jordan, B. J. (2018). *Cambio de uso de suelo y variabilidad climática en la cuenca media del Vilcanota (Valle Sagrado de los Incas), período 1975-2015* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de San Agustín]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/918a818f-426d-4671-af5f-c43b3339ce6f>

Turner, B., Lambin, E. F., & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(52), 20666-20671. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>

United Nations. (2025). *Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. United Nations. <https://sdgs.un.org/goals>

Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú*. Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>

Vega Moreno, C., & Espinoza Félix, M. (2024). Cambios espaciotemporales en la cobertura y uso del suelo, y su efecto en el valor económico de los servicios ecosistémicos de Huaraz e Independencia. https://peru.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/14/2024/08/CJ_003_CristhianVega_MariluEspinoza_ArticuloCientifico.pdf

Veldkamp, A., & Verburg, P. H. (2004). Modelling land use change and environmental impact. *Journal of Environmental Management*, *72*(1), 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.04.004>

Verdezoto-Mendoza, F. P., Muyulema-Allaica, J. C., Serrano-Castro, A. K., & Verdezoto-del-Salto, L. F. (2021). Evaluación de la variabilidad climática en el cantón Chillanes mediante los parámetros de la precipitación y la temperatura. *AlfaPublicaciones*, *3*(4.1). <https://doi.org/10.33262/ap.v3i4.1.125>

Wagner, P. D., Bhallamudi, S. M., Narasimhan, B., Kantakumar, L. N., Sudheer, K. P., Kumar, S., Schneider, K., & Fiener, P. (2016). Dynamic integration of land use changes in a hydrologic assessment of a rapidly developing Indian catchment. *Science of The Total Environment*, *539*, 153-164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.148>

Wang, L., Akritas, M. G., & Van Keilegom, I. (2008). An ANOVA-type nonparametric diagnostic test for heteroscedastic regression models. *Journal of Nonparametric Statistics*, *20*(5), 365-382. <https://doi.org/10.1080/10485250802066112>

Weigend, M., Dostert, N., & Rodríguez-Rodríguez, E. F. (2006). Bosques Relictos de los Andes peruanos: Perspectivas económicas. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 130-145. <https://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2009.pdf>

Young, K. R., & León, B. (2007). Tree-line changes along the Andes: Implications of spatial patterns and dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1478), 263-272. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1986>

Yupanqui Conza, M. J. (2022). *Determinación de la variabilidad climática y cambio climático en el distrito de Sicuani—Cusco, de 1981 al 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12515>

Zorogastúa Cruz, P., Quiroz Guerra, R., & Garatuza Payán, J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura—Perú. *Ecología Aplicada*, 10(1-2), 13. <https://doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.409>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	a) Variable	a) Nivel, tipo y diseño de la investigación
¿Existe relación entre la variación climática y el incremento de población con los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021?	Determinar la relación entre la variación climática y el incremento de población con los cambios de cobertura y uso de suelo ocurridos en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021.	Existe una relación significativa entre la variación climática y el incremento de la población con los cambios en la cobertura y uso del suelo observados en la cuenca del río Chanchamayo entre 1985 y 2021.	Cambio de cobertura y uso de suelo	• Tipo Básica
Problemas específicos	Objetivos específicos		• Dimensión - Tipos de cambio de cobertura y uso de suelo. - Dinámica de cambios de cobertura y uso de suelo.	Nivel Correlacional. • Diseño No experimental
¿Cuáles son las principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?	Identificar las principales clases de cobertura y uso de suelo presentes en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.		• Indicadores - Superficie en km ² de cada tipo de cambio de cobertura y uso de suelo - Variación interanual de la cobertura vegetal durante el periodo	b) Población y muestra • Población Cuenca de la vertiente oriental de los Andes centrales. • Muestra Cuenca del río Chanchamayo con una superficie de 7 495.432 km ² .
¿Qué variaciones poblacionales se observan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?	Evaluar las variaciones poblacionales en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.		c) Variable Variación Poblacional	c) Técnicas e instrumentos de recolección de datos • Clases de cobertura y uso de suelo

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
¿Cuáles son las variaciones climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?	Determinar las variaciones climáticas (precipitación, temperatura y evapotranspiración) en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.		<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones Población • Indicadores Número de habitantes b) Variable Variación Climática • Dimensión - Precipitación - Temperatura media - Evapotranspiración potencial • Indicadores - Precipitación anual - Temperatura media anual - Evapotranspiración potencial anual 	<p>Análisis de imágenes satelitales de MapBiomias para la identificación de cambios en la cobertura y uso del suelo, complementado con validación en campo mediante GPS para muestreo georreferenciado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variación poblacional Obtención de datos poblacionales del INEI para el cálculo de la tasa de crecimiento y proyección poblacional mediante funciones logísticas. • Variación climática Descarga y análisis de datos de PISCO-SENAMHI mediante el RStudio, con validación basada en registros de estaciones meteorológicas SENAMHI.
¿Cuál es la influencia y relación de la variación climática y poblacional con los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021?	Evaluar la influencia y relación entre la variación climática y poblacional con los cambios de cobertura y uso de suelo que predominan en la cuenca del río Chanchamayo durante el periodo de 1985 a 2021.			

Anexo 2. *Tabla de los 569 puntos de validación en campo.*

N°	ID MapBiomás	Descripción	East	North
1	18	Agricultura	467395	8727454
2	18	Agricultura	467363	8727527
3	18	Agricultura	469859	8729731
4	18	Agricultura	469807	8729583
5	18	Agricultura	463557	8740083
6	18	Agricultura	464374	8744095
7	18	Agricultura	464260	8744157
8	18	Agricultura	465700	8749684
9	18	Agricultura	464824	8756703
10	18	Agricultura	464724	8756694
11	18	Agricultura	462751	8759324
12	18	Agricultura	463596	8762984
13	18	Agricultura	462338	8768061
14	18	Agricultura	450338	8764325
15	18	Agricultura	454629	8767288
16	18	Agricultura	455631	8768042
17	18	Agricultura	460901	8770914
18	25	Area no vegetada	403760	8790894
19	25	Area no vegetada	463768	8740712
20	25	Area no vegetada	465693	8749643
21	3	Bosque	464345	8773163
22	3	Bosque	482921	8742996
23	3	Bosque	448732	8788793
24	3	Bosque	450201	8775793
25	3	Bosque	456518	8770251
26	3	Bosque	495682	8703988
27	3	Bosque	452902	8775223
28	3	Bosque	475349	8741886
29	3	Bosque	468724	8780086
30	3	Bosque	461209	8762190
31	3	Bosque	455962	8777870
32	3	Bosque	447375	8788299
33	3	Bosque	463913	8759452
34	3	Bosque	482619	8743892
35	3	Bosque	428146	8746326
36	3	Bosque	466678	8742273
37	3	Bosque	485914	8732908
38	3	Bosque	483416	8734148
39	3	Bosque	446733	8757253
40	3	Bosque	451845	8763607
41	3	Bosque	482503	8741453
42	3	Bosque	460855	8741477
43	3	Bosque	478980	8748125
44	3	Bosque	475799	8745075

