



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Diana Juanita Jiménez Correa
<https://orcid.org/0000-0003-2845-9887>

Asesor:

Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila
<https://orcid.org/0000-0002-7647-2835>

Código N° 6051521

Moyobamba, Perú

2023



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Diana Juanita Jiménez Correa

Sustentada y aprobada el 06 de marzo del 2023, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna

Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta

Vocal de Jurado

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles

Asesor

Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila

Moyobamba, Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES
A TÍTULO PROFESIONAL N.º 001-2023-UNSM/EPIA/UI

Jurado reconocido con Resolución N.º 233-2019-UNSM/CFT/ FE de fecha 27 de septiembre del 2021.

FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A las 11: 00 am del día lunes 06 de marzo del 2023 inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: “Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba – San Martín” para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Diana Juanita Jiménez Correa**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta** (Secretario), **Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 137-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba, 24 de mayo del 2021**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluando, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.


Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **QUINCE (15)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 13:00 horas, el mismo día 06 de marzo del 2023.




Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente de Jurado



Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta
Secretario de Jurado



Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
Vocal del Jurado



Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Diana Juanita Jiménez Correa, con DNI N° 76269189, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 06 de marzo del 2023.



.....
Diana Juanita Jiménez Correa

DNI N° 76269189

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín.</p>	<p>Línea de investigación: Estrategias de tecnologías de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible” Tipo de investigación: Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Diana Juanita Jiménez Correa</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-2845-9887</p>
<p>Asesor: Ing. M.Sc. Percy Martínez Dávila</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0002-7647-2835</p>

Dedicatoria

En primer lugar, agradecer a Dios, creador de nuestras vidas, fuente de sabiduría y conocimiento, gracias a él como padre de nuestra guía y permitirnos llegar a concretar nuestros objetivos planteados.

A mis queridos padres, por darme la existencia en este mundo lleno de retos, por darnos su cariño y apoyo condicional, por guiar nuestros pasos al bien, y poder guiarnos como profesionales.

Diana Juanita Jiménez Correa

Agradecimientos

A nuestros hermosos padres que cada día nos sustentan y apoyan física y emocionalmente en todo momento, gracias por ser nuestro origen de motivo e iluminación.

A todas las personas y profesionales que nos apoyaron en todo el proceso de mi Tesis, muchas gracias y siempre los guardaré en mi corazón.

A los docentes de la Universidad Nacional de San Martín que sin lugar a duda nos proporcionaron una gran base de instrucciones y conocimientos científicos y éticos.

La autora

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Índice general.....	9
Índice de Tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2 Fundamentos teóricos.....	20
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Ámbito y condiciones de la investigación.....	30
3.1.1 Contexto de la investigación.....	30
3.1.2 Periodo de ejecución.....	30
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	30
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad	30
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales	30
3.2. Sistema de Variables	30
3.2.1 Variables principales	30
3.3. Procedimientos de la investigación	31
3.3.1 Objetivo específico 1	32
3.3.2 Objetivo específico 2	39
3.3.3 Objetivo específico 3	39
CAPÍTULO IV.....	41

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Diagnóstico situacional de las áreas de bosques deforestadas del año 2010 – 2014 – 2020 en la microcuenca de Juninguillo	41
4.1.1. Cobertura boscosa y deforestada entre los años 2008 – 2020 en la microcuenca Juninguillo	41
4.1.2. Tasa de deforestación en la microcuenca Juninguillo	44
4.1.3. Exactitud temática del mapa de áreas de bosques deforestadas del año 2020.....	45
4.2. Cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca de Juninguillo, mediante una clasificación supervisada.....	45
4.3. Propuesta de alternativas para la recuperación de los bosques deforestados dentro de la microcuenca de Juninguillo	47
4.4. Resumen general de principales resultados obtenidos	50
4.5. Discusión de resultados	51
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Características de las imágenes satelitales Landsat 5</i>	25
Tabla 2 <i>Características de las imágenes satelitales Landsat 8</i>	26
Tabla 3 <i>Características espectrales de las bandas de imágenes satelitales Sentinel 2</i>	27
Tabla 4 <i>Imágenes satelitales utilizadas en el estudio</i>	33
Tabla 5 <i>Matriz de confusión</i>	37
Tabla 6 <i>Valores del índice de Kappa</i>	38
Tabla 7 <i>Tasas de deforestación en la microcuenca Juninguillo</i>	44
Tabla 8 <i>Cálculo de la matriz de confusión</i>	45
Tabla 9 <i>Clases informales, formales y categorías</i>	46
Tabla 10 <i>Sectores dentro de la microcuenca Juninguillo</i>	47
Tabla 11 <i>Árboles para la reforestación de las áreas afectadas</i>	48
Tabla 12 <i>Costo por hectárea para la reforestación</i>	49
Tabla 13 <i>Resumen de principales resultados</i>	50

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Cronograma del Programa Landsat	24
<i>Figura 2.</i> Partes de una microcuenca.....	29
<i>Figura 3.</i> Imágenes ráster. (a) 2008, (b) 2014, (c) 2020.	33
<i>Figura 4.</i> Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo – 2008.	41
<i>Figura 5.</i> Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo – 2014.	42
<i>Figura 6.</i> Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo – 2020.	42
<i>Figura 7.</i> Línea de tendencia de área de cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo 2008– 2020.....	43
<i>Figura 8.</i> Diferencias entre las áreas de cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo 2008– 2020.....	44

