

RS_TURNITIN_JUNCO ALARCON_RNR_002

por DANIEL ALBERTO JUNCO ALARCON

Fecha de entrega: 20-ago-2024 11:28a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2435085921

Nombre del archivo: TESIS_-_Daniel_Junco_Alarcon_-_agosto_1.pdf (8.72M)

Total de palabras: 14465

Total de caracteres: 75719

RESUMEN

La agricultura informal es una causa fundamental que va reemplazando los bosques naturales del país, ocasionando consecuencias muy graves al ambiente. Los dos objetivos de esta investigación fueron: identificar el uso actual de tierras utilizando imágenes satelitales PlanetScope (setiembre del 2023), así como monitorear las variaciones en la cobertura de los bosques durante seis meses a partir del geo portal Geobosques, submódulo de Alertas tempranas, en el distrito Villa Rica, para ello, en la metodología se utilizaron los softwares SIG como SAGA, ArcGIS y QGIS, la exactitud global e índice de Kappa, para las validaciones se realizaron visitas de campo; dando como resultados, en el uso actual de las tierras: bosque 62 373,16 ha (75,86%), vegetación secundaria 10 584,47 ha (12,87%), agrícola 8 714,36 ha (10,60%), área urbanizada 302,41 ha (0,37%), tierras desnudas 134,90 ha (0,16%) e hidrografía 112,33 ha (0,14%), y respecto a los cambios sobre la cobertura de bosques: 45,90 ha han sido deforestadas desde diciembre 2023 a mayo 2024. Por lo que se concluye que los Bosques, ocupan el mayor porcentaje de las tierras del distrito, debido que, la gran parte de su extensión, lo conforma el ANP San Matías San Carlos, administrados por el SERNANP, y a la vez, estos mismos están siendo deforestados por causas antropogénicas (agricultura a pequeña escala y migratoria como cultivos de rocoto, caigua y granadilla, principalmente), ocasionando la disminución de la cobertura de bosques.

Palabras claves: Antropogénicas, deforestación, Geobosques, PlanetScope, SIG.

ABSTRACT

Informal agriculture is a fundamental cause that is replacing the country's natural forests, causing very serious consequences to the environment. The two objectives of this research were: to identify the current land use using PlanetScope satellite images (September 2023), as well as to monitor variations in forest cover for six months from the Geobosques geo portal, Early Alerts sub-module, in the Villa Rica district, for this, the methodology used GIS software such as SAGA, ArcGIS and QGIS, the overall accuracy and Kappa index, for validations field visits were made; The current land use results are: forest 62 373,16 ha (75,86%), secondary vegetation 10 584,47 ha (12,87%), agricultural 8 714,36 ha (10,60%), urbanized area 302,41 ha (0,37%), bare land 134,90 ha (0,16%) and hydrography 112,33 ha (0,14%), and with respect to changes in forest cover: 45,90 ha have been deforested from December 2023 to May 2024. Therefore, it can be concluded that forests occupy the largest percentage of the district's land, due to the fact that a large part of its extension makes up the San Matias San Carlos ANP, administered by SERNANP, and at the same time, these forests are being deforested due to anthropogenic causes (small-scale and migratory agriculture such as rocoto, caigua and granadilla crops, mainly), causing a decrease in forest cover.

Key words: Anthropogenic, deforestation, Geobosques, PlanetScope, GIS.

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación a nivel mundial sigue aumentando a una velocidad preocupante, esto favorece drásticamente a la degradación de la biodiversidad. De acuerdo a los estudios, desde 1990, cerca de 420 millones de hectáreas de nuestros bosques fueron destruidos debido al mal uso de las tierras (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). En la actualidad, los motivos principales de la deforestación en nuestro país son las actividades migratorias y a pequeñas escalas que vienen ocasionando cambios peligrosos en nuestras tierras y donde la agricultura expansiva viene ocasionando pérdidas considerables de los bosques naturales del Perú. Asimismo, la industria agrícola es calificada como una de las operaciones más significativas en la economía, donde incluyen etapas iniciando en la producción hasta la comercialización al consumidor final. Dentro de los eslabones de la cadena, distinguimos tres fases principales entre ellas está la obtención de materia prima, la transformación y la distribución en el mercado, que se encuentran vinculados al ecosistema y medio ambiente, asociando en muchos de los casos con la degradación y deforestación. En todo el mundo, se han aplicado varias estrategias para frenar la deforestación y la degradación de nuestros bosques; a pesar que se vienen logrando grandes progresos, ambos siguen avanzando a una velocidad desconcertante. El distrito Villa Rica no escapa de esta problemática, pues la agricultura (principalmente la caficultura que es el eje principal de la economía de la población) abarca una superficie considerable del territorio, que viene desplazando los bosques naturales; si bien es cierto, las actividades agrícolas mejoran la calidad de vida de la población, también originan conflictos socioambientales, principalmente en la disminución de los recursos forestales.

Según esta problemática, la siguiente pregunta fue presentado en esta investigación: ¿Cuál es el uso actual de las tierras y los cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024, en Villa Rica, Perú?

Los resultados de esta investigación serán muy importantes debido a que servirán de punto de partida para la Zonificación Ecológica Económica, la ejecución de proyectos y actividades enfocados en usar las tierras de manera sostenible, reducir la deforestación y solucionar conflictos socioambientales; para ello se utilizarán imágenes de satélite de alta resolución como las de PlanetScope, clasificándolo mediante inteligencias artificiales como Random Forest, que permiten identificar el uso actual de las tierras de una manera más exacta, con mayor rapidez y menor costo; asimismo, se utilizará la metodología de Alertas tempranas de la plataforma Geobosques para monitorear los bosques evidenciando los cambios causados por la deforestación casi en tiempo real, a lo largo del tiempo.

Siendo escasa la información y necesario conocer el uso actual de las tierras y los cambios que se generan en los bosques del distrito Villa Rica, surge esta investigación, en la cual, se pretende obtener datos geospaciales acerca de los usos de las tierras y los cambios en las áreas boscosas, que puedan ser utilizados por los gobiernos locales, organizaciones tanto públicas como privadas del sector forestal y ambiental.

Para ello, se planteó la siguiente hipótesis “El uso actual de las tierras es mayormente agrícola y la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024 irá disminuyendo a causa de la deforestación, en Villa Rica, Perú”.

Objetivo general

Analizar el uso actual de las tierras y los cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024, en Villa Rica, Perú.

Objetivos específicos

- Identificar el uso actual de las tierras al 2023, a partir de la clasificación de imágenes de satélite en el distrito Villa Rica, Perú.
- Monitorear los cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024 a partir de las alertas tempranas de la plataforma Geobosques en Villa Rica, Perú.

2.1. Marco teórico

2.1.1. Uso actual de las tierras

Richters (1995) describe en su publicación que nuestro planeta, en su integridad, se puede observar similar a una colección que está ligado a componentes biológicos, físicos y socioeconómico. Asimismo, todo el territorio se precisa comparado a una zona de la superficie de la biosfera donde cada uno de los aspectos comprenden caracteres considerablemente invariables así como previsible de manera circular en nuestro planeta, además siendo considerado lo existente en el subsuelo y sobre el suelo, se admite también a los procesos ambientales, la geociencia sustancial, parámetros hidrográficos, superficies de plantas, animal y son considerados también los efectos antropogénicos actuales y antiguas, siempre en cuando los aspectos mencionados puedan traer consecuencias de gran importancia en la actualidad y a lo largo del tiempo respecto a la utilización de nuestras tierras. Respecto a este concepto, la tierra encierra los resultados de cómo fueron utilizados en tiempos remotos por la humanidad y pudiendo ser descrito como el hombre planifica utilizar las tierras, a partir de su entendimiento.

Según mencionan Zorogastúa *et al.* (2011), uno de los métodos para examinar la utilización del territorio y los procesos que ocurren en los bosques, es mediante el trabajo con imágenes obtenidas satelitalmente las cuales están girando alrededor de nuestro planeta. Esta tecnología se viene aplicando para comprender y evaluar distintas superficies de la tierra y sus usos. Según lo requiera el nivel de detalle del estudio o análisis de uso de las tierras, se debe generar respuestas respecto a que técnicas son las más eficientes describiendo y teniendo en cuenta las resoluciones y a lo largo del tiempo. Es necesario el proceso por computador, la cual aligera el trabajo y permite ser más exacto que la interpretación visual.

Consta de identificar, delimitar y representar mediante métodos de cartografía la distribución georreferenciada de las formas de uso productivo en un territorio, en un tiempo determinado (Barco y Diaz, 2012).

2.1.1.1. Factores que intervienen en el uso de las tierras

Vargas (2009) respecto al uso de la tierra, describe que involucra el uso actual de la tierra, agrícola o no, según la ubicación en el suelo; siendo los principales factores:

- **Cultivos:** los cultivos se refieren a las plantas que se instalan por su valor económico; las cuales se pueden describir de forma generalizada o detallada, según la necesidad.

- **Influencia humana:** se trata de alguna evidencia de la actividad humana que posiblemente perturbó el paisaje o las propiedades físicas y químicas de la tierra.

2.1.1.2. Importancia del uso actual de las tierras

Para Barco y Diaz (2012), el mapa de uso actual de las tierras (UAT) provee información útil para tomar decisiones en instituciones públicas o privadas, destinados a efectuar o implementar programas y planes de ordenamiento territorial. Seguidamente, brinda información técnica para los estudios de Zonificación Ecológica y Económica. Adicionalmente, los datos e informaciones de este mapa también pueden ser utilizada para generar el mapa de conflictos de uso; para ello es necesario vincular la geo data de este mapa con el resultado de mapa de aptitud productiva. El estudio de UAT, es una técnica nueva utilizado como apoyo a los estudios de ZEE, establecido de manera obligatoria en el Ordenamiento Territorial del país. La importancia está enfocada en permitir conocer de manera oportuna, mediante un mapa la distribución, las acciones más importantes respecto a las actividades económicas y productivas del ser humano que vienen efectuando en un espacio y tiempo fijo. Bajo este concepto, el UAT ilustra y detalla el estado del uso de las tierras de forma actualizada, brindando datos actuales acerca de la distribución y composición de las importantes actividades económicas humanas.

2.1.1.3. Clasificación del uso de la tierra

Vargas (2009) clasifica el uso actual de las tierras en: agricultura (producción de cultivos), agricultura mixta (agroforestería y agro pastoril), ganadería, forestal, protección de la naturaleza, asentamiento o industria, **área militar, otros usos de la tierra y sin uso ni manejo.**

2.1.1.4. Clasificación bajo el esquema Corine Land Cover

Según Garavito (2017), la finalidad de esta metodología es ejecutar una descripción uniforme de la cobertura que tienen los distintos territorios de acuerdo con el procesamiento y su comprensión utilizando un mosaico de imágenes satelitales a través de un sistema informático (hardware y software) y la obtención de una geo data.

Massone *et al.* (2011) mencionan que CORINE (Coordinación de Información sobre Medio Ambiente) se originó como proyecto de la Unión Europea en el año 1985, siendo la parte “Land Cover” uno de los componentes más trascendentales. Es así que Corine Land Cover (CLC) con la variante del año 2000 para la utilización de tierras, identifica y realiza la clasificación por medio de imágenes satelitales llegando a 5 categorías, instaurando un mínimo de 25 ha para el mapeo; según **como se muestra en la [Tabla 1](#).**

Tabla 1. Clasificación CLC hasta el nivel o categoría 3.

| Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 |
|---------------------------------|--|---|
| | 1.1. Ciudades | 1.1.1. Urbanización continua 1.1.2. Urbanización discontinua |
| 3 1. Áreas artificiales | 1.2. Áreas industrializadas, empresarial y vial 1.3. Áreas para explotación minera, vertederos e infraestructura 3 1.4. Áreas naturales artificializadas, no agrarias | 1.2.1. Industrias y comercios 1.3.1. Áreas de explotación minera 1.4.2. Áreas deportivas y recreativas |
| 2. Áreas agrícolas | 2.1. Terrenos de laboreo 2.2. Labranzas de cultivos perennes 2.3. Áreas de praderas | 2.1.1. Áreas para laboreo en seco 2.1.2. Áreas con riego permanente 2.2.2. Frutales y para bayas 2.3.1. Pastizal y áreas con escasos árboles |
| 3. Bosques, zonas seminaturales | 3.1. Cobertura de bosques 3.2. Matorrales, organización de cubiertas herbáceas 3.3. Áreas con poca cubierta vegetal | 3.1.1. Árboles frondosos 3.2.1. Pastizal originado naturalmente 3.3.2. Suelos rocosos |
| 5. Áreas cubiertas de agua | 5.1. Hidrografía continental | |

2.1.2. Teledetección

Según describen Puerta *et al.* (2011), lo definen como una metodología en la cual permite conseguir datos remotamente no siendo necesario una interacción física; Es decir, datos existentes en la cubierta de la tierra. Si se trata de hacer posible dicha recopilación, se considera primordial que, a pesar que no exista una interacción física, si debe existir una forma de contacto entre el sensor remoto y el objetivo de estudio. Entonces, la forma de contacto será a través de una corriente de radiactividad que llegará al sensor remoto, e iniciando en el objetivo de estudio. La corriente en mención, de acuerdo a su fuente, pueden ser en tres formas: Corriente solar reflejada a través de los elementos de estudio (luz visible e infrarrojo reflejado), corriente de la tierra liberada (infrarrojo térmico), corriente liberada del sensor remoto y

reflejada de los elementos (radar). Basándonos en esta metodología, la primera y la segunda se denomina teledetección pasiva y la tercera teledetección activa.