45	3	Bosque	467369	8786323
46	3	Bosque	466098	8775524
47	3	Bosque	462819	8753518
48	3	Bosque	453842	8751625
49	3	Bosque	464855	8738667
50	3	Bosque	465900	8781327
51	3	Bosque	474395	8724122
52	3	Bosque	467157	8777158
53	3	Bosque	490440	8729654
54	3	Bosque	460733	8773995
55	3	Bosque	450394	8764027
56	3	Bosque	462805	8779393
57	3	Bosque	435939	8756786
58	3	Bosque	467063	8783213
59	3	Bosque	462174	8782285
60	3	Bosque	451166	8746420
61	3	Bosque	466498	8759735
62	3	Bosque	483772	8733548
63	3	Bosque	463852	8776495
64	3	Bosque	467839	8777107
65	3	Bosque	419365	8784186
66	3	Bosque	474136	8751725
67	3	Bosque	468758	8787744
68	3	Bosque	458685	8771977
69	3	Bosque	486051	8730273
70	3	Bosque	479726	8746822
71	3	Bosque	451342	8776951
72	3	Bosque	460637	8779628
73	3	Bosque	461431	8759401
74	3	Bosque	495986	8719060
75	3	Bosque	462141	8738875
76	3	Bosque	461754	8777372
77	3	Bosque	480063	8736105
78	3	Bosque	424244	8744413
79	3	Bosque	449133	8789192
80	3	Bosque	473075	8721868
81	3	Bosque	469865	8754295
82	3	Bosque	465599	8774527
83	3	Bosque	466323	8763867
84	3	Bosque	466623	8740628
85	3	Bosque	426660	8746853
86	3	Bosque	442658	8790140
87	3	Bosque	492128	8725065
88	3	Bosque	456763	8769328
89	3	Bosque	460167	8752754
90	3	Bosque	421263	8740144

91	3	Bosque	487347	8739313
92	3	Bosque	436658	8757413
93	3	Bosque	427777	8760601
94	3	Bosque	484439	8737875
95	3	Bosque	479820	8748511
96	3	Bosque	445643	8756688
97	3	Bosque	476318	8757400
98	3	Bosque	470704	8762269
99	3	Bosque	472793	8755272
100	3	Bosque	474205	8743774
101	3	Bosque	485348	8730457
102	3	Bosque	462774	8738769
103	3	Bosque	482849	8735507
104	3	Bosque	480989	8747912
105	3	Bosque	485176	8735259
106	3	Bosque	432937	8757077
107	3	Bosque	449819	8766311
108	3	Bosque	486866	8727003
109	3	Bosque	467936	8753589
110	3	Bosque	455419	8770800
111	3	Bosque	450866	8782849
112	3	Bosque	450770	8779634
113	3	Bosque	470541	8728678
114	3	Bosque	453160	8785726
115	3	Bosque	435557	8757961
116	3	Bosque	464686	8773893
117	3	Bosque	473473	8725587
118	3	Bosque	474524	8759821
119	3	Bosque	451588	8765109
120	3	Bosque	466704	8786495
121	3	Bosque	464664	8754613
122	3	Bosque	490755	8730734
123	3	Bosque	467447	8773569
124	3	Bosque	455736	8732967
125	3	Bosque	477142	8753529
126	3	Bosque	475846	8726836
127	3	Bosque	466485	8751927
128	3	Bosque	475348	8751862
129	3	Bosque	465352	8758362
130	3	Bosque	461697	8757696
131	3	Bosque	439185	8757544
132	3	Bosque	453474	8752646
133	3	Bosque	474089	8755090
134	3	Bosque	456426	8754845
135	3	Bosque	463805	8736783
136	3	Bosque	461351	8781208

137	3	Bosque	470256	8726613
138	3	Bosque	456509	8778171
139	3	Bosque	436741	8751712
140	3	Bosque	460353	8738135
141	3	Bosque	488279	8726899
142	3	Bosque	437265	8755381
143	3	Bosque	461007	8776465
144	3	Bosque	474861	8747247
145	3	Bosque	487384	8731215
146	3	Bosque	471999	8727725
147	3	Bosque	491876	8722460
148	3	Bosque	450427	8785453
149	3	Bosque	464212	8767770
150	3	Bosque	455139	8771355
151	3	Bosque	466093	8791319
152	3	Bosque	483895	8740919
153	3	Bosque	441287	8787651
154	3	Bosque	466513	8785219
155	3	Bosque	478013	8745430
156	3	Bosque	478787	8737592
157	3	Bosque	446066	8758525
158	3	Bosque	447178	8762573
159	3	Bosque	489195	8738019
160	3	Bosque	478842	8746009
161	3	Bosque	449240	8783806
162	3	Bosque	445553	8789826
163	3	Bosque	463149	8758883
164	3	Bosque	471393	8757365
165	3	Bosque	463040	8759682
166	3	Bosque	460377	8754362
167	3	Bosque	444510	8788435
168	3	Bosque	476576	8742494
169	3	Bosque	488560	8723677
170	3	Bosque	471256	8725604
171	3	Bosque	461726	8738470
172	3	Bosque	485687	8739198
173	3	Bosque	480738	8736938
174	3	Bosque	463615	8772796
175	3	Bosque	464196	8761785
176	3	Bosque	466429	8756639
177	3	Bosque	450613	8784822
178	3	Bosque	470395	8729257
179	3	Bosque	456096	8779478
180	3	Bosque	483425	8739268
181	3	Bosque	457687	8768064
182	3	Bosque	449189	8759197