RESUMEN

Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín

La cobertura vegetal tiene un rol fundamental en los ecosistemas terrestres, porque proporcionan diferentes servicios ecosistémicos para el beneficio de las poblaciones; sin embargo, durante los últimos años las actividades antrópicas han generado la pérdida de amplias áreas de cobertura boscosa en las diferentes microcuencas del mundo, problemática que no es ajena en la microcuenca Juninguillo. El objetivo general fue “Realizar un análisis de la deforestación mediante Sistemas de Información Geográfica, en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba”. El proyecto de investigación se desarrolló en la microcuenca Juninguillo de 3 292,08 ha, ubicado en el distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. El periodo de ejecución fue de 8 meses (desde 10/07/2021 hasta el 15/03/2022). La población y la muestra estuvieron conformadas por 3 292,08 ha. El tipo de investigación fue básico y el nivel descriptivo, con diseño de investigación descriptivo simple. Se identificaron y seleccionaron imágenes satelitales Landsat 5 y 8 (2008 y 2014) y Sentinel 2 (2020), las mismas que fueron procesadas, corregidas atmosféricamente y geoméricamente, clasificadas y luego se elaboraron mapas temáticos empleando sistemas de información geográfica; asimismo, se desarrolló la clasificación no supervisada y supervisada para determinar la cobertura vegetal y uso del suelo; y, por último, se propuso una alternativa para recuperar los bosques deforestados en la microcuenca; se utilizó el software ArcGIS y la estadística descriptiva para procesar y analizar los resultados a través de tablas y figuras con el software SPSS Statistics. Se determinó que entre el año 2008 y 2020 la superficie deforestada aumento en 31,93% (1 051,25 ha), siendo mayor en el periodo de 2014 y 2020 con incremento del 21,48% (707,05 ha) a diferencia del primer periodo entre los años 2008 y 2014 donde la superficie deforestada solo se incrementó en 10,46% (344,20 ha) de la superficie total de la microcuenca; asimismo, se determinó 5 coberturas vegetales siendo la más representativa los bosques de montañas subandinas con árboles medianos y matorrales densos y se determinó 4 usos de suelo con la superficie de sin uso productivo como el más representativo; finalmente, se propuso la implementación y ejecución de un plan de reforestación y conservación de los bosques de la microcuenca Juninguillo con la siembra de 400 plantones por hectárea de árboles característicos de la zona, cuya inversión es de S/. 9560,00 por hectárea. Se concluye que los sistemas de información geográfica permitieron determinar que durante el periodo 2008 al 2020, la superficie deforestada se incrementó a un ritmo de 87,6 ha/año.

Palabras clave: Deforestación, sistema de información geográfica, microcuenca Juninguillo.

ABSTRACT

Deforestation analysis using geographic information systems in the Juninguillo - Moyobamba - San Martin micro-watershed.

Vegetation cover plays a fundamental role in terrestrial ecosystems because it provides different ecosystem services for the benefit of populations; however, in recent years, anthropic activities have caused the loss of large areas of forest cover in the different micro-watersheds of the world, a problem that is not unknown in the Juninguillo micro-watershed. The general objective was "To carry out an analysis of deforestation using Geographic Information Systems in the Juninguillo - Moyobamba micro-watershed". The research project was developed in the Juninguillo micro-watershed of 3,292.08 ha, located in the district and province of Moyobamba, department of San Martin. The execution period was 8 months (from 10/07/2021 to 15/03/2022). The population and sample consisted of 3,292.08 ha. It was a basic and descriptive type of research, with a simple descriptive research design. Landsat 5 and 8 (2008 and 2014) and Sentinel 2 (2020) satellite images were identified and selected, processed, corrected atmospherically and geometrically, classified and then thematic maps were prepared using geographic information systems. The unsupervised and supervised classification was also developed to determine vegetation cover and land use, and finally, an alternative was proposed to recover the deforested areas in the micro-watershed. ArcGIS software and descriptive statistics were used to process and analyze the results through tables and figures with SPSS Statistics software. It was determined that between 2008 and 2020 the deforested area increased by 31.93% (1,051.25 ha), being greater in the period from 2014 to 2020 with an increase of 21.48% (707.05 ha) unlike the first period between 2008 and 2014 where the deforested area only increased by 10.46% (344.20 ha) of the total area of the micro-watershed. In addition, 5 vegetation coverages were determined, the most representative being the sub-Andean mountain forests with medium-sized trees and dense scrubland, and 4 land uses were determined, with the area without productive use as the most representative. Finally, the implementation and execution of a reforestation and conservation plan for the forests of the Juninguillo micro-watershed was proposed, with the planting of 400 seedlings per hectare of characteristic trees of the area, with an investment of S/. 9560.00 per hectare. It was concluded that the geographic information systems allowed to determine that during the period 2008 to 2020, the deforested area increased at a rate of 87.6 ha/year.

Keywords: Deforestation, geographic information system, Juninguillo micro- watershed.



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La deforestación extensiva a nivel mundial es la amenaza principal de la biodiversidad, se encuentra vinculada estrechamente con el uso que se da a los ecosistemas, en relación con la disponibilidad de tecnología para talar todos los árboles existentes en una determinada área y utilizar el suelo de acuerdo al tiempo de aprovechamiento y nivel de transformación. El cambio de cobertura vegetal y uso del suelo relacionados con el fraccionamiento de los hábitats representan a uno de los efectos de mayor severidad de las acciones humanas en el planeta tierra; siendo estos importantes factores que hacen que las microcuencas abastecedoras de agua para las poblaciones estén en un estado no óptimo, ocasionando también el aumento de problemas de inundación, crecidas, erosión generando grandes daños a la sociedad y pérdidas económicas en las comunidades aledañas de los hechos, asimismo, la disminución del agua de calidad buena disponible para satisfacer necesidades industriales, urbanas y agrícolas, además de una minimización de la biodiversidad generando el aumento de tasas de extinción sobre especies de las últimas décadas (Soulé y Orians, 2016).

Dentro del ranking mundial de los países con mayor área de densidad forestal, el Perú se mantiene el décimo lugar, donde alrededor de 260,000 millas cuadradas (673,109 km²), es decir más de la mitad del territorio es de bosques, siendo solamente Brasil el que presenta una mayor área de bosque de tipo tropical amazónico. Todo ello hace que nuestro país este considerado entre los 10 países del mundo con mayor diversidad, con una población de aproximadamente 330 000 pobladores que dependen de forma directa de la cobertura boscosa nacional para subsistir y más aún dependen en gran medida de una serie de servicios y productos ecosistémicos provistos por la vegetación (Smith y Schwartz, 2015).