2.1.2.1. Componentes de la teledetección

La teledetección necesita mínimo, tres elementos para funcionar de manera correcta: un foco de energía, la superficie terrestre y un sensor. Concentrándonos en los sensores remotos, se clasifican según su procedimiento y/o metodología de recibir energía, en sensores activos o pasivos. De acuerdo a la forma de toma de datos, se agrupan en generadores de imágenes o no generadores de imágenes. Los sensores pasivos, según su mecanismo de captura de la energía recibida, se dividen en sensores óptico electromagnéticos, de fotografías, de antena o radiómetros de microondas. El radar es el sensor activo más utilizado actualmente y que opera en la región de las microondas. Asimismo, el sensor Lidar, otro sensor activo, es muy utilizado en el espectro visible e infrarrojo cercano (Chuvienco, 1995).

2.1.2.2. Función principal

La función principal de la teledetección es obtener datos de la tierra y los elementos biofísicos existentes en ella, para la cual se utilizan equipos óptico electromagnéticos y a distancia. Como resultado, se crea un archivo ráster madre de dos dimensiones, siendo el píxel la unidad establecida y que muestra datos de una parte de la superficie del territorio (Cardozo y Da Silva, 2013).

2.1.3. Imágenes obtenidas satelitalmente

Todas las imágenes fueron creadas a través de matrices, cada celda es un píxel, las medidas de píxeles estarán de acuerdo a la calidad de la resolución obtenida por el sensor. La radiación proveniente de los elementos de la tierra es capturada por los sensores y guardados en cada una de las celdas, de acuerdo a lo que se haya planificado en el sensor. La energía capturada se describe en los píxeles por medio de un único valor, a la que también se agrega un matiz, siendo el Nivel Digital (ND) la definición de este valor; además, todos los niveles digitales estarán de acuerdo a la calidad de Resolución Radiométrica; por ejemplo, para una Resolución que tenga 8 bit, los niveles tienen un rango de 0 hasta 255, utilizando las tonalidades de grises el número cero representa al color negro y 255 al blanco. Todos los píxeles están ubicados a través de coordenadas X, Y, Z en las imágenes. Siendo la asignación por medio de coloración, con mayor utilización por los interesados, entre ellas tenemos el convencional falso color con su simbología: R que es Red, G es Green, y B es Blue; en donde se distribuye el azul a la banda del verde, el rojo a la banda del infrarrojo cercano y el verde a la banda del rojo. El resultado de las informaciones obtenidas de estas bandas, son muy importantes y fundamentales en distintas áreas por ejemplo en los recursos forestales, actividades

agropecuarias, la utilización del territorio, las ciencias geológicas, en los recursos de aguas, estudios ambientales, entre otros. (Puerta *et al.* 2011).

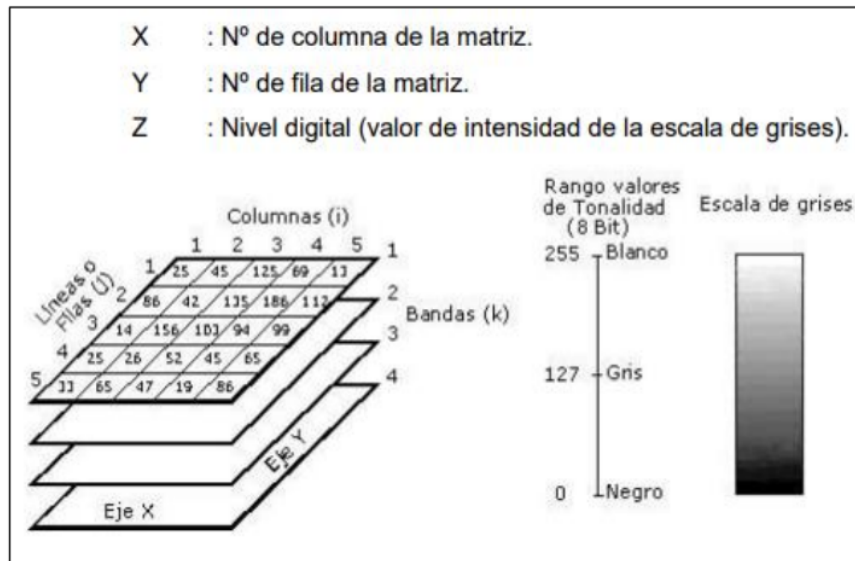


Figura 1. Componentes de una imagen satelital.

2.1.3.1. Formatos ráster

En un modelo formato ráster, se distribuye la zona de interés en una clasificación de píxeles de forma cuadrada de tal manera que queden organizados de una manera precisa. Las celdas adquieren un valor exclusivo, que es equivalente al total del área incluida por la misma; entonces, se llega a la conclusión que el modelo del formato ráster abarca la integridad del ámbito de estudio. Asimismo, una agrupación de celdas, que incluyen sus valores respectivos se describe como capa ráster; donde el ráster corresponde a una forma de ver el planeta detallando con distintos parámetros (variables) o características como la altitud sobre el nivel del mar, clima, pendiente, características del suelo, entre otros; en las que se utilizan datos e informaciones propios de cada ubicación establecidas con un sistema basado en coordenadas, es así que las características se deben representar a través de capas. Adicionalmente, el formato de vectores se refiere a una forma de ver el planeta fundamentada en elementos con limitaciones determinados (Puerta *et al.* 2011).

2.1.3.2. Imágenes PlanetScope

La compañía Planet está impulsada y fundada con la tarea de capturar imágenes de la masa física del planeta todos los días y de esa manera lograr que la transformación mundial sea observable, posible y viable para y por todos. En esta última década con sus clientes, Planet ha revolucionado y transformado la industria de la observación de

nuestro planeta Tierra, democratizando y generalizando el acceso a los datos e informaciones satelitales mucho más allá de los sectores habituales de agricultura y defensa. Asimismo, las empresas, los gobiernos del estado y las instituciones de investigación vienen aprovechando los datos y la plataforma de Planet para escalar y mejorar sus operaciones, incrementar la eficiencia y mitigar o reducir el riesgo, y desarrollar e implementar soluciones interesantes y viables para abordar sus desafíos más indispensables. Estos avances, les ayuda a mantenerse a la vanguardia en contextos mundiales de constantes cambios y, en última instancia, aprovechar todas las oportunidades imprevistas. La ventaja de la plataforma de Planet es que procesa y distribuye un flujo global, casi diario, de datos e informaciones satelitales en los flujos de trabajo de sus clientes y socios, de esta manera les permite crear rápidamente aplicaciones que evolucionan y responden a nuestro mundo que está en constantes cambios (Planet Labs, 2023).

Dentro de ello, la constelación completa PlanetScope de aproximadamente 430+ satélites activos, tiene la capacidad de capturar imágenes de casi toda la superficie terrestre de nuestro planeta de manera diaria (equivalente a una capacidad de recolección de 350 millones de km²/día). Además, la constelación está permanentemente "encendida" y no necesita pedidos de compra ni planificación de adquisiciones. Las imágenes PlanetScope son capturadas similar a una franja continua de imágenes de un solo cuadro llamadas "escenas". Estas escenas provienen de múltiples generaciones de satélites PlanetScope. La generación anterior PlanetScope alcanzó un solo marco RGB (rojo, verde, azul) o un marco dividido con una mitad RGB y una mitad NIR (infrarrojo cercano), de acuerdo de la capacidad del satélite. En cambio, la nueva generación de satélites PlanetScope (PS2.SD denominado Dove-R y PSB.SD denominado SuperDove) alcanzan imágenes con un marco multibanda, es decir, con bandas divididas entre RGBNIR (Dove-R) o RGBNIR, borde rojo, I verde, amarillo y azul costero (SuperDove). Adicionalmente, los satélites SuperDove se lanzaron a inicios del año 2020 y empezando a capturar imágenes satelitales a mediados de marzo del mismo año. Posterior a ello, los satélites PSB.SD PlanetScope alcanzaron un ritmo casi diario en agosto del año 2021. Asimismo, a partir del 29 de abril de 2022, todas las imágenes nuevas de la constelación PlanetScope ya tienen 8 bandas y son de SuperDoves. Es así que las imágenes PlanetScope de 8 bandas se pueden adquirir usando todas las plataformas, integraciones y API de Planet. El tipo de elemento es PSScene. La compañía Planet brinda tres líneas de productos para las imágenes satelitales PlanetScope: un producto de escena básica, uno de escena orto y otro de orto mosaico; el de escena básica es un producto de radiación superior de la atmósfera escalado (en el sensor) y corregido por el sensor, y está diseñado para usuarios y clientes con capacidades avanzadas de procesamiento de imágenes y corrección

geométrica, en esta línea el producto no está ortorrectificado ni tampoco corregido por distorsiones del terreno. Todas las escenas orto representan capturas de imágenes satelitales de un solo cuadro obtenidas por un satélite PlanetScope con un posprocesamiento adicional aplicado. Los productos Ortho Scene están disponibles en reflectancia de superficie y radiancia analítica (corregida en la parte superior de la atmósfera) en 4 y 8 bandas, así como el producto visual de 3 bandas. Los Ortho Tiles son múltiples escenas ortorrectificado en una sola franja que fueron fusionados y luego divididos de acuerdo a una cuadrícula definida. Planet brinda una herramienta de “armonización” en todas las plataformas Planet con el fin de realizar una transformación aproximada rigurosa de las mediciones de reflectancia de superficie de los satélites PlanetScope del instrumento Dove-C (PS2) a los equivalentes de reflectancia de superficie de los satélites PlanetScope del instrumento Dove-R y SuperDove. Esto se hace utilizando Sentinel-2 como sensor de objetivo. Es necesario leer los detalles técnicos de la normalización de datos en Normalización y armonización a nivel de escena de imágenes de Planet Dove. En el proceso de armonización solo se deben aplicar a bandas con un equivalente PS2 (específicamente azul, verde, rojo e infrarrojo cercano) y únicamente para valores de reflectancia de superficie (European Space Agency [ESA], 2023).

2.1.3.3. Clasificación de imágenes satelitales

Podemos definir como una estrategia de adquirir conocimiento, como una forma de almacenar y reunir prácticas en las alteraciones de una estructura; sin embargo, no se refiere en determinar una respuesta o la toma de disposiciones. Entonces, en una clasificación o categorización se enfoca en la organización de elementos como un grupo en distintas categorías por medio de la utilización de técnicas o métodos de inteligencias artificiales o estadísticas, primordialmente en conjuntos de objetos del tipo digital. Por una parte, está una clasificación de imagen no supervisada, que se define como una forma de congregar los pixeles que contienen similares valores, por lo tanto, estas congregaciones son denominadas categorías espectrales, donde cada categoría se refiere a una clase de cubierta o uso. Todas las técnicas utilizadas en llevar a cabo este proceso de categorización son una forma de organización (clustering), no obstante, en la actualidad se viene trabajando con las técnicas neuronales (Arango *et al.* 2005).

Por otra parte, una clasificación de imagen supervisada necesita tener información parcialmente del ámbito de estudio y de las formas de usos de la misma, por medio de la interacción de recopilación de datos en campo, procesamiento y evaluación de fotografías satelitales, generación de cartografías, reportes validados y repositorios internacionales y locales. De acuerdo a los descrito, se deben establecer y generar áreas de

entrenamiento, estas áreas servirán para entrenar al algoritmo que se utilizará, estimando las variables estadísticas de acuerdo a los entrenamientos y analizando los ND de la imagen, asignando una categoría o clase (Becerra, 2021).

2.1.3.4. El Algoritmo Random Forest

El presente algoritmo fue ideado y establecido por Breiman, la cual, se trata de Árboles de decisión debidamente mezclados que va de acuerdo y dependen de un vector establecido al azar comprobado de forma independiente. Asimismo, Random Forest permite crear de forma repetida árboles con pruebas aleatorios respecto al área que entrenamos, y para la etapa de clasificar, las categorías pronosticadas con mayor repetición son considerados como resultado concluyente. Esta técnica es continuamente usado para analizar los usos de la tierra clasificándolo, puesto que presenta un óptimo desempeño tanto en la parte de procesos y en la exactitud de sus resultados respecto a los espacios geográficos diversificados; el algoritmo tiene la capacidad de trabajar de manera eficiente utilizando grandes conjuntos de datos y a la vez, trabaja mediante una técnica fácil de entender pudiendo usar diversas variables, determinando la necesidad de cada una ellas para procesar de manera precisa (Perry, 2017).

2.1.3.5. Índice de Kappa

De acuerdo a la descripción de Manterola *et al.* (2018), es un cómputo estrechamente sólido que se utiliza en la evaluación de la credibilidad entre y dentro del espectador. Además, es una manera de factor de asociación o relación, las cuales el factor tiene un rango de valores iniciando en -1 y pudiendo ser hasta $+1$, cuando el valor es 1 se refiere a que se tuvo una coincidencia a la perfección entre los dos evaluadores, cuando se tenga un valor 0 se trata sobre el acuerdo que se puede anticipar de forma aleatoriamente. Además, a nivel estadístico matemático, existe la probabilidad de tener como resultado acerca del índice de Kappa (K) números menores a 0 sin embargo, la probabilidad en campo es muy baja. Asimismo, cuando K es igual a 0 expresa que las coincidencias evaluadas son exactamente la que se pronostica debido a la aleatoriedad.

Utilizando el procesamiento de las imágenes satelitales en conjunto con el muestreo, es posible elaborar una matriz, la cual recibe el nombre de “matriz de confusión”, en donde se evidencia problemas entre las imágenes procesadas y el campo. La exactitud Kappa es posible realizar desde las clasificaciones secundarias (Chuvieco, 1996).

2.1.4. Sistemas de información geográfica

Olaya (2014) refiere acerca de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo define como un instrumento que une componentes mediante la cual, trata de alcanzar las capacidades necesarias y requeridas con el fin de llevar a cabo el trabajo con características

que tengan una ubicación georreferenciada; se incorporan diversas funcionalidades para su respectivo desarrollo. Fundamentalmente, se puede mencionar las funciones y operatividad de un SIG: observación de información, acumulación de datos, composición y, usualmente en la administración e interpretación de informaciones con localizaciones; además, permite realizar evaluaciones, pudiendo generar respuestas simples hasta la resolución de problemas complejos; adicionalmente, pueden desarrollarse tanto sobre los componentes espaciales de los datos (la localización de todos los valores y elementos) como sobre los componentes temáticos (el valor o el elemento, propiamente dicha); por último, un SIG nos permite la producción de respuestas a través de la cartografía, reportes técnicos, ilustraciones, entre otros, las cuales nos permite tomar mejores decisiones referente a un tema en específico.