183	3	Bosque	492081	8714985
184	3	Bosque	445758	8763104
185	3	Bosque	495549	8716925
186	3	Bosque	487819	8718868
187	3	Bosque	436459	8750030
188	3	Bosque	479950	8740281
189	3	Bosque	491057	8713695
190	3	Bosque	488805	8714551
191	3	Bosque	438022	8752564
192	3	Bosque	467970	8750770
193	3	Bosque	456163	8767439
194	3	Bosque	465756	8769916
195	3	Bosque	469486	8756951
196	3	Bosque	464981	8756914
197	3	Bosque	476220	8725526
198	3	Bosque	496876	8706574
199	3	Bosque	441135	8754467
200	3	Bosque	448420	8761865
201	3	Bosque	474344	8743052
202	3	Bosque	407114	8789713
203	3	Bosque	485953	8734447
204	3	Bosque	441411	8745630
205	3	Bosque	469506	8759287
206	3	Bosque	486803	8733184
207	3	Bosque	474294	8752602
208	3	Bosque	468548	8761719
209	3	Bosque	447614	8763779
210	3	Bosque	467947	8759010
211	3	Bosque	453039	8785081
212	3	Bosque	441713	8723304
213	3	Bosque	482855	8744348
214	3	Bosque	483161	8733707
215	3	Bosque	465808	8788734
216	3	Bosque	462402	8737682
217	3	Bosque	442302	8731774
218	3	Bosque	467655	8756645
219	3	Bosque	474241	8757311
220	3	Bosque	456891	8775252
221	3	Bosque	472091	8760646
222	3	Bosque	459899	8733658
223	3	Bosque	454095	8766828
224	3	Bosque	435925	8756145
225	3	Bosque	458961	8769673
226	3	Bosque	465781	8742113
227	3	Bosque	448150	8789151
228	3	Bosque	450967	8783608

229	3	Bosque	480882	8742183
230	3	Bosque	462533	8736156
231	3	Bosque	493633	8719943
232	3	Bosque	450995	8788517
233	3	Bosque	463251	8769791
234	3	Bosque	473612	8728212
235	3	Bosque	461440	8784389
236	3	Bosque	463135	8723791
237	3	Bosque	463088	8723904
238	3	Bosque	463097	8723786
239	3	Bosque	463102	8723757
240	3	Bosque	472635	8732193
241	3	Bosque	472185	8737711
242	3	Bosque	472104	8737503
243	3	Bosque	461249	8735440
244	3	Bosque	461249	8735447
245	3	Bosque	463756	8740713
246	3	Bosque	463758	8740714
247	3	Bosque	463514	8760481
248	3	Bosque	463902	8762954
249	3	Bosque	462422	8768192
250	3	Bosque	452361	8765210
251	3	Bosque	453826	8766403
252	3	Bosque	454659	8767446
253	3	Bosque	455593	8768089
254	3	Bosque	458711	8769748
255	3	Bosque	458394	8769728
256	3	Bosque	460838	8771078
257	3	Bosque	453106	8785775
258	3	Bosque	453082	8785673
259	3	Bosque	452272	8786026
260	3	Bosque	453103	8785992
261	3	Bosque	453044	8785956
262	3	Bosque	453303	8785845
263	3	Bosque	453249	8785870
264	3	Bosque	453693	8785464
265	6	Bosque inundable	463068	8723878
266	4	Bosque seco	450334	8764450
267	24	Infraestructura	437793	8745550
268	24	Infraestructura	463400	8760905
269	24	Infraestructura	463321	8776507
270	24	Infraestructura	459657	8769642
271	24	Infraestructura	463522	8720132
272	24	Infraestructura	469877	8729692
273	24	Infraestructura	456144	8768091
274	13	Matorral	441707	8740961

275	13	Matorral	439331	8739308
276	13	Matorral	438632	8744243
277	13	Matorral	457716	8735055
278	13	Matorral	426154	8739059
279	13	Matorral	446643	8759441
280	13	Matorral	495422	8715748
281	13	Matorral	427093	8747200
282	13	Matorral	441589	8719541
283	13	Matorral	445027	8759171
284	13	Matorral	430597	8755936
285	13	Matorral	423995	8787768
286	13	Matorral	428928	8755344
287	13	Matorral	441301	8750404
288	13	Matorral	443528	8757319
289	13	Matorral	452397	8746660
290	13	Matorral	494804	8720413
291	13	Matorral	433974	8757387
292	13	Matorral	460768	8770094
293	13	Matorral	484092	8726572
294	13	Matorral	466991	8759115
295	13	Matorral	442226	8747515
296	13	Matorral	461722	8752723
297	13	Matorral	428341	8747253
298	13	Matorral	435024	8756959
299	13	Matorral	465933	8767612
300	13	Matorral	440781	8719905
301	13	Matorral	436369	8755109
302	13	Matorral	433278	8747589
303	13	Matorral	463719	8718887
304	13	Matorral	463908	8718811
305	13	Matorral	465898	8749331
306	13	Matorral	563125	8759329
307	13	Matorral	463675	8760269
308	13	Matorral	453826	8766305
309	13	Matorral	452203	8785939
310	21	Mosaico agropecuario	425689	8743265
311	21	Mosaico agropecuario	491481	8705102
312	21	Mosaico agropecuario	467548	8775820
313	21	Mosaico agropecuario	466822	8781120
314	21	Mosaico agropecuario	425123	8758339
315	21	Mosaico agropecuario	466901	8770074
316	21	Mosaico agropecuario	440426	8752127
317	21	Mosaico agropecuario	434249	8746085
318	21	Mosaico agropecuario	428853	8754264
319	21	Mosaico agropecuario	438700	8744780
320	21	Mosaico agropecuario	465057	8772928