Por otro lado, a nivel mundial el territorio Amazónico ha sido incluido dentro de una lista de WWF como una de las 11 regiones principales en peligro de mayor degradación y deforestación de la cobertura boscosa para el 2030, siendo las causas principales de deforestación dentro de la Amazonia peruana la construcción de vías, minería comercial y la agricultura de menor escala. La tala ilegal es catalogada como la principal causa de degradación de los bosques, donde anualmente alrededor de 1,100 millas cuadradas equivalente a 2,849 km² de bosques son talados, siendo de forma ilegal casi el 80% de superficie. La pérdida forestal generado no solo afecta a la cobertura de bosques y la gran diversidad de especies de fauna peruana, sino que

también se le atribuye la responsabilidad la emisión de casi la mitad de gases efecto invernadero en nuestro país (Smith y Schwartz, 2015).

Por su parte, en la región San Martín después de haber construido la carretera marginal selvática, las actividades de cambio de uso de suelo y deforestación se han convertido en una práctica constante, cuya historia ha catalogado a nuestra región entre las más “desboscadas” de nuestro país, ubicándose a nivel mundial en el noveno lugar referente a extensión de cobertura boscosa. A pesar del gran prestigio de la región San Martín, la pérdida de bosques, alcanzó entre los años 2000 – 2017 una cifra astronómica de 1 926 418 has de bosques deforestadas anualmente en función a lo referido en el mapa de deforestación de nuestra Amazonía peruana. Al comenzar el milenio nuevo, se podría admitir sin exagerar, que alrededor de la media parte de cobertura boscosa sanmartinense se convirtió en tierra baldía o en campos de cultivos (Reaño, 2018).

La deforestación en la microcuenca de Juningullo, permiten hacer de conocimiento acerca de las causas de origen, cuáles son de mayor gravedad, así como cuáles pueden ser manejados de forma diferente para evitar en lo posible el exceso de la deforestación y lograr la conservación de una cantidad mayor de cobertura boscosa, brindar la opción de cultivos alternativos, con el objetivo de preservar los bosques y junto a ello la diversidad de fauna existente, tomar las medidas pertinentes para un adecuado desarrollo urbano y siempre con el pensamiento de en lo máximo posible proteger a nuestras áreas verdes, colaborando de esta forma a la protección de las redes hídricas en las cuencas.

Se dice que las variaciones de cobertura boscosa tienen una atención mayor, lo cual se debe a la implicación de la deforestación y herramientas empleadas para ser estudiadas, que en este caso se usó un sistema de información geográfica (SIG), que facilita manejar volúmenes grandes de datos, transformándose a un formato digital de análisis electrónico lo que antes sólo era presentado a través de mapas (Aranoff, 2018).

En tal sentido, durante los últimos tiempos también han cambiado las técnicas más empleadas, aplicándose a cambios de cobertura vegetal el análisis multitemporal, que al apoyarse de plataformas de sensores remotos, facilitan dar un valor agregado al conjunto de resultados que se obtienen al ejecutar actividades que permiten capturar información sobre cobertura boscosa dentro de un determinado ámbito de estudio, logrando de esta manera integrar diversas variables estudiadas a través de otras

fuentes informativas, lo que aporta a la ejecución de procesos de análisis espacial que interrelaciona diversas variables y componentes que no se logra identificar en el proceso de inspección física, como es el caso del proceso de traslado humano con dirección a áreas de reserva forestal, antecedentes de las áreas, estructuras geológicas, además de otros factores que resultan ser decisivos en la pérdida y cambio de cobertura boscosa, alterando la fauna, flora y de forma general al ecosistema (Martínez y Ruiz, 2016).

En función a lo mencionado anteriormente, la deforestación antrópica es un fenómeno que debe ser monitoreado de manera constante, para que de esta manera se puedan plantear actividades de control, evaluación y recuperación de estas zonas. Por ende, la presente investigación busca realizar este análisis mediante el uso de imágenes satelitales Landsat 5 y 8, y Sentinel 2, aplicando métodos y técnicas de teledetección y sistema de información geográfica; que procesadas mediante distintos programas nos permitirán la extracción de la data necesaria para el análisis que se realizara en la microcuenca Juninguillo.

Es así que en busca de conocer esta problemática y con la necesidad de brindar alternativas, se desarrolló la presente investigación cuya problemática formulada fue: ¿Cuál es el estado de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba? planteándose a partir de ello la hipótesis de investigación: “Existe incremento de la deforestación estimada mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba – San Martín”.

Del mismo modo se estructuró el objetivo general que fue “Realizar un análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba” y los objetivos específicos fueron “Diagnosticar la situación actual de las áreas de bosques deforestadas del año 2008 – 2014 – 2020 en la microcuenca de Juninguillo”, seguido de “Establecer la cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca de Juninguillo, mediante una clasificación supervisada” y finalmente “Proponer alternativas para la recuperación de los bosques deforestados dentro de la microcuenca de Juninguillo”.

En el primer capítulo, se presenta la introducción a la investigación, en el segundo capítulo, el marco teórico con los antecedentes de investigación y fundamentos teóricos, en el tercer capítulo, se presentan los materiales y métodos empleados, en el cuarto capítulo se dan a conocer los resultados y discusiones, finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Fragoso (2017), evaluó el cambio de uso de suelo en un periodo de 11 años empleando herramientas de teledetección con el apoyo sistemas de información geográfica (SIG) e imágenes espectrales de resolución mediana captado por sensores Landsat. Concluyó que, durante los años 2003 y 2014 las principales causas de cambio de uso de suelo fueron: la tala legal e ilegal, incendios y plagas, problemas generados por temas sociales como la corrupción, baja economía, desorganización, etc., cuyas causas se deben a la no repartición directa de recursos económicos para los integrantes, donde los fondos se emplean en obras comunitarias, reinversión a las superficies forestales y la inversión en proyectos ecoturísticos.