2.1.4.1. Software ArcGIS

Considerado un proyecto de Sistema de Información Geográfica producido y comercializado a través de ESRI, la cual reúne diversos subproyectos con el fin de realizar la obtención de datos, reproducción, evaluaciones, modelos, divulgación e impresión de datos cartográficos, entre ellas tenemos: ArcGIS de escritorio con varias aplicaciones que lo conforman, siendo en la actualidad, uno de los softwares con mayor demanda, se incluyen el ArcMap, ArcCatalog, ArcToolBox y entre otros en sus últimas modificaciones, aparte de ello incluyen complementos para un mejor procesamiento. El software ArcGIS viene siendo comercializado a través de tipos de licencias, distinguiéndose por su capacidad y precio en el mercado, a elección del usuario según el trabajo y proceso que desea realizar. Es así que, ArcMap es el software que mayor demanda tiene dentro de los SIG y es producido por ESRI (Cigarroa, 2015).

Además, según menciona Altaba y García (2021), este software es licenciado, la cual se refiere que no es libre y tiene un costo. Asimismo, los principales subproyectos para usuarios relacionados al SIG, de acuerdo al objetivo que requieran alcanzar, son ArcMap y ArcGIS Pro, donde cada una de estas aplicaciones cuentan con características propias para elaborar estudios sencillos, así como los más complejos a nivel global.

2.1.4.2. Software Sistema de Análisis Geocientíficos Automatizados

Conrad *et al.* (2015) menciona que el Sistema de Análisis Geocientíficos Automatizados (SAGA) es un software considerado dentro de los SIG, cuenta con código libre, es decir sin costo alguno, con Licencia Pública General (GNU). A partir de su primer lanzamiento en el año 2004, el software SAGA viene evolucionando de forma rápida desde un instrumento especializado permitiendo llevar a cabo la evaluación digital de territorios hasta una plataforma SIG integral y globalmente desarrollada y establecida para la realización

de análisis y modelado científico. Además, SAGA está codificado en C++ en un diseño encaminado a objetos y, actualmente pueden ser ejecutados en varios sistemas operativos, donde se incluye Windows y Linux. Por otra parte, las características funcionales, que son la clave de la arquitectura de software modular comprenden: primero, una interfaz de programación de distintas aplicaciones para desarrollar e implementar nuevos y mejores métodos geocientíficos; segundo, una interfaz gráfica para el usuario, sencillo de usar y con varias opciones de visualización; tercero, cuenta con un intérprete de línea de comandos e interfaces para lenguajes interpretados como los softwares R y Python. Adicionalmente, destacamos y reconocemos el amplio espectro de aplicaciones científicas de SAGA en una revisión de muchos estudios publicados, con especial énfasis en las áreas de aplicación primordiales como: análisis digital del terreno, geomorfología, ciencia del suelo, climatología y meteorología, así como teledetección, entre otros.

2.1.4.3. Software QGIS

En su publicación, Altaba y García (2021) menciona que en sus primeros años fue denominado Quantum GIS; además lo describe como uno de las herramientas de un SIG con código o licencia libre, para todas las aplicaciones, sin ningún costo, gracias a la GNU de la OSGeo que brinda esta licencia de manera gratuita. Este software es compatible y puede ser utilizado en los sistemas operativos Windows, Mac OSX, entre otros y en celulares Android y su potencial se basa en soportar una variedad de formatos y capacidades con informaciones tipo ráster para imágenes, vectores y datos base. Además, dentro de las principales peculiaridades es que resiste para procesamientos utilizando los complementos de PostgreSQL así como también PostGIS, creación, edición y formato de datos tipo vectores como Shp, Arc y MapInfo coverages, el complemento DXF, la extensión GRASS GIS, entre otros, así como también la producción, reproducción de datos ráster como en GRASS GIS, el complemento Geo TIFF, TIFF y JPG, entre otros. Por último, las versiones de QGIS y algunos elementos vinculados a ellas, se actualizan varias veces al año, siendo estas modificaciones mínimas que hacen que el software vaya creciendo; las actualizaciones no es necesario realizarlo cada corto tiempo, sin embargo, conviene hacerlo por lo menos al año, una sola vez.

2.1.4.4. Aplicativo QField

QField es una aplicación del software QGIS, la cual permite implementar los propios proyectos trabajados en QGIS, editando sus datos espaciales, así como los alfanuméricos, de esta manera permite trabajar con base de datos espaciales como PostGIS o GeoPackage y utilizar servicios web estándar. También cuenta con una aplicación versión BETA, denominado QField Cloud, que permite sincronizar los datos capturados desde

cualquier dispositivo móvil al proyecto QGIS, de manera sencilla, rápida y directamente desde la nube, esto permite digitalizar los datos en menor tiempo y mejorar la eficiencia de trabajos en campo. Asimismo, esta aplicación brinda la posibilidad de sincronizar cada uno de los datos de forma online y offline, debido a ello se hace fácil la labor en zonas en las que la cobertura es mínima. Una vez creado el proyecto y realizar la conexión y sincronización de este, dentro del aplicativo QField se pueden visualizar todos los datos e informaciones a diferentes escalas, también es posible editarlos, geolocalizar el dispositivo, buscar por topónimo, herramientas de medida y mostrar configuraciones propias del posicionamiento, mostrar las coordenadas, entre otros. Por lo tanto, para poder utilizar ambas versiones se tiene que descargar al dispositivo móvil la aplicación QField y en el software deberá estar instalado el complemento QFieldSync. Para la sincronización QField Offline con el proyecto, es necesario utilizar una conexión por cable entre el dispositivo móvil y el ordenador; en cambio, para una sincronización QField Online, cada edición o cambio puede ser sincronizado de manera automática, para la cual también se permite seleccionar que archivos se desea actualizar (Baello, 2022).

2.1.5. Deforestación

Para Smith y Schwartz (2015), es considerado como la alteración de la flora silvestre a otra forma de utilización del territorio, también lo definen como disminución alarmante de la flora a través del tiempo. En estos se incluyen las transformaciones de áreas boscosas para instalación de árboles comerciales, ganadería y pastizales, actividades agropecuarias, infraestructuras hidrográficas, así como zonas urbanizadas; sin embargo, no se incluye a las extensiones de tala de áreas boscosas con el fin de ser manejado para ser regenerado de manera natural o con la ayuda del hombre mediante buenas medidas de silvicultura.

Asimismo, de acuerdo al Reglamento de la Ley 29763, describe como la destrucción de vegetación Arborea boscosa causados por el ser humano o producidos naturalmente; por otro lado, el reglamento se refiere a la alteración en la utilización del territorio como la metodología que consiste en localizar y señalar, de acuerdo a requisitos ambientales establecidos, zonas de bosques de acuerdo al CUM con el objetivo de implementar siembras agrícolas anuales, perennes o ganaderías, de esta manera ejecutar actividades antropogénicas. El reglamento también identifica a los pequeños agricultores (propietarios que tienen pequeñas extensiones de terreno) principalmente como los causantes de la deforestación, debido a que practican, en su mayoría, una actividad agropecuaria tradicional y expansiva, teniendo una rentabilidad y utilidad muy baja. Si bien, casi todas las deforestaciones por agricultores pequeños son realizadas para actividades con el fin de producir alimentos, finalmente pueden

llegar a ser pastizales, producción de alimentos perennes o vegetaciones secundarias (Reátegui y Arce, 2016).

2.1.5.1. Factores que intervienen en la deforestación

De acuerdo a lo que describe Guevara *et al.* (2004), las causas de la deforestación están en constantes cambios a lo largo del tiempo y de las regiones. Es por ello que la destrucción de los bosques y el desinterés de estas zonas se iniciaron con las formas de trabajo de cultivos de nuestros antepasados (como la tumba y quema), posteriormente se originó el denominado cultivos no asociados (en macizo) de especies no nativas, los pastizales para ganadería en grandes extensiones y la introducción de nuevas tecnologías para cultivos a gran escala. Con un enfoque de la organización paisajística, el deforestar está íntimamente vinculado con la degradación de nuestra vegetación y hábitat natural, que gradualmente cambiaron en una forma de utilización discriminada sin realizar el barbecho, que es indiferente a la división de nuestros bosques naturales. Actualmente las principales causas están enfocadas en la tala discriminada de árboles, la inauguración de nuevas áreas para la instalación de cultivos y granjas, grandes desarrollos de infraestructuras urbanizadas, por ejemplo la apertura de las redes viales, infraestructuras de presas, aprovechamiento del petróleo y de minerales, construcción de viviendas, como también las causas naturales donde predominan las quemadas naturales de bosques, los constantes huaycos, movimientos de grandes volúmenes del suelo, principalmente.

2.1.5.2. Impactos ambientales de la deforestación

La escasez de bosques trae como consecuencia la destrucción y pérdida de lugares de vida de infinidad de seres vivos debido a que, a través de los estudios realizados un 70% de la flora y fauna se desarrollan en las zonas boscosas, lo que contribuye a nuestro clima cambiante; asimismo, las tierras características húmedas, sin la protección, ni cobertura arbórea tienden a secarse muy velozmente. Al mismo tiempo, existe una pérdida referente a la alimentación segura, debido a la escasez de los productos alimenticios en cantidad y diversidad, sumado a ello está el alza de los precios para su obtención, y/o se necesitan adquirirlos desde áreas más alejadas, originándose desnutrición y en ciertos casos, hambrunas extensivas. Por otro lado, si la tierra se encuentra sin cobertura boscosa, las precipitaciones provocan infertilidad de las tierras, eliminando la escasa cubierta existente, liberando conflictos socioambientales. Además de eso, se origina una atmósfera contaminada, debido a que las plantas en su conjunto no purifican adecuadamente el oxígeno, esto lleva al origen de enfermedades respiratorias principalmente (García, 2016).

2.1.6. Monitoreo de bosques

De acuerdo a como menciona García (2012), los bosques vienen siendo muy trascendentales para la vida del ser humano por la cantidad de múltiples servicios que proporcionan, entre ellas tenemos: actúan como sumideros de CO₂ desde el ambiente, mantienen el clima en condiciones favorables, regulan todo el proceso hídrico purificándolo, reducción de peligros y desastres no antropogénicas; al mismo tiempo son utilizados como por diversos y muchos seres vivos como sus sitios de vida (estadísticamente la zonas boscosas contienen por lo menos el 90% de la biodiversidad terrestre). Adicionalmente podemos mencionar los innumerables productos que es posible aprovechar de los bosques, entre las cuales tenemos a los alimentos frutícolas, obtención indirecta del papel, aprovechamiento de la madera de ciertas especies, materia prima para medicamentos y productos de belleza, así como áreas de esparcimiento. No obstante, las áreas boscosas mundialmente hablando, están desapareciendo apresuradamente. Siendo uno de los problemas fundamentales la modificación en la utilización de la tierra, la cual no quiere decir que es la consecuencia de la designación adecuada de capitales. Además, todos los productos suministrados por esta biósfera vienen siendo degradados día tras día o siendo utilizados de forma no sostenible, de manera indiscriminada, a esto se incluye las que están vinculados al recurso hídricos, actividades de pesca, filtración del oxígeno, el mantenimiento climático, microclimas territoriales y la mitigación de numerosas amenazas de la naturaleza. Debido a ello, el precio por la pérdida y la desvalorización de nuestros bosques considerando sus bienes y servicios como biósfera, siendo complejo el cálculo, vienen siendo de una dimensión muy enorme. Hoy en día, muchos ambientes biofísicos están degradados debido a las acciones realizados por el hombre para obtener otros beneficios necesarios, como de productos alimenticios.

El monitoreo de bosques, es considerado como un asunto completo en la cual contienen etapas tales como la colección de datos, evaluación de hallazgos y publicación metódica de las diversas informaciones conexas al estudio de la cobertura arbórea, y la deducción de las informaciones y distintos conocimientos en tiempos constantes, de esta manera permite el monitoreo de los cambios que ocurren en el bosque de forma temporal. El monitoreo está enfocado en informaciones de toda el área del país referente a la cobertura arbórea, es decir, relacionado a su estado situacional, valorización de los bienes y servicios, así como de sus beneficios que brindan. A ello, los datos recopilados fundamentan las acciones tomadas en la administración de las áreas tanto para el país como a nivel mundial, facilitando datos respaldados, de manera acertadas y en el momento adecuado (Kleinn y Scott, 2017).