321	21	Mosaico agropecuario	446680	8738680
322	21	Mosaico agropecuario	422384	8739078
323	21	Mosaico agropecuario	433589	8746268
324	21	Mosaico agropecuario	486155	8704609
325	21	Mosaico agropecuario	418632	8737517
326	21	Mosaico agropecuario	441506	8733401
327	21	Mosaico agropecuario	443610	8783694
328	21	Mosaico agropecuario	439715	8727997
329	21	Mosaico agropecuario	431438	8745615
330	21	Mosaico agropecuario	456757	8778690
331	21	Mosaico agropecuario	448220	8773547
332	21	Mosaico agropecuario	437752	8742167
333	21	Mosaico agropecuario	490617	8708004
334	21	Mosaico agropecuario	464332	8748171
335	21	Mosaico agropecuario	489284	8715377
336	21	Mosaico agropecuario	463959	8779812
337	21	Mosaico agropecuario	459481	8776961
338	21	Mosaico agropecuario	440262	8737446
339	21	Mosaico agropecuario	438256	8748324
340	21	Mosaico agropecuario	464383	8756601
341	21	Mosaico agropecuario	401174	8788413
342	21	Mosaico agropecuario	482632	8731900
343	21	Mosaico agropecuario	462283	8755770
344	21	Mosaico agropecuario	465185	8748164
345	21	Mosaico agropecuario	402609	8787389
346	21	Mosaico agropecuario	438755	8737548
347	21	Mosaico agropecuario	484665	8706321
348	21	Mosaico agropecuario	461476	8774492
349	21	Mosaico agropecuario	483931	8729588
350	21	Mosaico agropecuario	423234	8745467
351	21	Mosaico agropecuario	404531	8787745
352	21	Mosaico agropecuario	437797	8736459
353	21	Mosaico agropecuario	460579	8751795
354	21	Mosaico agropecuario	443446	8724307
355	21	Mosaico agropecuario	475353	8716270
356	21	Mosaico agropecuario	465456	8778105
357	21	Mosaico agropecuario	489422	8708911
358	21	Mosaico agropecuario	464816	8789970
359	21	Mosaico agropecuario	429807	8758337
360	21	Mosaico agropecuario	464120	8770876
361	21	Mosaico agropecuario	442114	8731102
362	21	Mosaico agropecuario	418591	8783241
363	21	Mosaico agropecuario	441788	8725511
364	21	Mosaico agropecuario	454897	8770757
365	21	Mosaico agropecuario	421493	8737655
366	21	Mosaico agropecuario	438219	8738090

367	21	Mosaico agropecuario	420796	8742361
368	21	Mosaico agropecuario	460182	8775040
369	21	Mosaico agropecuario	415093	8743765
370	21	Mosaico agropecuario	452392	8744712
371	21	Mosaico agropecuario	426005	8756657
372	21	Mosaico agropecuario	439597	8737858
373	21	Mosaico agropecuario	458121	8773787
374	21	Mosaico agropecuario	467820	8778921
375	21	Mosaico agropecuario	440279	8750952
376	21	Mosaico agropecuario	460505	8783905
377	21	Mosaico agropecuario	416657	8742819
378	9	Plantación forestal	472011	8737350
379	9	Plantación forestal	472340	8737311
380	9	Plantación forestal	472214	8737275
381	9	Plantación forestal	464247	8744200
382	12	Pastizal/herbazal	435452	8738439
383	12	Pastizal/herbazal	478584	8752112
384	12	Pastizal/herbazal	429374	8750280
385	12	Pastizal/herbazal	427011	8759568
386	12	Pastizal/herbazal	403752	8792115
387	12	Pastizal/herbazal	432555	8749779
388	12	Pastizal/herbazal	487488	8738411
389	12	Pastizal/herbazal	487751	8702831
390	12	Pastizal/herbazal	448491	8741250
391	12	Pastizal/herbazal	486348	8703657
392	12	Pastizal/herbazal	415621	8786398
393	12	Pastizal/herbazal	434784	8752510
394	12	Pastizal/herbazal	416609	8788329
395	12	Pastizal/herbazal	475699	8714572
396	12	Pastizal/herbazal	430226	8750272
397	12	Pastizal/herbazal	491797	8732659
398	12	Pastizal/herbazal	493622	8700503
399	12	Pastizal/herbazal	447591	8737244
400	12	Pastizal/herbazal	433981	8747678
401	12	Pastizal/herbazal	492711	8694920
402	12	Pastizal/herbazal	494025	8699333
403	12	Pastizal/herbazal	428738	8758407
404	12	Pastizal/herbazal	474599	8717373
405	12	Pastizal/herbazal	401819	8784813
406	12	Pastizal/herbazal	474933	8717932
407	12	Pastizal/herbazal	434214	8744686
408	12	Pastizal/herbazal	461100	8771022
409	12	Pastizal/herbazal	475252	8722729
410	12	Pastizal/herbazal	496368	8712747
411	12	Pastizal/herbazal	416833	8785328
412	12	Pastizal/herbazal	459112	8773093

413	12	Pastizal/herbazal	438957	8733319
414	12	Pastizal/herbazal	491312	8725894
415	12	Pastizal/herbazal	442111	8745888
416	12	Pastizal/herbazal	428486	8759130
417	12	Pastizal/herbazal	442872	8741266
418	12	Pastizal/herbazal	474340	8748117
419	12	Pastizal/herbazal	413016	8784694
420	12	Pastizal/herbazal	438693	8752244
421	12	Pastizal/herbazal	457602	8732099
422	12	Pastizal/herbazal	425901	8742754
423	12	Pastizal/herbazal	437635	8753138
424	12	Pastizal/herbazal	473860	8714515
425	12	Pastizal/herbazal	483390	8705373
426	12	Pastizal/herbazal	437188	8743819
427	12	Pastizal/herbazal	417981	8787461
428	12	Pastizal/herbazal	436172	8737966
429	12	Pastizal/herbazal	449894	8741627
430	12	Pastizal/herbazal	487793	8704119
431	12	Pastizal/herbazal	452227	8747326
432	12	Pastizal/herbazal	399843	8792190
433	12	Pastizal/herbazal	485174	8741161
434	12	Pastizal/herbazal	494372	8723287
435	12	Pastizal/herbazal	454632	8733098
436	12	Pastizal/herbazal	498144	8703350
437	12	Pastizal/herbazal	415364	8738586
438	12	Pastizal/herbazal	487193	8710243
439	12	Pastizal/herbazal	424003	8745293
440	12	Pastizal/herbazal	438368	8734583
441	12	Pastizal/herbazal	465582	8744877
442	12	Pastizal/herbazal	398131	8786991
443	12	Pastizal/herbazal	411903	8791425
444	12	Pastizal/herbazal	497629	8704326
445	12	Pastizal/herbazal	438649	8736901
446	12	Pastizal/herbazal	473213	8717675
447	12	Pastizal/herbazal	491027	8707657
448	12	Pastizal/herbazal	421342	8784977
449	12	Pastizal/herbazal	425399	8740112
450	12	Pastizal/herbazal	414357	8789150
451	12	Pastizal/herbazal	467402	8779580
452	12	Pastizal/herbazal	420001	8737315
453	12	Pastizal/herbazal	411258	8785241
454	12	Pastizal/herbazal	420322	8738789
455	12	Pastizal/herbazal	446595	8736844
456	12	Pastizal/herbazal	443629	8744161
457	12	Pastizal/herbazal	480062	8751753
458	12	Pastizal/herbazal	440431	8744389