Gamarra (2017), utilizó imágenes de resolución espacial para contribuir en planificar y ordenar el territorio a través del conocimiento del uso y cobertura del suelo, para ello empleó imágenes de tipo Landsat 5 del año 2016 con un sensor pasivo de media resolución espacial, cuyo objetivo fue estimar, cuantificar y evidenciar los usos y cobertura de suelos. con el propósito de determinar, cuantificar y visualizar, las coberturas y usos de la tierra. Concluyó que, con un índice Kappa de 0,922 y 95,33% de precisión, la consistencia del mapa presentó resultados eficientes, cuyos resultados obtenidos le permite mencionar que la clasificación supervisada empleando “el algoritmo Random Forest” puede considerarse una precisa y eficiente alternativa para la clasificación de imágenes satelitales a partir de sensores pasivos, al requerir la delimitación de usos y coberturas de suelo.

Toala (2018), mencionó que para determinar tasas de deforestación en microcuencas es trascendental la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) a diferentes escalas, con relieves ondulados, suelos ganaderos, agrícolas y forestales. Concluyó que, la superficie agropecuaria representó el 67,86%, la vegetación arbórea el 26,36% y en menor superficie los cuerpos de agua con el 5,78%, al aplicar la matriz estimó que la ocupación de uso suelo presentó una confiabilidad del 81, 25%, valor que resultó ser óptimo; asimismo, estimó para los últimos 20 años (entre 1990 y 2016) un valor porcentual de 4,19% como tasa de deforestación en la microcuenca, siendo un elevado índice generado por efectos de la variación de uso de suelo, donde además hubo un incremento de 1240,85 has de las superficies agropecuarias.

García (2018), analizó las causas de la deforestación en el “Área Natural Protegida (ANP) bosque de protección de Alto Mayo (BPAM) y la zona de amortiguamiento (ZA)” mediante un análisis espacial y también propuso un modelo de riesgo de pérdida de bosques usando el SIG. Entre los años 1990 y 2000, determinó un área deforestada de -7763 ha para la ANP y -3980 ha para la ZA, resultados que evidencian que la formación del ANP permitió atenuar las actividades de deforestación en el área estudiado, observando que la zona sin protección se encontró bastante deforestado; no obstante, existieron puntos pequeños de deforestación en algunas áreas pobladas, siendo necesario la aplicación de diversas medidas como control.

Rodríguez (2018), realizó su estudio en el distrito de Sauce, mediante técnicas de teledetección y SIG, encontrando que en 30 años (1986 – 2016) la cubierta de bosques se perdió en 25,66%; en el primer periodo estudiado (1986 – 1995), la tasa de deforestación fue de 1,11% con una pérdida de bosque de 20,71%; en tanto, en el segundo periodo (1995 – 2005), se registró una mayor tasa de deforestación de 1,22% al año, debido a una mayor superficie de bosque pérdida de 26,93%; en el tercer periodo (2005 – 2016) la tasa de deforestación anual fue de 0,98% con aumento de la pérdida de cubierta boscosa al 29,36%; asimismo, refirió que la causa principal de la pérdida de cobertura boscosa fue la expansión agropecuaria migratoria desarrollada a pequeña escala, la misma que era favorecida por el acceso de infraestructuras de transporte.

López (2019), desarrolló un análisis espacial entre los años 1987 y 2017 y al mismo tiempo predijo al año 2050 el hábitat del *Plecturocebus Oenanthe Thomas* “Mono tocón” en la región de San Martín, Perú; refiere que en la Amazonía peruana la deforestación es una grave problemática que altera las especies que tienen hábitats en estas zonas, principalmente a especies endémicas ya que estas presentan un limitado rango de distribución. Entre sus resultados determinó que en el periodo de 1987 y 2006 se produjo una considerable pérdida de la cobertura vegetal debido a la deforestación; asimismo, determinó entre los años 2006 y 2017 un incremento de la superficie vegetal, relacionado al aumento de cultivos permanentes como café y cacao; por otro lado, con la información de bosques perdidos y con la modelación futura, estimó un pésimo escenario para que el primate sobreviva en el futuro bajo los efectos del cambio climático.

Rojas et al, (2019), en la Amazonía peruana, en los periodos de 1987–2001 y 2001–2016 analizaron los cambios de uso y cobertura del suelo (CCUS), para ello emplearon métodos de clasificación supervisada de probabilidad máxima e interpretación visual

interdependiente de imágenes del satélite Landsat. Entre sus resultados encontraron una pérdida acumulada de cobertura boscosa de 918,59 km²; asimismo, determinaron que la tasa de deforestación y la intensidad de CCUS resultaron mayores para el segundo periodo analizado; por otro lado, evidenciaron elevados niveles de pérdida de cobertura vegetal en zonas aledañas a redes viales e hídricas, siendo las causas principales de la pérdida de cobertura boscosa la expansión agrícola migratoria y la actividad ganadera.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1. La deforestación

Kanninen (2019), refiere que el término “deforestación” es empleado de una manera muy variable, lo hace que sea necesario contar con una conceptualización precisa. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) emplea dos diversos parámetros para conceptualizar la deforestación; primero, en referencia al uso de suelo, la deforestación es definida como la transformación de suelos forestales a otro uso; y el segundo, que se basa en la porción de cabida cubierta, definiendo a la palabra deforestación como la disminución de la cabida cubierta por abajo del 10% de umbral en un periodo de largo plazo.