2.1.7. Principales plataformas de monitoreo de bosques

2.1.7.1. Geobosques

En el portal web de Geobosques, se menciona que es una de las plataformas de monitoreo de la tierra con relación a su cobertura cambiante temporalmente, generando datos que pueden ser utilizados por varios interesados en el estudio de los bosques; estos datos se divulgan a través de reportes técnicos y geo servidores, principalmente. Esta plataforma se encuentra dentro de la organización del MINAM y SERFOR; asimismo, se contempla el Decreto Legislativo N° 1220 aprobado en el año 2015. La plataforma contiene cinco submódulos:

- **Deforestación:** su finalidad, es crear datos geolocalizados de la existencia de todas las áreas boscosas residuales, además de la merma de los árboles que cubren la tierra de nuestro país en un periodo de tiempo de un año. Es así que la información de esta sección es la base de la producción de todas las informaciones de las siguientes secciones, de esta manera permite conservar una adecuada precisión de todos los datos producidos.
- **Alertas Tempranas:** de este submódulo, su objetivo es producir alertas geolocalizadas, mostrando alteraciones de áreas boscosas en tiempo casi real, posteriormente de sucedido el incidente, la cual permite analizar, comprender y observar el proceso que ocurre al deforestar, así como sus motivos en sus inicios, además es utilizado en la implementación de las actividades de mitigación y hasta llegar a controlar la tala indiscriminada, esto apoya a las distintas instituciones públicas y también a las privadas interesados en la conservación.
- **Degradación:** su objetivo es producir informaciones geolocalizados de manera periódica acerca de la destrucción de la cobertura arbórea, fundamentados en los sucesos precisos que modifican el equilibrio de la biósfera antes de llegar a la pérdida de áreas boscosas y a la vez son vinculadas principalmente, a una explotación indiscriminada de los árboles.
- **Cambios y usos de la tierras:** su finalidad es generar informaciones geolocalizadas de forma periódica dentro de un mínimo de dos años, que hace factible señalar como la utilización de las tierras van cambiando en relación a las áreas boscosas, por medio las observación y análisis de las superficies que fueron afectadas por las deforestaciones en los meses anteriores, a su vez

clasificando las causas más importantes de esta deforestación; además, este submódulo contribuye con brindar y generar datos respaldados de la división utilización de los suelos, sus cambios de manera temporal y cultivo de bosques en los Inventarios Nacionales de los GEI, que están siendo utilizados por los distintos sectores gubernamentales ligados a la gestión de estos recursos.

- **Niveles de referencia:** tiene por finalidad, combinar todos los datos anteriores fundamentalmente relacionado a las deforestaciones, destrucción puntual, uso de las tierras con sus cambios, existencias de CO2 con sus componentes emitidos y los gases atmosféricos, de esta manera se puede calcular el desempeño y trabajo una nación, concerniente al desempeño de las responsabilidades y acuerdos respecto a cambio climático.

2.1.7.2. Global Forest Watch

La plataforma Global Forest Watch (GFW) fue establecido en el año 1997 dentro de la Iniciativa de Fronteras Forestales. Ésta se inició a modo de una red de ONG la cual generan informes debidamente actualizados acerca de la situación de los bosques provenientes de cinco países de prueba, entre ellos tenemos a: Camerún, Canadá, Gabón e Indonesia. Además, como resultante de la colaboración con las importantes empresas financieras y de materias primas, en el año 2019 se creó GFW Pro, con el objetivo de colaborar a las entidades a buscar la manera de controlar el riesgo de deforestación en las diferentes etapas de sus cadenas de suministro (World Resources Institute's, 2023).

De acuerdo al portal Global Forest Watch, la plataforma ofrece una diversidad de datos, tecnología y herramientas a la vanguardia que equipan y empoderan tanto a organizaciones como a personas en todas partes del mundo para proteger mejor a nuestros bosques. Además, es un geo portal “online” que brinda informaciones e instrumentos de manera eficiente para el estudio de las áreas boscosas a nivel global. A través de la explotación adecuada de una metodología avanzada, GFW admite que diversos usuarios obtengan datos y análisis en periodos cortos de tiempo acerca de la ubicación y cómo los bosques vienen cambiando a lo largo del tiempo en todo el mundo. Asimismo, muchísimos usuarios ubicados en todo el planeta vienen utilizando diariamente la plataforma GFW con el objeto de alertar y gestionar los bosques, interrumpir la deforestación ilegal y los incendios naturales o provocados, evidenciar denunciando acciones insostenibles, salvaguardar sus terrenos y recursos, abastecerse de materias primas de una forma sostenible, así como realizar investigaciones en beneficio de la conservación.

2.1.8. Distrito Villa Rica

En el distrito Villa Rica, alrededor del 90% de la población se dedica principalmente al manejo agrícola de cafetales y comercios afines a este producto. De manera secundaria, a cultivos como el plátano, rocoto, caigua, el maíz, frijol, piña, la granadilla, los cítricos, entre otros de pan llevar. Existe cierta población que se dedican a la ganadería dentro de las microcuencas del distrito, en los sectores como San Juan de Cacazú y Bocaz principalmente. Además, se puede observar a los servicios del ecosistema tales como el ACM el humedal Oconal y área con cobertura natural achaparrado Tshollet, que están bajo la administración de la municipalidad del distrito; en las cuales se cuenta con una gran biodiversidad silvestre. En la vegetación se evidencia las de uso medicinal y frutas alimenticios, variedades y numerosas especies con uso ornamental y bastantes especies de árboles de aprovechamiento. En animales se observa a los zamaños, armadillos, tigrillos, el oso llamado de anteojos, diversidad de serpientes y aves como tucanes, gallito de las rocas, chihuacos en los cafetales, patos salvajes en áreas naturales, garzas en la laguna, gavilanes enormes, loros coloridos, también peces en las quebradas y la laguna, caracoles en cafetales abandonados o purmas, mariposas de distintos colores y una gran diversidad de insectos, entre otros (Ponce, 2008).

Poblacionalmente, Villa Rica alberga a 22 372 habitantes, estos datos según cifras de la Caracterización del territorio de Villa Rica, siendo el documento utilizado de base para llevar a cabo la actualización del Plan de Desarrollo Local. Además, se menciona que, del total de 89 604,00 ha que conforman el distrito, una superficie de 55 905,72 ha están destinadas a la agricultura, la cual representa el 62,37% del total. En estas hectáreas se viene cultivando, mayormente el café. De acuerdo a las cifras oficiales brindadas por el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), a partir del año 2012 se evidencia que en nuestro Perú un promedio de 220 000 familias se dedica principalmente al cultivo del café, para la cual se cuenta con más de 425 400 ha de terreno, siendo el 91% ubicados en territorios de Junín, San Martín, Cajamarca, Cuzco, Amazonas, Huánuco y Pasco (Lozano, 2018).

Según la Cooperativa Agroindustrial Villa Rica Golden Coffe, el distrito cuenta con 7 800,71 hectáreas de plantaciones de café que superan los 120 000 quintales de producción a nivel distrital. Cerca del 80% provienen de productores que no superan las 10 ha de cafetal. En el distrito se alberga 16 931 habitantes, de las cuales el 90% tienen un vínculo ya sea directa o indirectamente con la comercialización y producción del café. Las fincas cafetaleras se localizan en promedio dentro de un rango de 1 000 hasta los 1 800 msnm, debido a ello Villa Rica comercializa y exporta cafés de alta calidad, al mismo tiempo conservan la

biodiversidad instalando arboles asociados al cultivo que brindan diversos servicios como la protección de las tierras, el recurso hídrico y los animales silvestres.

2.2. Estado de arte

Como menciona Chuquizuta *et al.* (2016) en una investigación acerca de la utilización de la tierra en cinco sistemas y el almacén del carbono, en relación al uso actual de las tierras, identificó que en Perú y el departamento San Martín, el cambio de uso de tierra, principalmente por la agricultura tradicional migratoria, acarrea consigo la deforestación y la quema de bosque naturales, siendo ambas consecuencias enormes colaboradores de la emisión de anhídrido carbónico y distintos GEI, las cuales son responsables de un 20 a 25% de las emisiones anuales globales de CO₂.

En su investigación sobre cómo es que cambian las tierras al usarlos en relación a los propietarios en la subcuenca de la amazonia de nuestro país, Chavarri (1998) identificó en esta subcuenca como un área similar a casi todos los espacios acuáticos, en las que la tala indiscriminada está logrando cambios alarmantes. Asimismo, indicó que se percibe una progresiva influencia de la población en esta región y que siempre están buscando una mejor calidad en sus vidas familiares, desgraciadamente conlleva a usar las tierras insosteniblemente y su vez aumentan la destrucción la tierra como recurso y la eliminación de nuestra diversidad biológica. Entonces, el primer paso para buscar alternativas de solución a este proceso de deforestación es identificar las características de las tierras relacionado al uso como un conjunto por parte de la población amazónica y vienen desarrollando en la selva peruana, de esta manera poder determinar y describir los impulsos fundamentales que conlleva a este alarmante actuar. Por medio del proyecto Alternativas de mitigación a la Tala de árboles y Quema de vegetación, se llevaron a cabo las prácticas sobre la descripción de características dentro del territorio de Pucallpa y la jurisdicción de Yurimaguas. Nuestra región Amazónica tiene una extensa superficie que se inicia desde una región de los Andes, según investigaciones tiene más de 75 millones de hectáreas, y poseen una CUM variada. Por ejemplo, cerca del 61,35% son adecuados para forestales como plantaciones, 7,55% son adecuados para pastizales y alrededor de 6,09% del territorio son adecuados para actividades agrarias. Nuestra amazonia es conocida e identificada como “Selva”, dentro de ella se identificaron a la Selva de altura (que representa el 11,6%) y la Selva baja (que representa el 88,4%). Es necesario señalar que la tala indiscriminada viene siendo un problema muy grave en la actualidad alcanzándose a obtener bosques destruidos en nuestra selva alrededor de 8 millones de hectáreas, agrupándose heterogéneamente y ubicándose en toda la superficie de nuestra amazonia. Según datos, en el año 1994 cercano a la red vial nacional Pucallpa – Lima, se deforestó 345,931 ha, de ese tramo

representa el 20% y a nivel de la selva representa el 4,3% del total. En esta región, los propietarios les dan diferentes usos a sus tierras, las que se resumen en cinco fundamentalmente: áreas boscosas naturales (que en su mayoría bosques remanentes), vegetación secundaria (comúnmente llamados terrenos de descanso), pastizales para ganadería, también están las instalaciones agrícolas que tienen una duración perenne y las que duran en promedio un año. En las zonas alcanzadas en la investigación, se identificó que productores de la zona podrían estar divididos en varios tipos, que va a depender de la actividad principal que realizan. En cada uno ellos, los cambios ocurridos en las tierras cuando lo usan fueron distintos. Por ejemplo, existen productores en terrazas de altura que realizan la tala y luego queman, otros en áreas de riberas, existe también los que se dedican a la ganadería y producción de palmas aceiteras.

Smith y Schwartz (2015) en una investigación sobre la eliminación de la masa forestal peruano, concluyó que el país está ubicado en el lugar 10 a nivel global con mayor superficie de bosques. Es decir, se tiene cerca de 260 000 millas cuadradas de superficie con cobertura arbórea. Debido a ello, nuestro país tiene por encima de 330 000 habitantes estrechamente beneficiados por la masa forestal para una debida calidad de vida y otros más habitantes que son beneficiados por los múltiples servicios del ecosistema suministrados por los bosques. Es muy importante mencionar que, en nuestra selva nacional, la agricultura expansiva es el motivo fundamental de la destrucción de las áreas boscosas, así como las explotaciones mineras, infraestructuras de las redes viales. Asimismo, la destrucción del área forestal de la selva es ocasionada especialmente por la extracción indiscriminada. Es así que unos 2 849 km² de área forestal son destruidos cada año, cerca del 80% de ellos de forma informal o ilegal. Como consecuencia, esta merma boscosa, además de eliminar nuestros recursos naturales y la extraordinaria variedad de animales silvestres, esta pérdida también quien causa una considerable cantidad de liberaciones de los GEI a nivel nacional. Tanto la perdida como la destrucción de la masa forestal son la que aumentan la concentración del dióxido de carbono en todo el planeta.

Estefanía *et al.* (2022) en su investigación sobre el uso de la tierra y la forma de como ocurren los cambios a través del tiempo ejecutado en la subcuenca Chillayacu, describió en sus resultados que las tierras cambiaron en un 24,04% y las modificaciones con mayor aumento fue área boscosa a uso agrícola con un 18,56% de cambio. Así, en el 2030, las superficies para cultivos agrarias aumentarán a 1 330,47 hectáreas. No obstante, la masa forestal muestra una mengua de 1 368,94 hectáreas. Entonces, es necesario que las entidades responsables adopten técnicas que estén a la vanguardia y una adecuada administración de nuestros territorios y su ordenamiento que los recursos sean utilizados eficientemente.

Zamora (2020) en una investigación en la concesión con el fin de conservar las áreas boscosas de Angaiza y parte oeste de la ZoCRE Juninguillo Yanayacu en relación a la estimación de cantidad de la pérdida de la masa forestal, mencionó que la técnica utilizada radicó en identificar, realizar el procesamiento de las informaciones e interpretar la pérdida de la masa forestal a partir de la plataforma Geobosques, siendo cuatro años el tiempo de evaluación, para ello se utilizó los satélites Landsat 8 y sus imágenes con una resolución considerable. Asimismo, describe que desde el año 2014 hasta el 2017 dio como resultado 43,45 hectáreas bosques talados, y una tasa de 0,18% la que equivale a 14,48 hectáreas anualmente. El autor también menciona que esta tala de árboles fue causada especialmente el aumento de áreas para cultivos agropecuarias, entre ellas tenemos a las instalaciones de cafetales, aumento de la demanda de plátano, así como de pan llevar (yuca), principalmente. La parte oeste de esta zona de investigación, desde el año 2014 hasta el 2017, tuvo una pérdida forestal de 109,58 hectáreas, y una tasa equivalente a 0,40% reflejado en 36,53 hectáreas anuales. Adicionalmente, describió que eliminación forestal fueron originados por causas antropogénicas, entre ellas están las granjas de distintos tipos de ganados, expansión de terrenos de manera informal y tierras para las fincas cafetaleras, instalación de bananos, pan llevar (yuca y maíz). Por último, en la parte oeste de ámbito de investigación, con una superficie de 9 072,15 hectáreas mantiene una mayor pérdida forestal que la concesión Bosques de Angaiza que tiene una superficie de 8 031,98 ha.

De acuerdo a la investigación de Espinoza (2023), sobre la ⁷ **evolución y estimación del uso actual de la tierra y la calidad de la cubierta vegetal en el distrito Villa Rica**, afirma que las superficies de cada clase del uso de las tierras identificadas, según las categorías de la Unión Geográfica Internacional, durante el periodo 1990 – 2022 fueron en promedio de 67 744,03 ha para “bosque”, 6 254,44 ha para “árboles y otros cultivos perennes”, 2 807 ha para “asentamientos y tierras no agrícolas asociadas”, y de 5 386,10 ha para “tierras improductivas”. El área de estudio experimentó variaciones promedio mayores al 5% en todas las categorías, con un promedio mínimo de -10,51 % (promedio 2000 – 2010), a un promedio máximo de 49,78 % (promedio 2000 – 2022).