459	12	Pastizal/herbazal	452727	8746202
460	12	Pastizal/herbazal	466223	8744524
461	12	Pastizal/herbazal	417962	8791054
462	12	Pastizal/herbazal	416358	8737840
463	12	Pastizal/herbazal	493008	8707586
464	12	Pastizal/herbazal	415036	8736981
465	12	Pastizal/herbazal	417539	8743339
466	12	Pastizal/herbazal	439705	8729244
467	12	Pastizal/herbazal	399203	8794111
468	12	Pastizal/herbazal	488049	8735698
469	12	Pastizal/herbazal	485713	8703762
470	12	Pastizal/herbazal	447642	8761977
471	12	Pastizal/herbazal	420017	8783425
472	12	Pastizal/herbazal	481245	8704431
473	12	Pastizal/herbazal	435886	8738950
474	12	Pastizal/herbazal	497989	8698564
475	12	Pastizal/herbazal	498495	8706921
476	12	Pastizal/herbazal	473921	8712841
477	12	Pastizal/herbazal	451803	8780883
478	12	Pastizal/herbazal	401526	8790536
479	12	Pastizal/herbazal	476647	8718714
480	12	Pastizal/herbazal	443837	8721070
481	12	Pastizal/herbazal	480307	8750058
482	12	Pastizal/herbazal	421779	8790767
483	12	Pastizal/herbazal	475268	8720521
484	12	Pastizal/herbazal	472428	8724314
485	12	Pastizal/herbazal	440503	8741291
486	12	Pastizal/herbazal	453425	8731326
487	12	Pastizal/herbazal	417230	8785867
488	12	Pastizal/herbazal	467667	8764641
489	12	Pastizal/herbazal	491030	8734311
490	12	Pastizal/herbazal	415995	8789811
491	12	Pastizal/herbazal	448837	8743334
492	12	Pastizal/herbazal	422075	8746232
493	12	Pastizal/herbazal	485457	8707911
494	12	Pastizal/herbazal	453369	8752063
495	12	Pastizal/herbazal	441923	8729643
496	12	Pastizal/herbazal	416666	8736468
497	12	Pastizal/herbazal	486757	8709066
498	12	Pastizal/herbazal	419183	8742297
499	12	Pastizal/herbazal	488053	8711881
500	12	Pastizal/herbazal	474536	8744868
501	12	Pastizal/herbazal	431234	8747104
502	12	Pastizal/herbazal	439993	8731747
503	12	Pastizal/herbazal	400753	8784191
504	12	Pastizal/herbazal	399936	8785486

505	12	Pastizal/herbazal	468054	8742910
506	12	Pastizal/herbazal	447744	8740178
507	12	Pastizal/herbazal	428812	8742594
508	12	Pastizal/herbazal	432065	8746821
509	12	Pastizal/herbazal	441116	8740913
510	12	Pastizal/herbazal	461554	8742198
511	12	Pastizal/herbazal	493206	8696710
512	12	Pastizal/herbazal	488961	8708141
513	12	Pastizal/herbazal	480578	8751028
514	12	Pastizal/herbazal	412061	8783923
515	12	Pastizal/herbazal	442566	8720575
516	12	Pastizal/herbazal	435643	8743064
517	12	Pastizal/herbazal	446486	8790469
518	12	Pastizal/herbazal	487623	8723132
519	12	Pastizal/herbazal	491231	8732267
520	12	Pastizal/herbazal	486980	8712242
521	12	Pastizal/herbazal	411960	8789371
522	12	Pastizal/herbazal	436535	8744948
523	12	Pastizal/herbazal	495660	8713648
524	12	Pastizal/herbazal	433078	8743563
525	12	Pastizal/herbazal	435772	8744696
526	12	Pastizal/herbazal	411013	8789815
527	12	Pastizal/herbazal	491919	8695292
528	12	Pastizal/herbazal	435592	8752394
529	12	Pastizal/herbazal	479907	8737993
530	12	Pastizal/herbazal	428224	8756900
531	12	Pastizal/herbazal	495502	8697299
532	12	Pastizal/herbazal	491078	8736468
533	12	Pastizal/herbazal	495446	8720247
534	12	Pastizal/herbazal	406413	8788948
535	12	Pastizal/herbazal	452013	8752358
536	12	Pastizal/herbazal	439400	8726974
537	12	Pastizal/herbazal	432395	8744151
538	12	Pastizal/herbazal	463776	8718835
539	12	Pastizal/herbazal	463794	8718811
540	12	Pastizal/herbazal	463821	8718911
541	12	Pastizal/herbazal	463854	8718962
542	12	Pastizal/herbazal	463039	8723835
543	12	Pastizal/herbazal	463085	8723835
544	12	Pastizal/herbazal	463111	8759655
545	15	Pasturas	403579	8793869
546	15	Pasturas	407677	8790567
547	15	Pasturas	401577	8788753
548	33	Rio o lago	405752	8791617
549	33	Rio o lago	452116	8761296
550	33	Rio o lago	469808	8729700

551	33	Rio o lago	461235	8735437
552	33	Rio o lago	463755	8740709
553	33	Rio o lago	465218	8749664
554	33	Rio o lago	464770	8756699
555	33	Rio o lago	463116	8759632
556	33	Rio o lago	463558	8760413
557	33	Rio o lago	463729	8763004
558	33	Rio o lago	462367	8768104
559	33	Rio o lago	450403	8764450
560	33	Rio o lago	453803	8766424
561	33	Rio o lago	454665	8767398
562	33	Rio o lago	455620	8768058
563	33	Rio o lago	458717	8769714
564	33	Rio o lago	460888	8770894
565	33	Rio o lago	453098	8785737
566	33	Rio o lago	452220	8786037
567	33	Rio o lago	453081	8785973
568	33	Rio o lago	453276	8785844
569	33	Rio o lago	453670	8785470

Anexo 3. Panel fotográfico

Figura 37

Identificación de cobertura y uso de suelo de la clase bosque



Figura 38

Identificación de cobertura y uso de suelo de la clase mosaico agropecuario



Anexo 4. Mapas complementarios referentes al estudio

Figura 39

Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (1985-1996)