Así mismo, es de suma importancia tener en cuenta que usualmente la deforestación se relaciona con la variación de uso de tierra forestal hacia otro uso, como también con la extensión de zonas de pastoreo o cultivo, sin tomar en consideración que, habitualmente la tierra se agota en 2 o 3 fases de cultivo. Dentro de las zonas recubiertas de cobertura vegetal que presentan las tierras se encuentran los bosques, de los cuales muchos se encuentran en áreas de tipo montañosas, donde se encuentran presionados por la erosión hídrica. Así también, la deforestación es conocida como uno de los factores que influyen de forma importante en la calidad y capacidad de las tierras para tener la capacidad de resistir a acciones del agua y viento en función a lo referido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2016).

2.2.1.1 Consecuencias de la deforestación.

García (2016), menciona que The National Geographic formula un conjunto de causas que producen la deforestación, donde hay factores naturales y humanos, pastoreo intensivo, incendios forestales, agricultura intensiva que ha propiciado a la siembra de

diferentes monocultivos en diversos tiempos a lo largo de la historia, como la coca, café, caucho, cacao, dejando a un costado la rotación de cultivos agrícolas que facilitan a las tierras dar y pedir diversos nutrientes, siendo las superficies despejadas a través de la quema y roza, donde la quema produce la muerte de las tierras; de igual forma, comercializar la madera sin el reemplazo de los árboles talados, algunos que son especies en extinción, como también la construcción de carreteras, centros poblados o represas y la explotación de zonas mineras sin reemplazar la superficie boscosa deforestada.

Se conoce también a la deforestación como un factor que coadyuba a la generación del cambio climático. Las tierras de los bosques son de tipo húmedos, pero se secan de forma rápida cuando no están protegidas por la cubierta arbórea. Asimismo, las especies arbóreas permiten la perpetuación del ciclo hidrológico devolviendo a la atmósfera el vapor de agua, es así que sin cobertura vegetal que desempeña tal labor, muchos bosques y selvas pueden ser convertidos de forma rápida en desiertos áridos de suelos estériles (Salgado, 2016).

2.2.2. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal se entiende que es una actividad que facilita a la comunidad agricultora la protección de los suelos, como también aporta en el suelo gran cantidad de nutrientes. A lo largo de todo el año los cultivos de tipos anuales se intenta mantenerlos cubiertos, ya sea por cultivos (de tipo comercial o implantados con la finalidad de conservar el suelo cubierto), o también con los residuos de anteriores cosechas, que se dejan sobre el suelo esparcidos (CLIMAGRI, 2020).

La cobertura vegetal aporta características de protección a los suelos, debido a que actúa mediante capaz de revestimiento a fin de impedir el impacto directo de las gotas de la precipitación contra misma superficie desnuda. Cuando el impacto se frena, se impide la erosión física que este genera, y, por lo tanto, la pérdida del suelo es prevenida, problema que se caracteriza por ser de los más acuciantes de la actividad agrícola en zonas mediterráneas. Pero, en zonas con pendiente la superficie del suelo, asume una barrera física para la cobertura del suelo, supone una barrera física para la evacuación. De tal manera es posible evitar la pérdida de suelo generada por la erosión que produciría el agua que recorre en la superficie del suelo, ocasionando la creación de cárcavas y regueros. Asimismo, la existencia de cobertura en la superficie de la tierra asume además una pantalla debido a la influencia directa de los rayos solares, minimizando la insolación sobre este mismo. Como resultado de la actividad

protectora se encuentra la minimización de evaporación hídrica retenido en el suelo, que de esta forma supone un mantenimiento de la humedad del mismo. Particularmente en cultivos de regadío, este hecho es sumamente relevante, principalmente, aquellos ubicados en áreas con clima mediterráneo, que supone un ahorro de dinero y agua importante para los agricultores (CLIMAGRI, 2020).

2.2.3. Sistemas de información geográfica (SIG)

Un SIG es definido como una serie de datos, herramientas y métodos que se diseñan para actuar de forma lógica y coordinada para captar, realizar el almacenamiento, análisis, transformación y presentación de la información geográfica en su totalidad, donde se incluyen los atributos con el objetivo de atender un conjunto de propósitos (Castillo, 2018).

Asimismo, un SIG es conocido como un marco de labores que permite la reunión, gestión y análisis de data. el SIG integra diferente tipo de data al estar afianzado en la ciencia geográfica. Desarrolla el análisis de la localización espacial y al mismo tiempo organiza capas de datos para ser visualizada empleando escenas 3D y mapas temáticos. Al tener esta única capacidad, el sistema de información geográfica logra revelar el más profundo conocimiento que se encuentra escondido en la data, como situaciones, relaciones o patrones, apoyando a usuarios en la toma de decisiones más inteligentes (González, 2018).

2.2.3.1 Importancia del sistema de información geográfica

El empleo de información geográfica para caracterizar el medio de los asentamientos propone la problemática del actualismo, esto es, el acercamiento de la data de la actualidad al pasado en una escala global, a nivel temporal (largo plazo) y a nivel espacial (estudios regionales); el mapa temático recopila a nivel general la variación de usos potenciales de la tierra y es resulta ser útil para solamente el desarrollo de análisis comparativos, que buscan diferencias estructurales básicas en la lógica locacional de los asentamientos (González, 2018).

Dentro de las investigaciones arqueológicas del paisaje hay un conjunto de trabajos que, motivados en la metodología de análisis de captación económica, se fundamentan en la finalidad de analizar la lógica económica de las poblaciones tomando como punto de partida el estudio de características geográficas de los entornos de las áreas de asentamientos. Este método necesita el empleo de la cartografía que recopile variables geográficas se suma relevancia aquellas hipótesis

establecidas referente a las características socioeconómicas y tecno económicas de las sociedades en materia de investigación. En este sentido, resulta pertinente elaborar un mapa temático de usos potenciales de la tierra, tomando en cuenta la data de la teledetección e información geográfica auxiliar al aplicar las tecnologías de información geográfica (TIG), y también los sistemas de información geográfica (SIG) y el procedimiento digital de las imágenes (González, 2018).