En su investigación sobre la evaluación técnico y económica del cardamomo con fines de producción establecido con sombras de especies forestales en el distrito Villa Rica, Egg (2011) menciona que la economía del distrito Villa Rica gira entorno al café, que es la actividad principal y mayoritaria de la población. Para llevar a cabo el cultivo del cafeto, se utilizan diferentes métodos agroforestales, siendo casi en su totalidad, café asociado al pacaé.

Sin embargo, también existen pocas cantidades de cafetales bajo especies forestales, entre ellas están los pinos y eucaliptos, principalmente

Según el análisis de la plataforma Geobosques respecto al monitoreo de los bosques en el distrito Villa Rica, reportó áreas deforestadas para el año 2017 (212,85 ha), 2018 (110,52 ha), 2019 (329,85 ha), 2020 (312,66 ha), 2021 (119,34 ha), 2022 (225,81 ha), 2023 (176,76 ha) y hasta junio del 2024 (45,54 ha); siendo en los meses de julio a octubre donde hubo mayores áreas deforestadas. Asimismo, la plataforma describe que el distrito Villa Rica en el año 2001 tuvo una superficie de 62 850 ha de bosque, sin embargo, al 2022 disminuyó a 58 474 ha, con una pérdida de 4 556 ha de bosques. En relación al uso de la tierra al 2020 en el distrito Villa Rica, la plataforma reportó que Bosques ocupa el 71,62 % del territorio, agricultura 0,54 %, vegetación secundaria 26 %, hidrografía 0,86 %, áreas urbanizadas 0,57 % y tierras desnudas 0,49 %.

De acuerdo al análisis y monitoreo de la plataforma Global Forest Watch respecto a la deforestación en el distrito Villa Rica, reportó áreas deforestadas en el año 2017 (335 ha), 2018 (109 ha), 2019 (345 ha), 2020 (204 ha), 2021 (146 ha), 2022 (162 ha) y 2023 (145 ha), haciendo un promedio anual de 206,57 ha. Asimismo, reportó que desde el 2002 hasta 2023, el distrito Villa Rica perdió alrededor de unos 3 030 ha de bosque primario húmedo, lo que representa un 48% de su pérdida total de cobertura arbórea en el mismo periodo de tiempo. El área total de bosque primario húmedo en el distrito disminuyó en 5,2 % en este periodo de tiempo.

Según el análisis de la de la Red Internacional de Bosques Modelo (2022), sobre el Bosque Modelo Villa Rica y los usos de las tierras, mencionan que se pueden clasificar en áreas naturales en protección (44,3 % del territorio), áreas destinadas a la agroforestería y silvopastoriles (29,5 %), áreas de vegetación en regeneración natural (16,7 %) y áreas de infraestructuras o urbanizadas (9,5 %). Asimismo, menciona que cerca de 11 000 ha de café están bajo sombra con árboles nativos y exóticas; esta técnica de cultivo del café se viene realizando por más de 40 años; cerca del 98 % de cafetales están en sistemas agroforestales, dentro de ellas, un 40 % asociado con árboles nativos y un 60 % con especies exóticas. Sin embargo, menciona que la producción de café actualmente es poco sostenible, siendo la cosecha de la madera, clave para la economía del distrito, es así que cerca del 75 % de la producción de madera proviene de estos cafetales y los restantes de los bosques.

2 III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

La investigación fue realizada en el distrito Villa Rica, geográficamente está ubicado en las coordenadas 470657,61 m Este y 8813294,25 m Sur (Camavilca y Victoria, 2021); su altitud promedio es de 1 470 m.s.n.m. (Salazar 2018), además cuenta con 82 221,63 ha de superficie.

Según Salazar (2018), políticamente pertenece a la provincia Oxapampa y en la región Pasco (**Figura 2**).

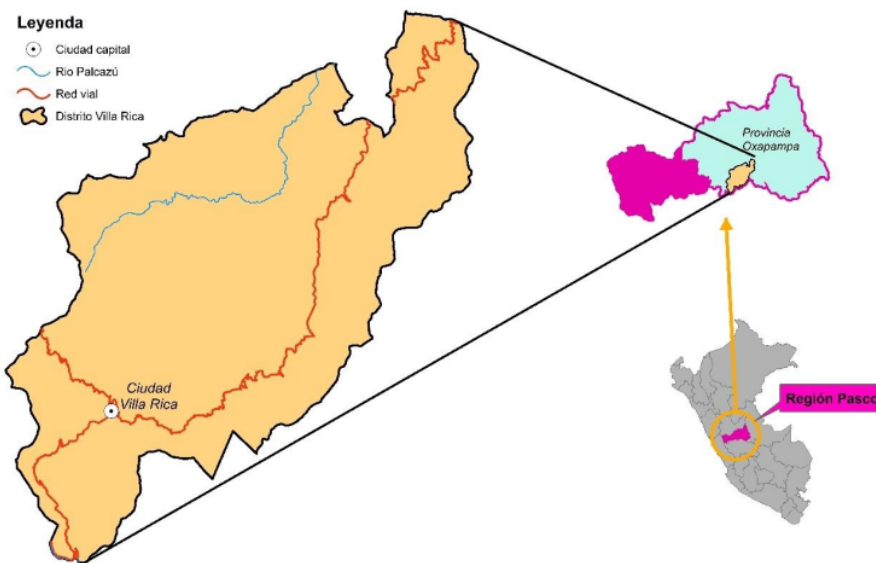


Figura 2. Ubicación política del lugar de investigación.

3.1.2. Cultivos agrícolas

Alrededor del 90% de la población se dedica principalmente al cultivo del café y comercios afines a este producto. De manera secundaria, se cultiva plátano, rocoto, caigua, maíz, frijol, piña, ají, granadilla, achiote, cacao, pitahaya, yuca, palta, cítricos, entre otros y la ganadería (Ponce, 2008). El 98 % del café en Villa Rica está manejado bajo sistemas agroforestales, de las cuales 40 % tienen árboles de sombras con especies nativas como paca o guaba, robles, moena, pino chuncho, ulcumano, shaina, nogal, principalmente y el 60 % con especies exóticas de rápido crecimiento como pinos y eucaliptos.

3.1.3. Suelos

Según el mapa de suelos del Perú, elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996), en el distrito Villa Rica se tienen categorías de “leptosol dístico – cambisol dístico – regosol dístico” con una superficie de 77 508,79 ha (94,30 %), y el “leptosol éútrico – cambisol éútrico – regosol éútrico” con una superficie de 4 682,78 ha (5,69 %).

3.1.4. Clima y zona de vida

El distrito Villa Rica presenta un clima húmedo y semicálido, con precipitaciones que varían desde 1 365 a 1 477 mm, una humedad relativa desde 90 hasta 94% y una temperatura que va desde 15,3 hasta 22,6°C (Salazar, 2018). La zona de vida según Holdridge corresponde a un bosque muy húmedo premontano tropical.

3.1.5. Hidrografía

Según Espinoza (2023), en el distrito Villa Rica se encuentran diversos ríos y quebradas que resultan de las microcuencas Bocaz, Cacazú, Entaz, Ñagazú y Eneñas. Además, pertenece a la cuenca Pachitea, con 57 568,670 ha (70,04 %) y a la cuenca Perené con 24 622,91 ha (29,99 %).

3.1.6. Cobertura vegetal y ecología

En Villa Rica se tienen las siguientes coberturas vegetales: “Áreas de no bosque amazónico”, “Bosque de montaña”, “Bosque de montaña basimontano”, “Bosque de montaña montano”, y “Río” (Espinoza, 2023). Además, ecológicamente tiene áreas de conservación como bosques (ACM Bosque de Tshollet, Loma del Diablo), lagunas (El Oconal) y cascadas (El León, La Bruja) como atractivos turísticos, también poseen fuentes de agua con cinco microcuencas: Bocaz, Cacazú, Eneñas, Paucartambo y Entaz (Ponce, 2008).

El distrito Villa Rica forma parte de la Reserva de Biosfera Oxapampa Asháninka Yánesha, y esta considerado como Bosque Modelo Villa Rica, el tercer bosque modelo en el Perú. Asimismo, el Bosque de Protección San Matías San Carlos ocupa cerca del 20 % de la superficie del distrito de Villa Rica.

3.1.7. Flora y fauna

Respecto a la riqueza florística se encuentran las especies forestales como pino, albicia, pino chuncho, ciprés, ulcumano, paca colorado, eucalipto, yungol, nogal negro, cedro, robles, matapalo, tornillo, diablo fuerte, especies herbáceas, huampo, orquídeas, bambú, achiote, sangre de grado, medicinales como matico, llantén, uña de gato, frutales como guanabana, guayaba, limón, granadilla, caña de azúcar, quito quito, entre otros; respecto a la fauna abundan los monos choros, ardillas, cuptes, zamaños, oso de anteojos, quirquincho,

machetero, gallito de las rocas, tucán, paco, gamitana, tilapia, serpientes, ranas, sapo, entre otros (Espinoza, 2023).

3.1.8. Vías de acceso

El acceso al distrito Villa Rica desde Lima, capital de la República de Perú, es por vía terrestre, tiene una distancia de 443 km, el tiempo de viaje varía de 9 a 15 horas; el acceso es por la red vial nacional pasando por las ciudades de La Oroya, Tarma y La Merced.

Desde la Ciudad de Tingo María al distrito Villa Rica, es por la red vial nacional terrestre, pasando por Huánuco, Cerro de Pasco, Tarma y La Merced; viajando durante 11 a 14 horas y tiene una distancia de 474 km. Asimismo, existe una vía alternativa desde Tingo María, en la cual se pasa por Aguaytía, centro poblado Alexander Von Humbolt, Zúngaro, Nuevo Trujillo, Constitución y Puerto Bermúdez, llegando así a Villa Rica, con una distancia de 454 km, y un tiempo de viaje de 12 horas aproximadamente.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

En la identificación del uso actual de las tierras se adquirió una imagen satelital PlanetScope del año 2023 y el Shapefile del distrito Villa Rica, en la clasificación de la imagen se utilizó los softwares ArcGIS 10.8 y SAGA 7.4.0, para la validación en campo de la clasificación se usó el GPS navegador GPSMAP Garmin 66sr y el software DNRGPS. En el monitoreo se utilizó la plataforma nacional Geobosques, en la cual se cargó el Shapefile del área del distrito Villa Rica y se utilizó un archivo Excel para registrar todas las alertas tempranas de deforestación, para la verificación en campo se usó el software QGIS, el aplicativo QField y el GPS navegador. Las validaciones y verificaciones en campo se evidenciaron mediante fotografías tomadas a través de un equipo móvil y formatos de fichas de observación en campo.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Identificación del uso actual de las tierras al 2023, a partir de la clasificación de imágenes satelitales

- Adquisición de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales PlanetScope se obtuvo gratuitamente desde la plataforma <https://www.planet.com>. Se escogieron imágenes que tuvieron un mínimo de porcentaje de nubes, específicamente del mes de setiembre del año 2023, que es la época seca del distrito Villa Rica y en donde se encontró imágenes con menor cobertura de nubes. Luego se acondicionó las bandas Rojo, verde, azul e infrarrojo cercano adquiriendo un conjunto de cuatro bandas, con una calidad alta de la imagen de 3,7 x 3,7 m (de píxel), comúnmente

llamado resolución. La población fue de 82 221,63 ha de superficie con las que cuenta el distrito Villa Rica.

- Etapa de procesamiento de la imagen

Para esta etapa seleccionó la clasificación supervisada, es decir, se asignó a cada celda del mosaico PlanetScope una categoría de uso actual de la tierra según el esquema CLC, que se describe detalladamente en la **Tabla 2**. Para delimitar las áreas de entrenamiento se combinaron las bandas de la imagen: rojo, verde, azul e infrarrojo cercano, donde se pudo observar mejor la imagen, se utilizó las visualizaciones en RGB (IGNE, 2020) y las muestras de campo que se tomaron utilizando el GPS navegador sobre los usos actuales de las tierras en varios recorridos, se generó polígonos en formato Shapefile en el software ArcGIS 10.8. Posteriormente, se hizo el procesamiento de clasificación utilizando SAGA (Conrad *et al.*, 2015), se seleccionó Random Forest como algoritmo, así congregar todas las áreas similares a nivel espectral para luego designarle el uso correspondiente, para ello se usó la imagen satelital PlanetScope y el Shapefile de las áreas entrenamiento generados en ArcGIS.

Tabla 2. Esquema Corine Land Cover para el uso de las tierras.

| Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Usos en el mapa |
|--|-------------------------------------|---|-----------------------|
| 1. Zonas artificializada | 1.1 Áreas urbanizadas | ³ 1.1.2 Tejido urbano discontinuo | Áreas urbanizadas |
| 2. Zonas agrarias | 2.4 Áreas agrarias uniformes | 2.4.1. Áreas para laboreo en seco | Agrícolas |
| | | ³ 3.1.3 Denso alto | |
| | 3.1 Áreas boscosas | 3.1.4 Abierto alto | Bosques |
| | | 3.1.5 Fragmentado | |
| 3. Áreas boscosas, ³ mayormente naturales | 3.3 Áreas con poca cubierta vegetal | 3.3.3 Vegetación secundaria o en transición | Vegetación secundaria |
| | 3.4 Sin o con poca vegetación | ¹⁹ 3.4.3 Tierras desnudas (áreas erosionadas naturales y degradadas) | Tierras desnudas |
| 5. Superficies Hídricas | 5.1. Aguas continentales | 5.1.1 Ríos (50 m) | Hidrografía |

- Exactitud

En esta etapa, para la medición de la exactitud del mapa del uso de las tierras, se comparó lo encontrado en la clasificación con lo encontrado en las visitas en campo. Para lo cual, se determinó mediante puntos de control; es decir, para validar el procesamiento de la clasificación del uso actual de las tierras, se realizó mediante una muestra utilizando la fórmula descrita por Recavarren *et al.* (2011), donde dice que el muestreo estadístico tiene un tamaño de muestra según al nivel de confianza o probabilidad que se desea conceder a la estimación, el error aceptable en la estimación y de su misma heterogeneidad; asimismo, menciona que para imágenes clasificadas, donde la variable es categórica y no cualitativa, se sugiere la distribución binomial de probabilidad, siendo su expresión más sencilla según la fórmula en la Ecuación (1), donde el número de puntos de control (muestra) obedece a tres variables, las cuales son las siguientes:

Z: se refiere al ¹⁵ valor de la abscisa de la curva normal estandarizada para un nivel determinado de probabilidad (95% de confianza), a partir de tabla estadística Z.

p: se refiere al porcentaje de aciertos estimado (85%).

q: se refiere al porcentaje de errores ($q = 1 - p$), igual a 15%.