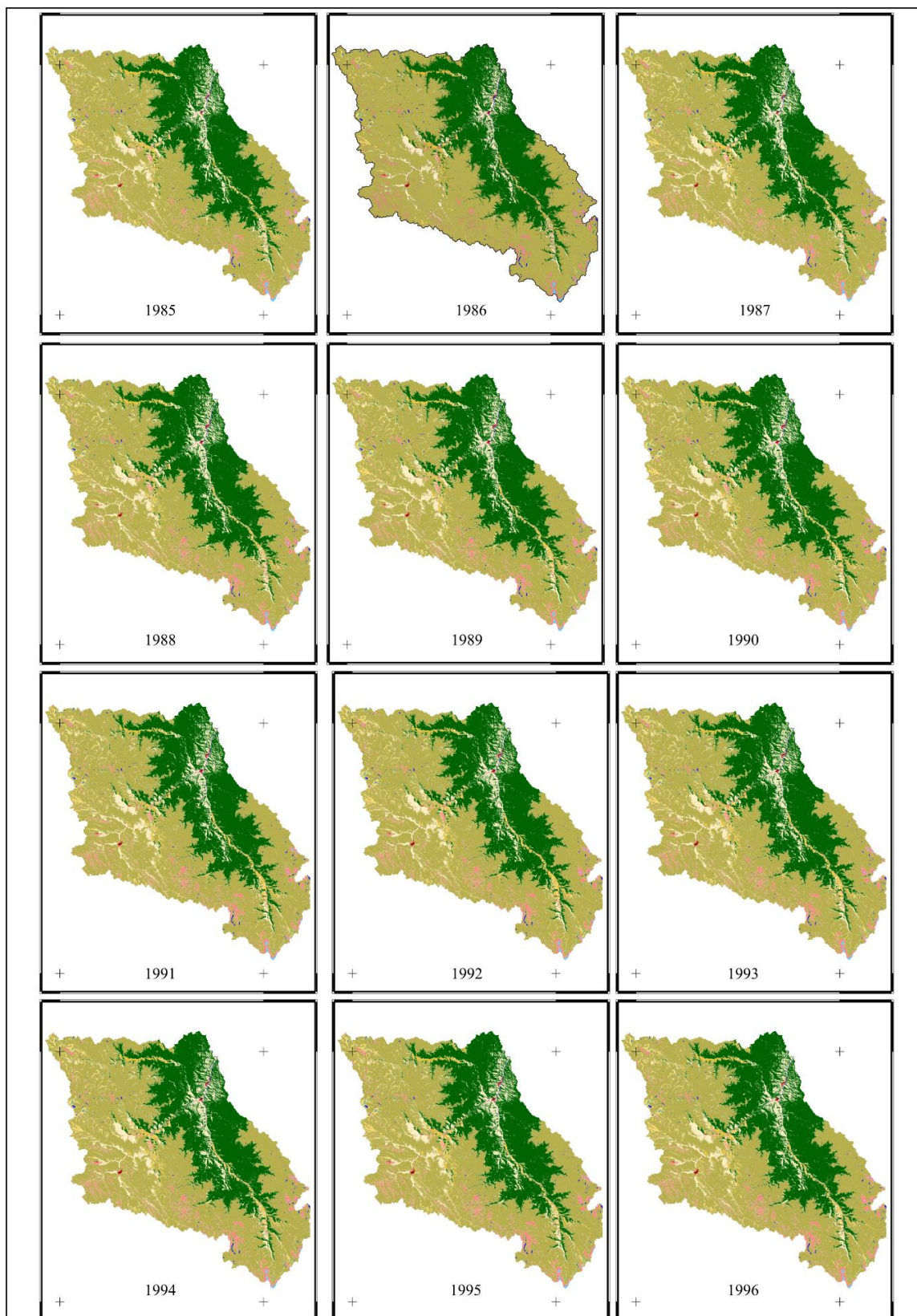


Figura 40

Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (1997-2008)