Para la evaluación del manejo de los recursos de la naturaleza es recomendable emplear herramientas o instrumentos como los SIG, en investigaciones que permitan hacer de conocimiento la localización y cuantificación de zonas que tiendan a definir posibles tendencias de pérdida de biodiversidad, degradación y deforestación de cobertura vegetal (Caciano, 2017).

El fundamento teórico y metodológico referente al análisis en la variación del uso de la tierra tuvo su fundamento en la identificación y posterior evaluación del procedimiento a través de un SIG, las tradicionales definiciones en los procesos de cambio se sustentan en elementos causales de los cambios, en tanto, la definición estadística se sustenta en analizar las funciones matemáticas. Analizar el proceso de variación, permite evidenciar el cambio del paisaje de una forma metódica (García, 2016).

2.2.4. Imágenes satelitales

Se define a las imágenes satelitales como el resultado obtenido de la captura de radiación reflejada o emitida por la superficie terrestre a través de un sensor que se ubica al bordo de un satélite artificial. Hay diversos tipos de imágenes satelitales que cuentan con diversas características como elevación, resolución, colores, entre otros. La calidad de las fotografías depende mucho de la altitud y del instrumento que se utiliza (Sánchez, 2012).

Las imágenes satelitales son importantes para muchas aplicaciones, como la respuesta ante catástrofes, la aplicación de la ley y la vigilancia del medio ambiente, estas aplicaciones requieren la identificación manual de objetos e instalaciones en las imágenes (Spoorthi, 2021).

a. Imágenes satelitales Landsat

Antes de año 1972, ha sido catalogado como un acto visionario la simple idea de emplear data proveniente de satélites para la exploración, cartografía y vigilancia terrestre. El origen del programa Landsat se da por la obligación de alcanzar estos objetivos, compuesto actualmente por un conjunto de 7 misiones se encuentran o se

han encontrado en plena órbita, todos estos gestionados de forma conjunta por el Servicio Geológico de Estados Unidos y por la NASA (Monsonis, 2017).

El programa Landsat ha generado una variación acerca de la manera en que se entiende al planeta terrestre. Este conjunto de data iniciado en el año 1972 es la de mayor extensión en la historia, existiendo en la actualidad imágenes de media resolución en más de dos millones (Ver Figura 1) (Monsonis, 2017).

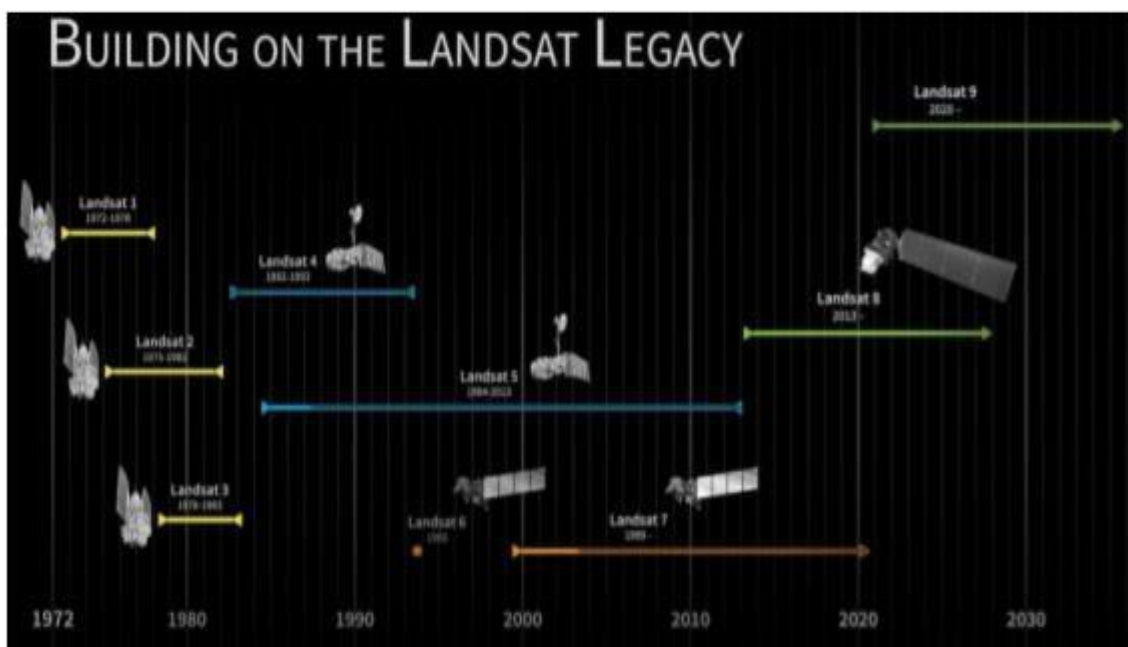


Figura 1. Cronograma del Programa Landsat.

Fuente: Bravo (2017).

En la actualidad, el programa se encuentra en su versión octava, conocida como: "Landsat Data Continuity Mission" (LDCM) que en el año 2013 fue puesto en la órbita. Se trata del satélite de observación número ocho perteneciente a la serie Landsat, cuyo fin es continuar con el legado de las anteriores misiones. A pesar de que, esta misión no fue previsto inicialmente, ha sido puesto en marcha por crítico fallo del Landsat-7 que prácticamente lo ha dejado inservible (Monsonis, 2017).

Monsonis (2017), afirmó que luego de 45 años del lanzamiento del satélite número 1, el programa Landsat ha sido el primero en brindar imágenes de tipo satelital corregidos de forma radiométrica como geométrica de manera gratis, siendo de esta forma el precursor del programa Europeo Copérnico. Actualmente, el control del programa ha sido transferido nuevamente al gobierno estadounidense, siendo el United States Geological Survey (USGS) el responsable de archivar y distribuir la data en cooperación con la NASA, que tiene como función desarrollar los sensores y satélites y de la NOAA, que se responsabiliza de operar el sistema terrestre y el satélite.