E: se refiere al nivel permitido de error (10%)

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{Z^2 \times p \times q}{E^2} \quad (1)$$

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{1,96^2 \times 85 \times 15}{10^2}$$

$$\text{Tamaño de muestra} = 48,98$$

$$\text{Tamaño de muestra} = 49 \text{ muestras}$$

Seguidamente, estos 49 puntos de control (muestras) sirvieron para validar la clasificación del uso actual de las tierras, las cuales fueron distribuidos aleatoriamente en las clases de uso de las tierras obtenida, utilizando la herramienta “Random Point” dentro de un búfer de 500 metros a la izquierda y a la derecha de las redes viales existentes en el distrito, para ello se usó el software ArcMap, tal como fue descrito por el MINAM (2014); de esta manera se obtuvo las coordenadas de los puntos de control. Posterior a ello, se llegó a cada uno de estos puntos para comparar lo clasificado con lo encontrado en campo, se usó el GPS, app QField y la ficha de observación para las visitas. En una matriz de confusión se trasladaron cada una de las coincidencias identificadas. Luego, se calculó la exactitud global e índice de Kappa (K), para luego establecer el nivel de concordancia.

Según Bishop *et al.* (1997), para calcular K se utiliza los datos de la matriz de confusión, se utilizó la Ecuación (2).

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \quad (2)$$

Donde:

Po: se refiere al número de respuestas correctas dividido con el total de muestras

Pe: este variable se determinó con datos de la matriz de confusión.

Para calcular el valor de K se utilizó el software Excel. Para su interpretación se utilizó la **Tabla 3** establecida según Landis y Koch (1977).

Tabla 3. Fuerza de concordancia de acuerdo al valor de Kappa.

| Valor K | Fuerza de la concordancia |
|-----------|---------------------------|
| 0,00 | 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 |

Finalmente, al uso actual tierras clasificado se le aplicó un ajuste temático, de acuerdo a lo verificado en las visitas en campo; asimismo, se convirtió la imagen ráster clasificada al formato vector, donde los nuevos polígonos generados han sido generalizados a la una unidad mínima cartografiable (UMC) de 0,2 hectáreas de superficie, siendo la escala de trabajo 1:25 000. El mapa de uso actual de tierras fue impreso a escala 1:250 000, utilizando el Datum WGS 1984 en sistema de coordenadas UTM, zona 18 s. Este proceso se visualiza con mayor detalle en la **Figura 3**.

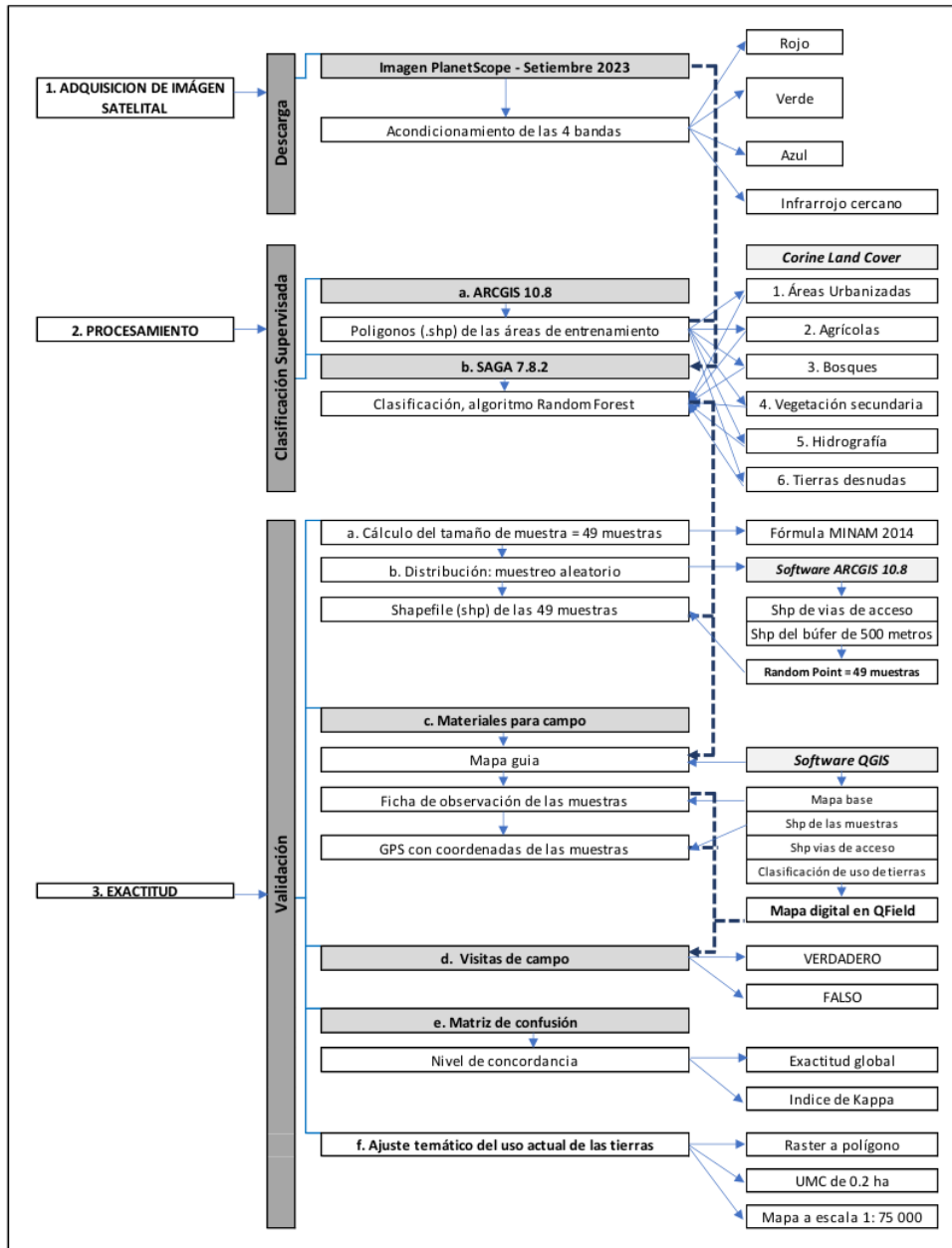


Figura 3. Esquema de proceso en la identificación del uso actual de las tierras.

12

3.2.2.2. **Monitoreo de los cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024 a partir de las alertas tempranas de la plataforma Geobosques**

Para este objetivo, se utilizó las alertas tempranas de deforestación emitidos por la plataforma Geobosques; para lo cual, se utilizó la guía de usuario de la plataforma, la que se describe a continuación:

- **Carga y gestión del área del distrito Villa Rica en la plataforma Geobosques**

Para definir nuestra área de interés en la plataforma, se ingresó a la sección de “Personalizada”, luego en la opción “Cargar archivo”, donde se agregó el Shapefile comprimido en formato ZIP del distrito Villa Rica. De esta manera tuvimos reportes de las alertas tempranas de deforestación del distrito para su respectivo monitoreo, mediante nuestra cuenta y correo electrónico.

- **Monitoreo de acuerdo a las alertas tempranas**

En plataforma Geobosques, el submódulo de las alertas tempranas de deforestación (cambios de cobertura de bosques) dentro del distrito, generaron datos e informaciones como fechas, superficies y ubicaciones de las alertas en formato KML, la cual fueron reportadas a nuestro correo electrónico. Para fines estadísticos, la población fue toda la superficie del distrito Villa Rica.

Todas las alertas tempranas ocurridas fueron analizadas en la plataforma, luego los datos e informaciones fueron descargados, registrados y sistematizados en una tabla de Excel.

- **Validación en campo, de la información proporcionada por Geobosques**

Los archivos Kml de las alertas tempranas de deforestación, la cual contienen las ubicaciones, fueron cargados y procesados en el software QGIS, donde se obtuvo las coordenadas de cada punto de las alertas; adicionalmente se agregó datos de la red vial nacional, departamental, vecinal y el búfer de 500 metros. Con estos datos se generaron mapas digitales que sirvieron como guía para las visitas de validación en campo; asimismo, estos mapas digitales fueron empaquetados para el aplicativo móvil QField y exportados al equipo celular y, las coordenadas de las alertas fueron exportadas al GPS navegador mediante el software DNRGPS.

Para validar en campo, se calculó una muestra del 10% de las alertas, se aplicó el muestreo sistemático simple para distribuir los puntos dentro del distrito

Villa Rica. Se realizó un cronograma quincenal de visitas a campo con la finalidad de realizar las validaciones. Para ello, se utilizó una moto lineal para el transporte, un celular con el aplicativo QField que se utilizó como mapa guía y un GPS navegador para llegar al punto exacto de las alertas; los hallazgos sobre la presencia o ausencia de la deforestación fueron registrados en la ficha de observación de campo con sus respectivas fotografías y los recorridos del GPS. Las visitas de validación fueron realizadas durante seis meses, de esta manera se completó el monitoreo de los bosques y los cambios ocurridos en ella. El proceso para realizar el monitoreo sobre la cobertura de bosques se observa en la **Figura 4**.

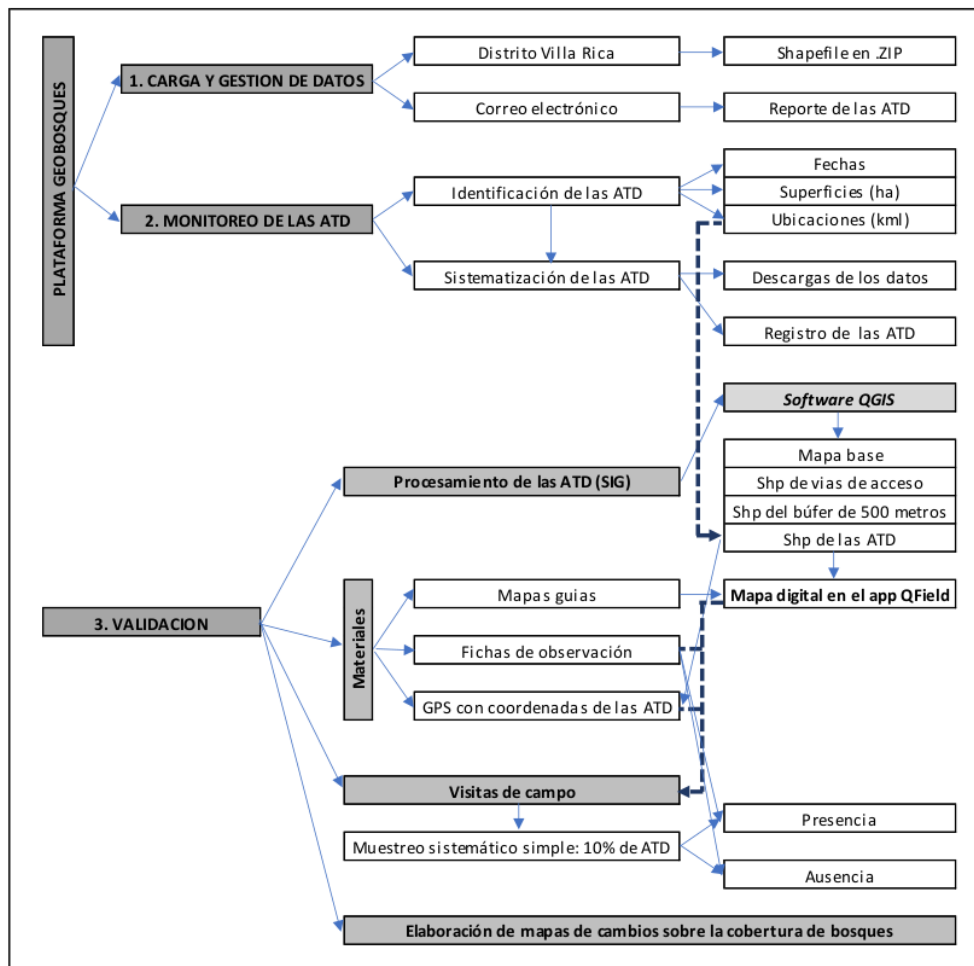


Figura 4. Esquema de proceso del monitoreo de los bosques.

3.2.2.3. Componentes en estudio

- El enfoque de investigación

El enfoque es cuantitativo, en los resultados se presentan datos e informaciones en valores numéricos y a la vez se pretende probar la hipótesis; tal como describe y explica Hernández y Mendoza (2020), donde menciona que una ruta con enfoque cuantitativa es conveniente utilizar si pretendemos determinar mediciones de ciertos fenómenos y obtener respuestas a nuestra hipótesis”.

- Tipo de la investigación

Esta investigación tuvo un estudio de tipo aplicada por que se utilizaron para resolver y/o solucionar los problemas planteados, como lo menciona Hernández y Mendoza (2020).