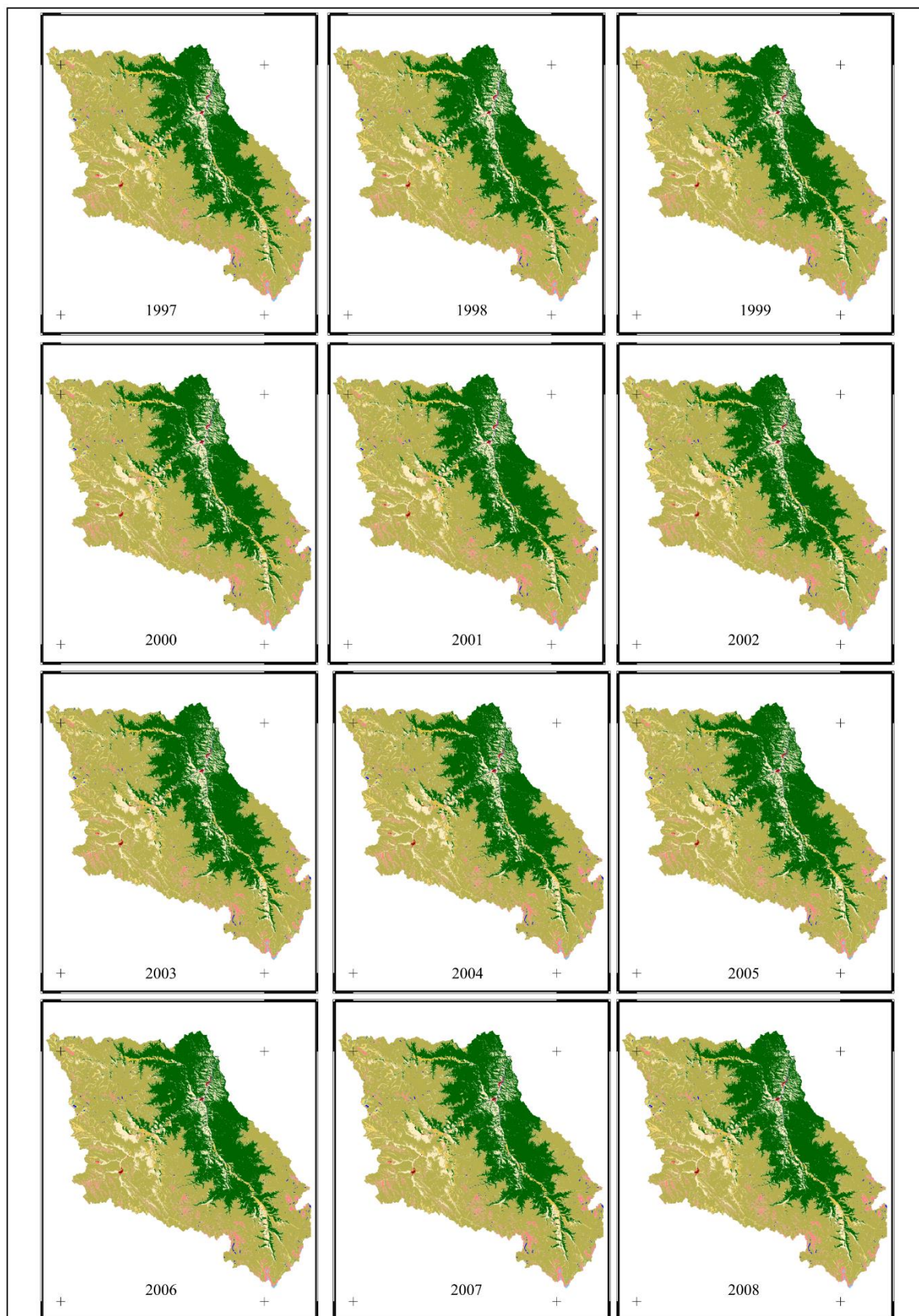


Figura 41

Cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chanchamayo (2009-2020)

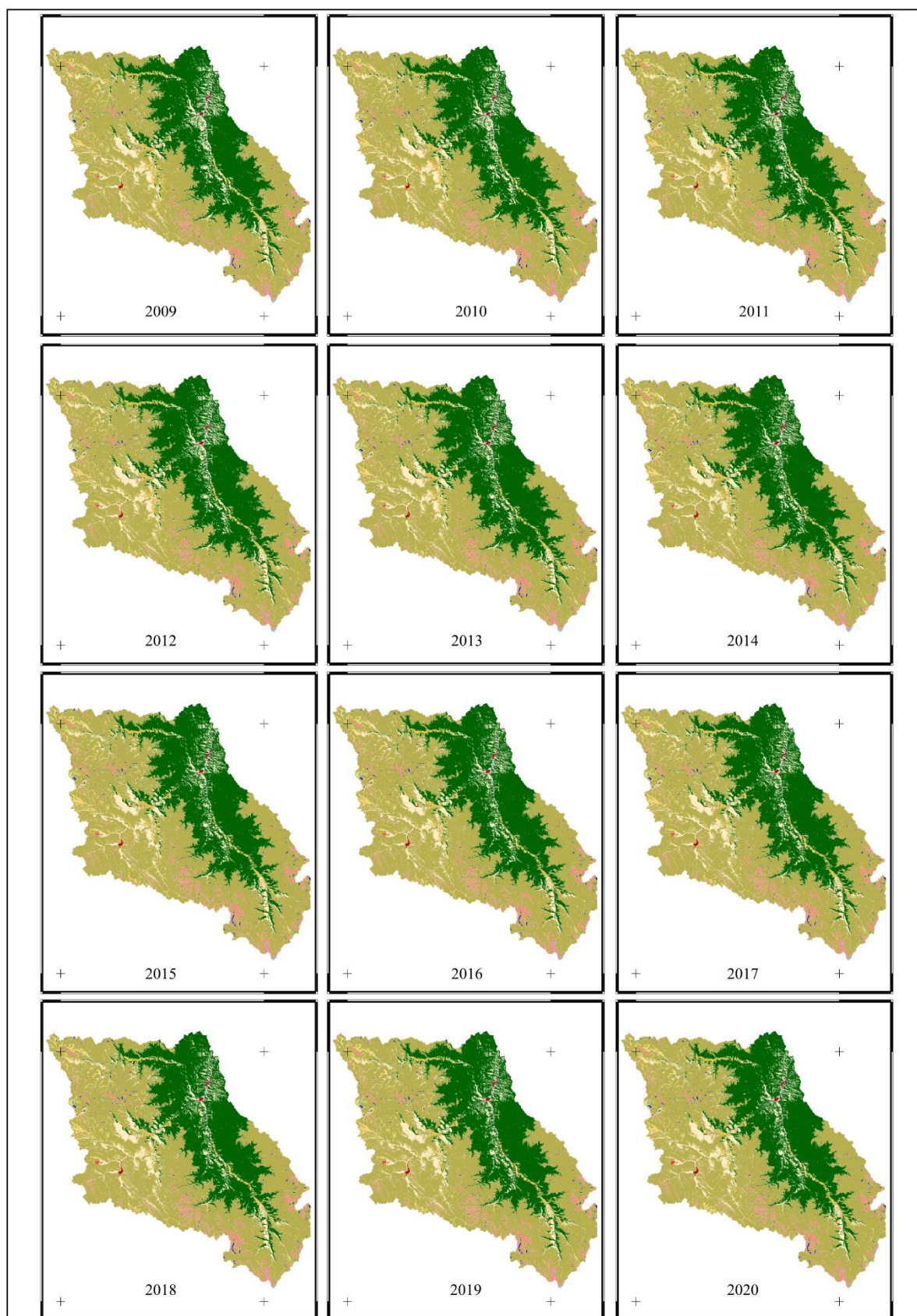


Figura 42

Cambios de cobertura y uso del suelo en la banda altitudinal 500 - 5200 m s. n. m. (1985)