Actualmente, el futuro del programa Landsat se sustenta en el nuevo Landsat 9, que en el año 2020 fue prevista su puesta en la órbita, satélite que seguirá con la misión de observar y monitorear la tierra al igual que los anteriores, con la diferencia de contar con una resolución mayor.

Landsat 5

Es un satélite avanzado de tipo barrido multiespectral que funciona en siete bandas espectrales (1 en el infrarrojo termal, 2 en el infrarrojo medio, 1 en el infrarrojo cercano y 3 en la región visible). Cuenta con una resolución espacial de 120 m en la banda del infrarrojo termal y 30 m en las del infrarrojo medio y visible. La escena de la superficie terrestre que registra este sensor es de 185 km² (Bravo, 2017).

Tabla 1

Características de las imágenes satelitales Landsat 5

Satélite	Bandas espectrales	Resolución espacial (m)	Longitud de onda (µm)
Landsat 5 Thematic Mapper (TM)	Banda 1 – Azul	30	0,45 – 0,52
	Banda 2 – Verde	30	0,52 – 0,60
	Banda 3 – Rojo	30	0,63 – 0,69
	Banda 4 – Infrarrojo cercano (NIR)	30	0,76 – 0,90
	Banda 5 – Infrarrojo cercano (SWIR)	30	1,55 – 1,75
	Banda 6 – Infrarrojo térmico	120	10,40 – 12,50
	Banda 7 – Infrarrojo cercano (SWIR)	30	2,08 – 2,35

Fuente: Tomado de NASA (2013).

Landsat 8

Las imágenes Landsat 8 cuentan con 9 bandas espectrales, cuyas bandas 1 a 7 y 9 cuentan con resolución espacial de 30 m. Para estudios de aerosoles y costeros hay una banda nueva (1) (azulprofundo); asimismo, para detectar cirrus es útil la nueva banda (9). La banda 8 (pancromática) cuenta con una resolución de 15 m. Para brindar temperaturas de mayor precisión de la superficie son útiles las bandas térmicas 10 y 11, las mismas que son tomadas a 100 m de resolución. Este tipo de imágenes cuentan con un tamaño aproximado de escena de 183 km de este a oeste por 170 km de norte a sur (Ariza, 2013).

Tabla 2
Características de las imágenes satelitales Landsat 8

Satélite	Bandas espectrales	Resolución espacial (m)	Longitud de onda (μm)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Banda 1 – Aerosol costero	30	0,43 – 0,45
	Banda 2 – Azul	30	0,45 – 0,51
	Banda 3 – Verde	30	0,53 – 0,59
	Banda 4 – Rojo	30	0,64 – 0,67
	Banda 5 –Infrarrojo cercano (NIR)	30	0,85 – 0,88
	Banda 6 – SWIR 1	30	1,57 – 1,65
	Banda 7 – SWIR 2	30	2,11 – 2,29
	Banda 8 - Pancromático	15	0,50 – 0,68
	Banda 9 - Cirrus	30	1,36 – 1,38
	Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	100	10,60 – 11,19
	Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	100	11,50 – 12,51

Fuente: Tomado de USGS (2013, como se citó en Ariza, 2013).

b. Imágenes satelitales Sentinel – 2

Los satélites Sentinel-2 son la segunda constelación de las misiones Sentinel de la ESA y llevan a bordo escáneres multiespectrales, cuyo objetivo principal es proporcionar datos satelitales de alta resolución para el monitoreo de la cobertura y el uso de la tierra, el cambio climático y el monitoreo de desastres, además de complementar las otras misiones satelitales como Landsat (Phiri et al., 2020).

Sentinel 2 es un elemento clave del programa Copérnico de la Unión Europea y cuenta con una constelación de dos satélites de vigilancia terrestre diseñados por la Agencia Espacial Europea (ESA) y construidos por Airbus Defence and Space. El desarrollo de los satélites aprovecha los conocimientos técnicos y las tecnologías espaciales avanzadas de sesenta socios industriales europeos. Se han establecido acuerdos de cooperación entre la ESA y las agencias espaciales nacionales en materia de calidad de imagen (con el CNES francés), comunicaciones ópticas entre órbitas (con el DLR alemán) y calibraciones cruzadas (con la NASA estadounidense) (European Commission (EC), 2018).

Tabla 3*Características espectrales de las bandas de imágenes satelitales Sentinel 2*

Satélite	Bandas espectrales	Resolución espacial (m)	Longitud de onda (μm)
Sentinel 2	Banda 1 – Aerosol costero	60	0,443
	Banda 2 – Azul	10	0,490
	Banda 3 – Verde	10	0,560
	Banda 4 – Rojo	10	0,665
	Banda 5 – Vegetación Red Edge	20	0,705
	Banda 6 – Vegetación Red Edge	20	0,740
	Banda 7 – Vegetación Red Edge	20	0,783
	Banda 8 – Infrarrojo cercano	10	0,842
	Banda 8A – Vegetación Red Edge	20	0,865
	Banda 9 – Water vapour	60	0,945
	Banda 10 – SWIR – Cirrus	60	1,375
	Banda 11 – SWIR	20	1,610
Banda 12 – SWIR	20	2,190	

Fuente: Tomado de Bravo (2017).

2.2.7. Teledetección espacial

Sobrino (2017), refiere que la teledetección espacial es la obtención de imágenes de la superficie de la tierra y que se desarrollada mediante dispositivos de captura que se encuentran montados en diversas plataformas de satélites. Así también, la teledetección espacial desarrolla un proceso de medición y almacenamiento de longitudes de ondas electromagnéticas que tienen origen en el sol y se reflejan por la superficie de la tierra. El almacenamiento de las longitudes de onda reflejadas es plasmado a través de píxeles estructurados en columnas y renglones que constituyen la imagen o matriz. La imagen satelital puede ser de una banda pancromática o bien puede ser de muchas bandas, lo que refiere que cada una de las bandas almacena una cantidad específica del espectro electromagnético.