- El nivel de la investigación

El nivel es descriptivo porque cuantificaron y mostraron con precisión las dimensiones del problema y/o situación relacionada al uso actual de las tierras y a los cambios ocurridos en los bosques entre los años 2023 y 2024, en el distrito Villa Rica; estos van de acuerdo con lo que menciona Hernández y Mendoza (2020).

- El Diseño de investigación

El diseño es no experimental, debido a que la variable del uso actual de las tierras y el monitoreo no fueron manipuladas, tal como lo describe Hernández y Mendoza (2020), donde menciona que este tipo de análisis se realizan tal como se dan en su estado natural; además es longitudinal porque la recopilación de información se da en varios momentos, para el caso del monitoreo de bosques.

- Variables de estudio

Las variables de la investigación fueron el uso actual de las tierras y los cambios de la cubierta boscosa. En relación a los indicadores fueron de acuerdo a la clasificación Corine Land Cover (Massone *et al.* 2011) que se clasificaron en áreas urbanizadas, agrícolas, bosques, vegetación secundaria, tierras desnudas e hidrografía, además, a nivel estadístico se determinó Kappa así como también la exactitud global (%), y para los cambios de la cubierta boscosa, el indicador fue la deforestación (ha), tal como se menciona en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Variables, las dimensiones y los indicadores de la investigación.

| Variables | Dimensión | Indicadores | |
|---------------------------------------|------------------|---|---|
| Uso actual de las tierras | Espacial | Uso de la tierra (ha): | Áreas urbanizadas Agrícolas Bosques Vegetación secundaria Tierras desnudas Hidrografía |
| | Exactitud | Índice de Kappa Exactitud global (%) | |
| Cambios sobre la cobertura de bosques | Temporal | Cambios de cobertura | Áreas deforestadas (ha) |

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Uso actual de las tierras al 2023 a partir de la clasificación de imágenes satelitales, en el distrito Villa Rica, Perú

Los resultados dan a conocer el uso actual de las tierras a partir de la clasificación supervisada de imágenes de satélite de alta resolución PlanetScope del mes de setiembre del 2023, bajo el esquema Corine Land Cover (Massone *et al.* 2011), donde se muestran las seis clases con sus respectivas superficies y los porcentajes que representan en todo el territorio del distrito Villa Rica, se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Uso actual de las tierras al 2023 del distrito Villa Rica.

| Clasificación según el esquema Corine Land Cover | | | | |
|--|-----------------------|------------------------|------------------|---------------|
| Código | Clases | Unidades cartográficas | Áreas (ha) | (%) |
| 1 | Área urbanizada | 83 | 302,41 | 0,37 |
| 2 | Agrícola | 2 808 | 8 714,36 | 10,60 |
| 3 | Bosque | 1 531 | 62 373,16 | 75,86 |
| 4 | Vegetación secundaria | 3 817 | 10 584,47 | 12,87 |
| 5 | Tierras desnudas | 176 | 134,90 | 0,16 |
| 6 | Hidrografía | 83 | 112,33 | 0,14 |
| Total | | 8 498 | 82 221,63 | 100,00 |

Se observa que el uso actual de la tierra que más predomina es Bosque (con 75,86% de superficie, 62 373,16 ha), que coincide con la plataforma Geobosques, con Red Internacional de Bosques Modelo (2022) y con Espinoza (2023); sin embargo, no coincide con Lozano (2018), que menciona que la mayor superficie del distrito está ocupada por cafetales. El uso con menor superficie es Hidrografía (con 0,14% de superficie, 112,33 ha), este resultado coincide con la Plataforma Geobosques. Además, se observa la cantidad de unidades cartográficas (polígonos) por cada clase, siendo Vegetación secundaria la clase con mayor número de polígonos (3 817 unidades cartográficas, que suman 10 584,47 ha).

Para esta clasificación se tuvo 0,94 (94%) de exactitud global y 0,92 (92%) de exactitud Kappa; una concordancia “Casi perfecta”, según Landis y Koch (1977). Gráficamente representada en la **Figura 5**.

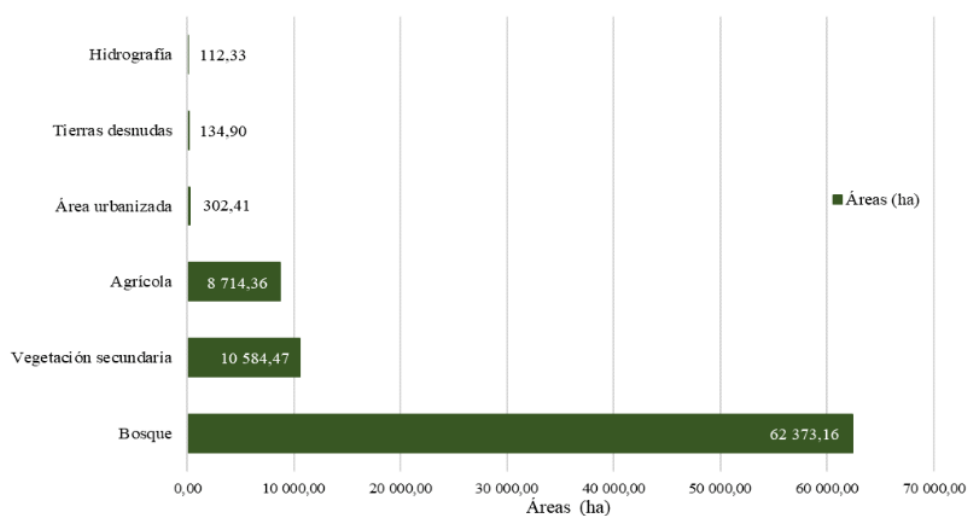


Figura 5. Superficies del uso actual de las tierras al 2023.

Al mismo tiempo, se muestra que el uso agrícola representa el 10,60% del distrito, con 8 714,36 hectáreas de superficie, siendo este resultado ampliamente distinto a lo que menciona Lozano (2018) donde dice que el 62,37% están destinados a la agricultura, se suma a esta discrepancia a favor de nuestro resultado, la existencia principalmente del Bosque de Protección San Matías San Carlos ocupando 16 547,18 ha del territorio, y sus Zonas de Amortiguamientos con 19 110,24 ha en el distrito, donde el SERNANP viene administrándolos para su conservación como recurso natural; tampoco coincide con la plataforma Geobosques donde reportó que el área agrícola representa solo el 0,54 %, del territorio. Sin embargo, nuestro resultado si coincide con Espinoza (2023), con la Red Internacional de Bosques Modelo (2022) y con la Cooperativa Agroindustrial Villa Rica Golden Coffe (2024).

La vegetación secundaria representa el 12,87% con 10 584,47 hectáreas de superficie que incluyen pastizales para ganadería y purmas (áreas que fueron agrícolas y que ahora están en descanso); esta cifra se acerca al resultado de la Red Internacional de Bosques Modelo (2022), de la plataforma Geobosques, y de Espinoza (2023).

Según las visitas de campo, los usos Agrícolas y Vegetación secundaria son los más predominantes después de los Bosques, y que a su vez vienen incrementándose a un ritmo alarmante a causa de la agricultura migratoria y de subsistencia, esto coincide con Chuquizuta *et al.* (2016). Asimismo, se observó que el cultivo de café es el cultivo más predominante en el uso agrícola, esto coincide con lo que menciona Ponce (2008), la Red Internacional de Bosques Modelo (2022) y Egg (2011). El mapa del uso actual de las tierras se muestra en la **Figura 6**.

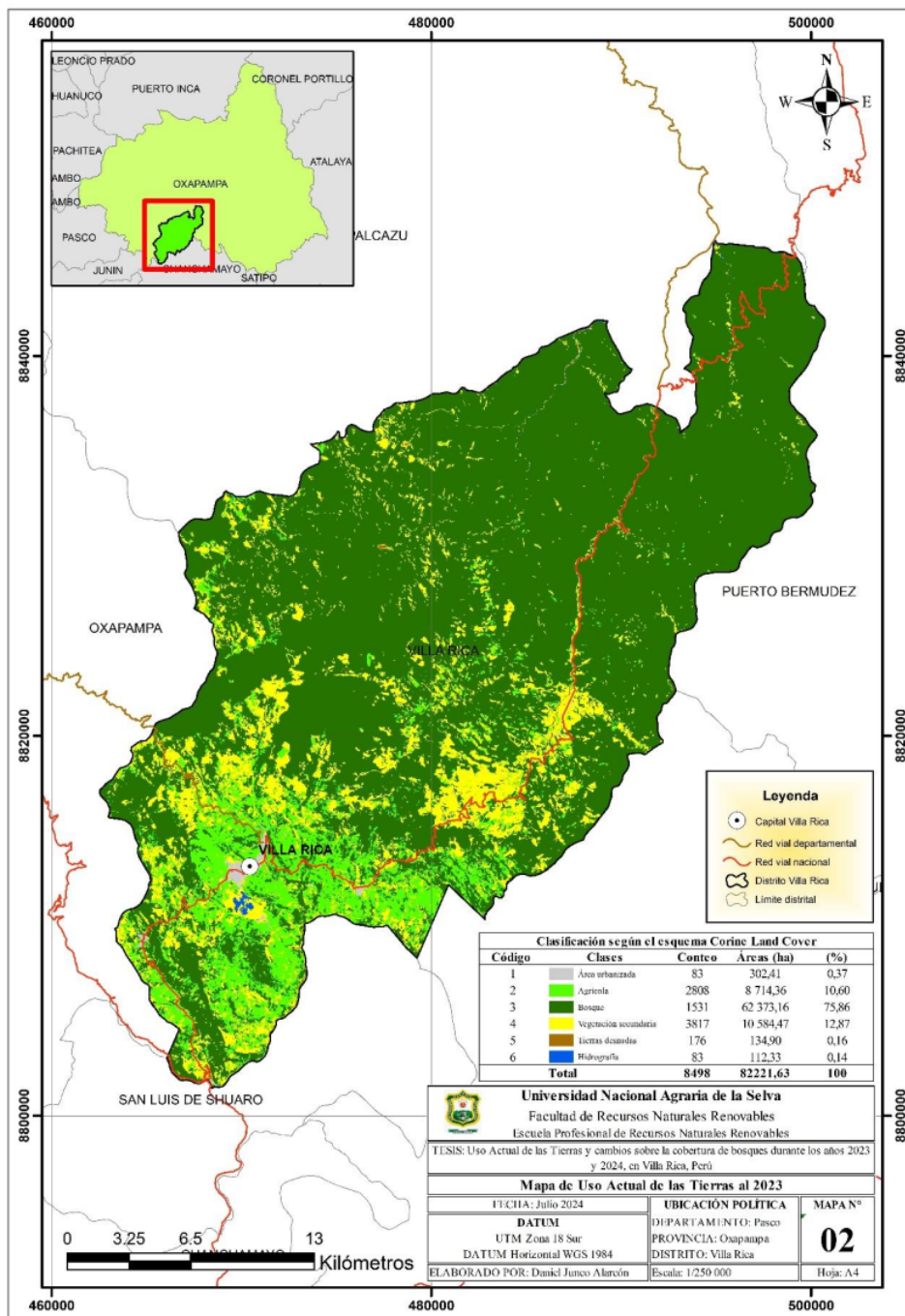


Figura 6. Mapa del Uso Actual de las Tierras al 2023 del distrito Villa Rica.

4.2. ¹² Monitoreo de cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024 a partir de las alertas tempranas de la plataforma Geobosques, en Villa Rica, Perú

Se muestra el monitoreo de los cambios ocurridos en la cubierta boscosa realizado, a partir del submódulo Alertas Tempranas de Deforestación (ATD), siendo diciembre del 2023 el mes con menores cambios (3,14%) y mayo del 2024 donde ocurrieron mayores cambios (26,25%), la cual se muestra en la **Tabla 6**; Según las validaciones en campo, estos cambios fueron a causa de la deforestación.

Tabla 6. Cambios ocurridos en la cubierta boscosa a partir de las ATD en Geobosques.

| N ^o | Meses | Años | Cantidad de Alertas tempranas | Área (ha) | % |
|----------------|-----------|------|-------------------------------|--------------|------------|
| 1 | Diciembre | 2023 | 16 | 1,44 | 3,14 |
| 2 | Enero | 2024 | 69 | 6,21 | 13,53 |
| 3 | Febrero | 2024 | 108 | 9,72 | 21,18 |
| 4 | Marzo | 2024 | 52 | 4,68 | 10,20 |
| 5 | Abril | 2024 | 126 | 11,34 | 24,71 |
| 6 | Mayo | 2024 | 139 | 12,51 | 26,25 |
| Total | | | 510 | 45,90 | 100 |

El resultado refleja un crecimiento constante de la deforestación desde que inició la investigación, a excepción del mes de marzo que disminuyó el ritmo a 10,2% del total de los cambios ocurridos en los bosques, para mayor detalle se presenta en la **Figuras 7 y 8**.



Figura 7. Comportamiento de la deforestación de bosques en el distrito Villa Rica, Geobosques.

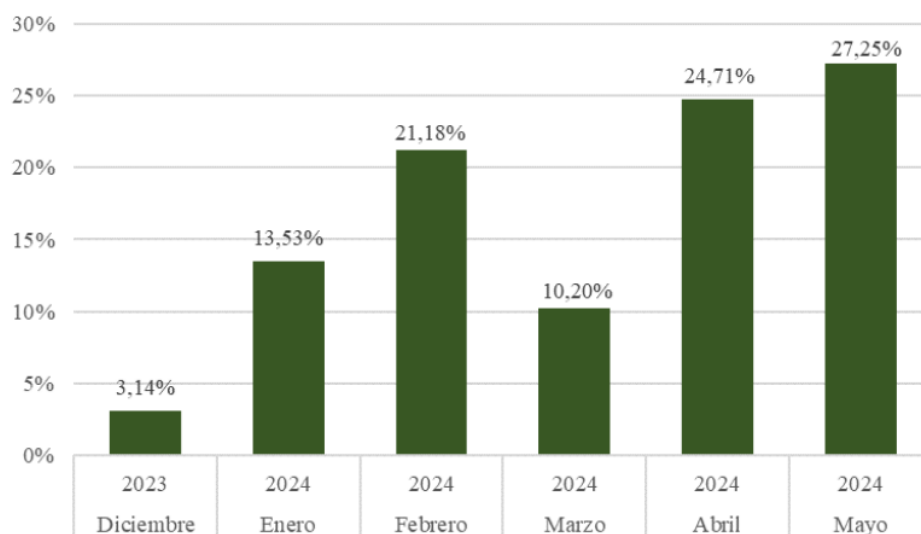


Figura 8. Proporciones de las ATD durante seis meses de investigación.