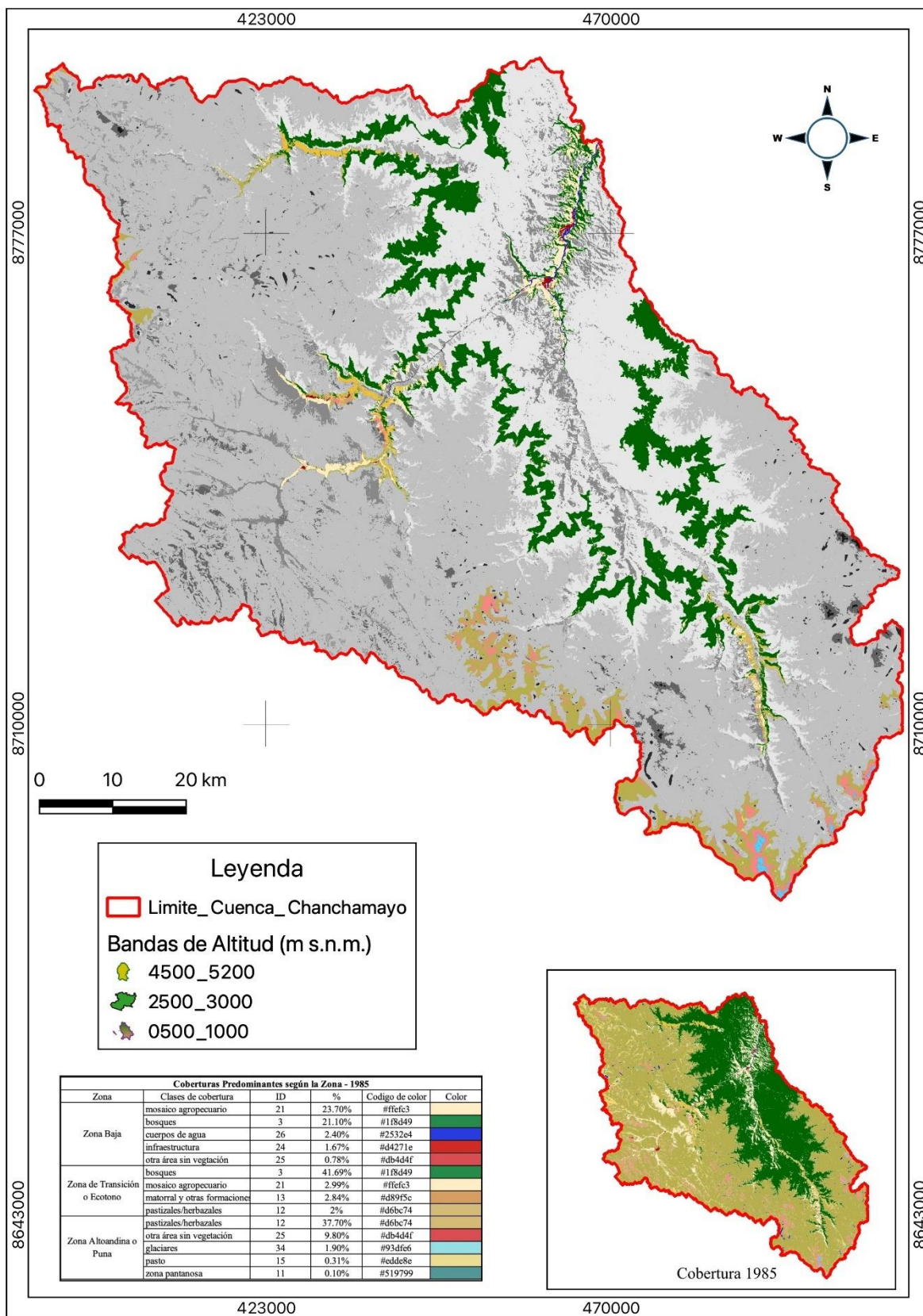


Figura 43

Cambios de cobertura y uso del suelo en la banda altitudinal 500 - 5200 m s. n. m. (202

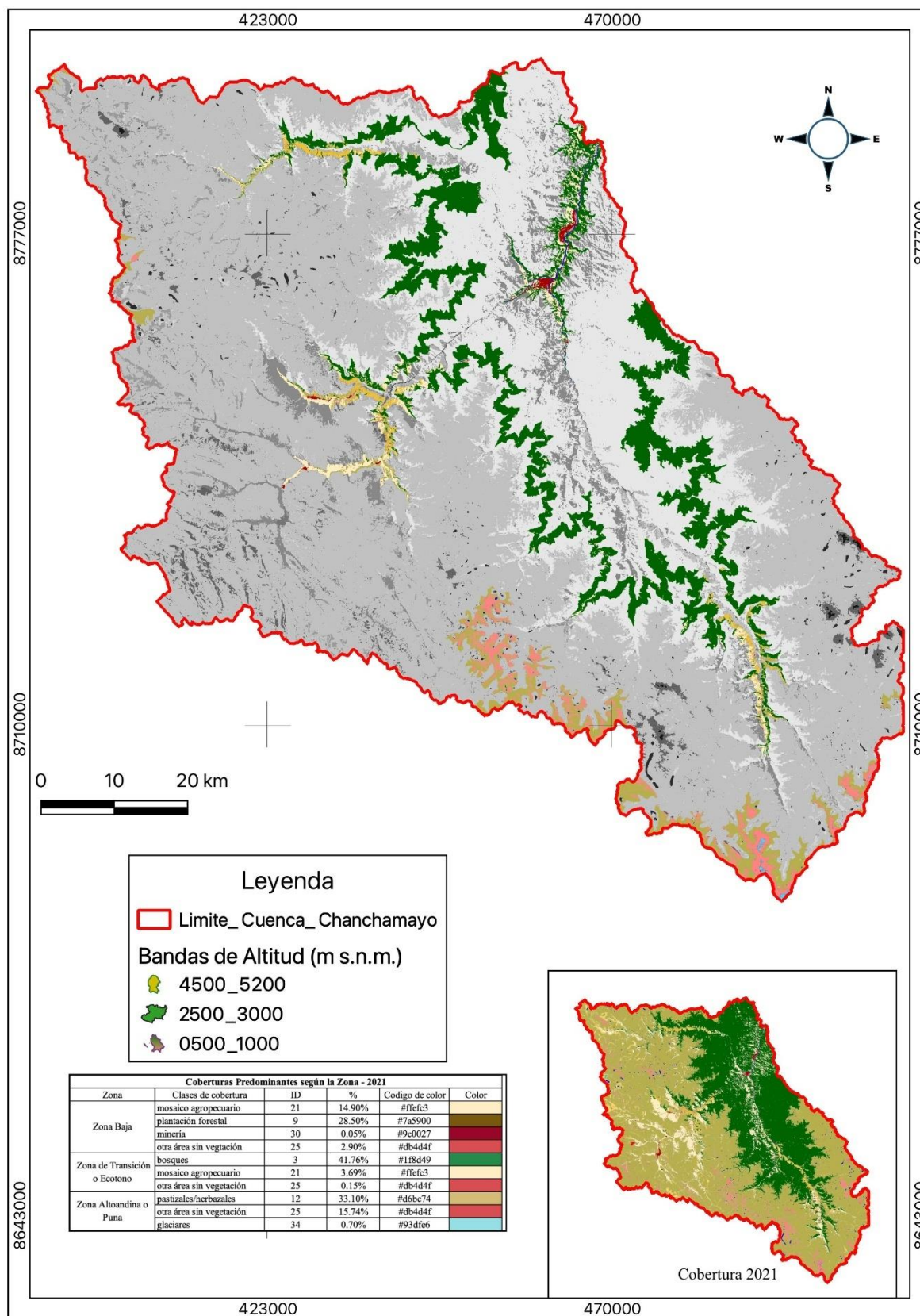


Figura 44

Puntos georreferenciados para la validación de cobertura y uso de suelo de Mapbiomas