Durante los seis meses de investigación, la plataforma Geobosques reportó en total 510 alertas, generando así 45,9 ha deforestadas en el distrito, con un promedio de 7,65 ha por mes; esta cifra se acerca al resultado emitido por la plataforma Global Forest Watch del distrito Villa Rica donde reporta que del año 2017 al 2023 se ha deforestado un promedio de 206,57 ha por año y que desde el 2002 hasta 2023, el distrito perdió unos 3 030 ha de bosque primario húmedo, lo que representa un 48% de su pérdida total. Como consecuencia, las áreas boscosas del distrito están disminuyendo, nuestro resultado coincide con lo que la misma plataforma Geobosques reportó de años anteriores mencionando que desde el 2001 al 2022 se perdió 4 556 ha de bosques.

Estos datos generados por la plataforma son confiables, pues además se tienen antecedentes de otras investigaciones como las de Zamora (2020) sobre el análisis del nivel de la pérdida de bosques el área de conservación de Bosques de Angaiza y la parte oeste de la ZoCRE Juningullo Yanayacu, utilizando Geobosques.

Asimismo, como menciona Smith y Schwartz (2015), también en el distrito Villa Rica, las actividades agrícolas de pequeños productores son causantes de la deforestación donde se pudo observar áreas deforestadas con instalaciones agrícolas como rocoto, caigua, granadilla, frijol, maíz, y plantaciones forestales de eucalipto y pino, principalmente; estas causas también coinciden con lo que menciona Zamora (2020) y Estefanía *et al.* (2022). Por otra parte, la población tiene la necesidad de expandir sus cultivos para mejorar su calidad de vida, sin

embargo, se ven obligados a utilizar las áreas boscosas, generando así un conflicto ambiental, esto coincide con lo que describe Chavarri (1998).

Por último, se muestran la distribución y concentración, respectivamente, de las Alertas Tempranas generadas por la plataforma, ubicando las áreas donde ocurrieron los cambios, las cuales se originaron mayormente en los alrededores de la ciudad capital Villa Rica, principalmente a causa la agricultura migratoria y a pequeña escala, que coincide con Estefanía *et al.* (2022), y en menor cantidad cerca y dentro del territorio de las Área Naturales Protegidas. Se muestra los mapas en las **Figuras 9 y 10**.

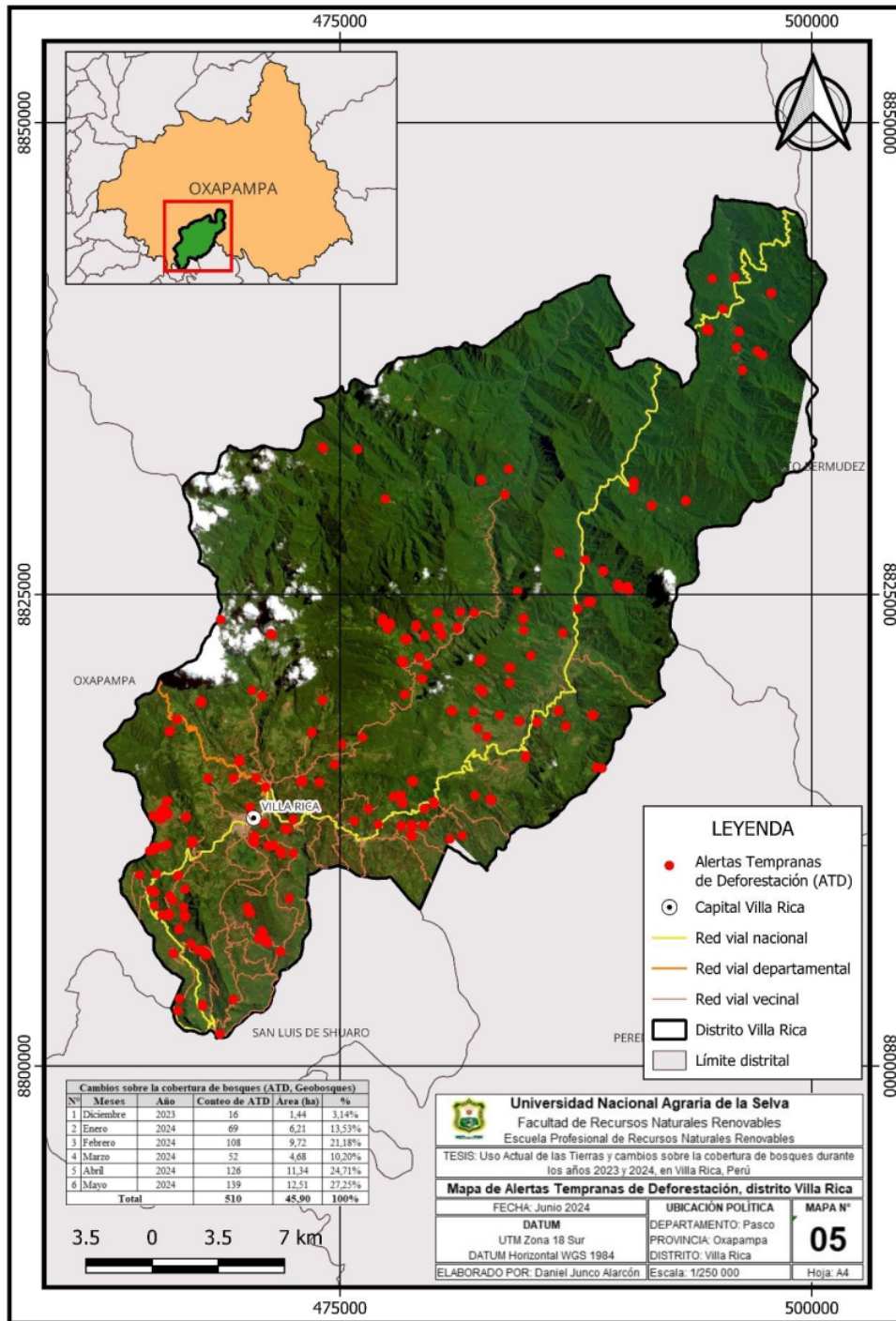


Figura 9. Mapa de ubicación de las ATD en el distrito Villa Rica, durante seis meses.

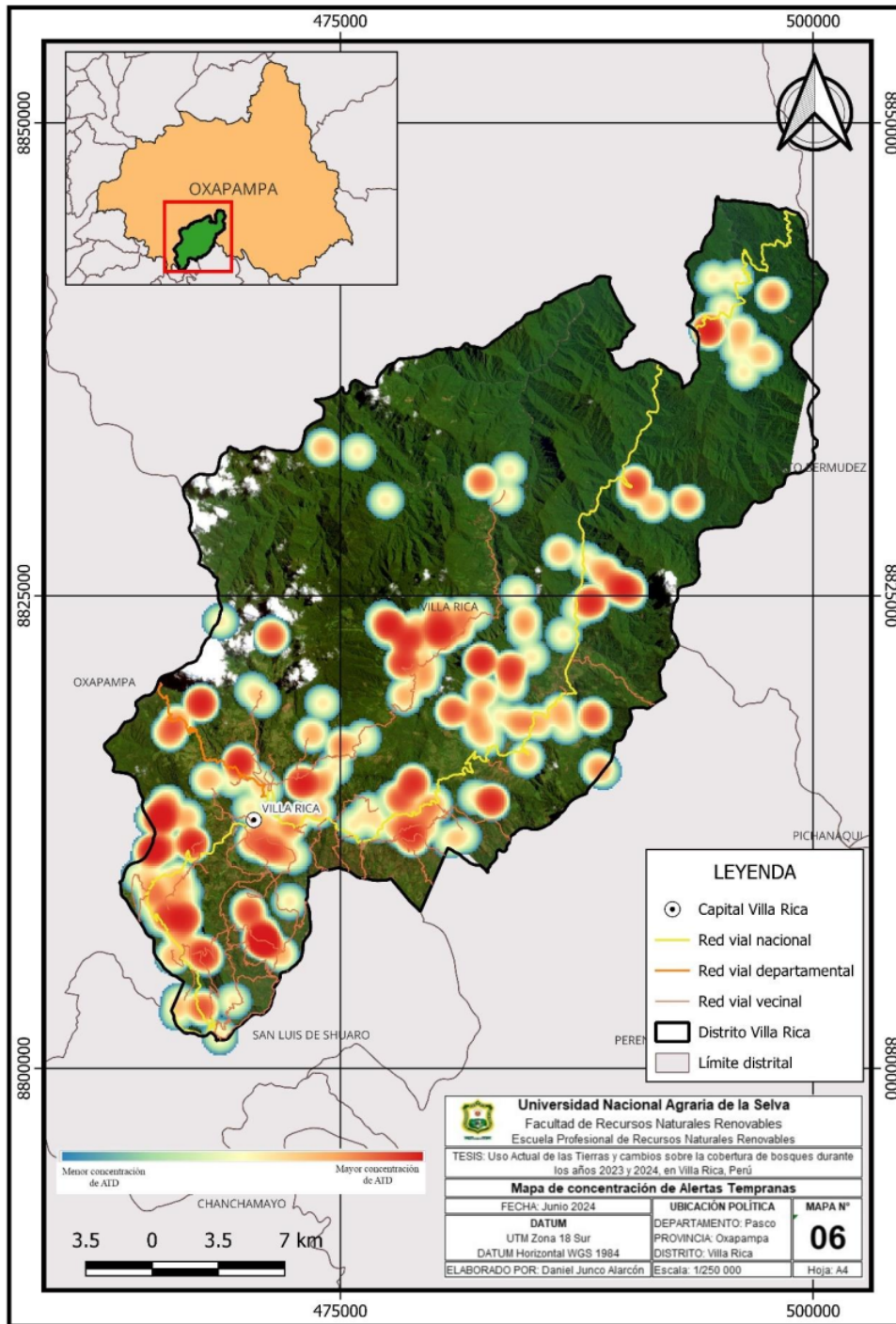


Figura 10. Mapa de concentración de las ATA en el distrito Villa Rica, durante seis meses.

V. CONCLUSIONES

1. El uso actual de las tierras al 2023, clasificados desde imágenes obtenidas satelitalmente del distrito Villa Rica, es mayormente Bosques con 62 373,16 ha que representa el 75,86% debido a la existencia del ANP San Matías San Carlos, administrados por SERNANP; en segundo lugar está la vegetación secundaria con 10 584,47 ha (12,87%) donde se encuentran los pastizales para ganadería y purmas (áreas que fueron explotados principalmente con cultivos agrícolas y que ahora se encuentran en descanso); y en tercer lugar se encuentra el uso agrícola con 8 714,36 ha (10,60%), mayormente con cultivos de café; los usos área urbanizada, tierras desnudas e hidrografía cuentan con poca superficie, representan solo el 0,67% del territorio.
2. Los cambios sobre la cobertura de bosques durante los años 2023 y 2024 utilizando las ATD del geo servidor Geobosques, en Villa Rica, Perú, fueron causados por la deforestación (para la instalación de cultivos agrícolas como rocoto, granadilla y caigua, principalmente), las cuales fueron incrementándose a lo largo de los seis meses de investigación, generando así un total 45,90 ha deforestadas, siendo el mes de mayo (época con pocas lluvias) donde ocurrió mayores cambios con el 26,25% de deforestación; como consecuencia, la cobertura de los bosques en el distrito fueron disminuyendo por causas antropogénicas (agricultura migratoria y a pequeña escala, entre ellas se observó instalaciones de rocoto, granadilla y caigua). Asimismo, de las 510 alertas reportadas por la plataforma se validaron 93, de las cuales se tuvo un promedio del 95% de aciertos respecto a la presencia de la deforestación.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Considerar los resultados de la presente investigación como insumo cartográfico para la propuesta de la Zonificación Ecológica Económica del distrito Villa Rica, la cual facilitará a las instituciones gubernamentales y a la población en general a reconocer los usos de las tierras y los posibles conflictos de usos y de esta manera implementar proyectos productivos viables.
2. Continuar con el monitoreo de los bosques en ¹⁷ el distrito de Villa Rica a partir de la plataforma Geobosques, sirva como una base sólida y una herramienta georreferenciada utilizada para conservar la diversidad biológica del ACM Bosque de Tshollet y bosque modelo Villa Rica por parte de la instituciones y población del distrito, ⁸ y el Bosque de Protección San Matías San Carlos por parte del SERNANP, implementando actividades de asistencias técnicas, sensibilización y proyectos de conservación, de esta manera reducir la deforestación.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | repositorio.unamad.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 2 | repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 3 | repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 4 | Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante | <1% |
| 5 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1% |
| 6 | keneamazon.net Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | www.inrena.gob.pe Fuente de Internet | <1% |

| | | |
|----|---|------|
| 9 | Eva M. Spehn, Maximo Liberman, Christian Körner. "Land Use Change and Mountain Biodiversity", CRC Press, 2006 Publicación | <1 % |
| 10 | cdn.www.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | www.theibfr.com Fuente de Internet | <1 % |
| 12 | acervodigital.ufpr.br Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | "XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable", XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable, 2019 Publicación | <1 % |
| 15 | kipdf.com Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | buleria.unileon.es Fuente de Internet | <1 % |

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 12 words

Excluir bibliografía

Activo