Por otra parte, La teledetección espacial desarrolló dos vertientes de acuerdo a la manera en que se genera o aprovecha la fuente energética para la obtención de data desde la superficie de la tierra. La teledetección espacial es conocida como la vertiente que desarrolló sensores y plataformas con la capacidad de captar imágenes en función a la fuente energética luminosa que proviene del sol. Más nuevo es la teledetección de tipo activa, donde son los mismos sensores que irradian electromagnetismo suficiente para la obtención de imágenes con data referente a las características de la tierra. Es esta teledetección que abastece propiedades o capacidades para generar productos

cartográficos sin importar condiciones de la meteorología tales como precipitación, nubosidad e inclusive las nubes de polvo, como también condiciones nocturnas y diurnas (Sobrino, 2017).

2.2.8. Microcuenca

Se conoce a la microcuenca como la superficie que permite la planificación del uso y manejo de los recursos de la naturaleza existentes, con el fin de buscar la sostenibilidad de sistemas productivos y los diversos medios para la vida. Es en este espacio superficial donde suceden interacciones fuertes entre el empleo y el respectivo manejo de los recursos de la naturaleza (acción antrópica) y a la vez la forma de comportarse de estos recursos (reacción del ambiente) (AECID, 2018).

La microcuenca ha demostrado ser una unidad flexible y práctica para la ejecución de proyectos y ha reducido costes; sin embargo, la definición de microcuenca debe adaptarse al contexto social, administrativo y físico (Darghouth et al., 2008).

La microcuenca es una cuenca hidrográfica pequeña de primera o segunda clase que abarca una superficie terrestre de 100 a 1 000 has, donde reside una determinada cantidad de familias (comunidad), gestionando y empleando recursos naturales de la zona, particularmente la vegetación, el agua, el suelo, incluido vegetación autóctona y cultivos, y la fauna donde se incluye animales salvajes y domésticos (Jan Van Wambeke et al., s/f como se citó en Kumar, 2007).

Partes de una microcuenca

Para un adecuado manejo ambiental de microcuencas, el análisis debe realizarse de arriba hacia abajo, a lo cual se lo llama clasificación vertical, de acuerdo a este criterio las microcuencas cuentan con las siguientes partes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018) (Figura 2).

1. Zona productora de agua o área de captación: zona conformada por la parte alta de la microcuenca, es decir aquellos sistemas montañosos que suelen rodear a una microcuenca, las mismas que son de suma importancia para conservar las coberturas forestales presentes que tienen como función regular el recurso hídrico.
2. Área de vertientes: está conformado por las zonas medias de las colinas, cerros o montañas que forman parte de las microcuencas. En esta zona, afloran las aguas del subsuelo que se filtran mediante el suelo, por el cual pueden apreciarse arroyos y quebradas de mayor caudal y bien conformadas.

3. Zona receptora de agua o área de confluencia: parte de la microcuenca que se conforma por las zonas bajas de montañas y vegas de ríos; asimismo, en esta parte de la microcuenca suelen unirse los riachuelos, arroyos, quebradas, en torno al río principal, el mismo que continua con su camino hasta unirse a otro río o descargarse de manera directa al mar.



Figura 2. Partes de una microcuenca.

Fuente: MADS (2017, como se citó en MADS (2018).

2.2.8. Datos espaciales

Son empleados para la representación en una superficie de determinadas áreas, líneas y puntos. Generalmente, estos factores hacen referencia a la ubicación física actual en la superficie terrestre, siendo posible a partir de ello descubrir una serie de datos geoespaciales (Granda y Zamudio, 2016).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

El área de la microcuenca Juningullo es de 3292,08 ha, superficie donde los agricultores desarrollan actividades principalmente como la agricultura y la ganadería (PEAM, 2010).

Políticamente se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Moyobamba, localizado entre las coordenadas 6°02'05"S 76°58'29"O.

3.1.2 Periodo de ejecución

El periodo de ejecución de la investigación fue de 6 meses, desde el 10/07/2021 hasta el 15/03/2022.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

El presente estudio no contó con la gestión de ninguna autorización y/o permiso para la ejecución.

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se adoptaron todas las medidas de bioseguridad, particularmente al realizar las visitas in situ a la microcuenca, donde se utilizó mascarillas para la prevención de la Covid - 19.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

Se aplicaron principios éticos como el respeto a la autoría intelectual, citando y referenciando en todo el presente estudio, además se consideró la integridad, respeto justicia y beneficencia, asimismo, se aplicaron los principios éticos de transparencia y confiabilidad.

3.2. Sistema de Variables

3.2.1 Variables principales

De acuerdo al tipo y nivel de investigación, la variable de estudio fue:

Variable de estudio: deforestación mediante sistemas de información geográfica.

Dentro de la variable dependiente se estudiaron el indicador cobertura de la deforestación (%).

3.3. Procedimientos de la investigación

Tipo y nivel de investigación:

De acuerdo al manual de la investigación de la Universidad Nacional de San Martín, esta investigación se ajusta a ser de tipo básica. Hernández (2017) afirma que este tipo de investigación tiene su origen a partir de un marco teórico y permanece en este, cuyo objetivo se sustenta en aumentar el conocimiento científico, sin contrastar con aspectos prácticos.

Esta investigación se ajusta a ser de nivel descriptiva, que de acuerdo a Hernández (2017) se desarrolla sin la manipulación deliberada de las variables de estudio, basándose principalmente en la evidencia de fenómenos tal y como se desarrollan en su ámbito natural para después ser analizados.

Población y muestra:

La población objetiva lo conformó toda el área de la microcuenca Juninguillo que en cantidad es equivalente a 3 292,08 ha.

La muestra estuvo conformada por el total de la población (3 292,08 ha). El tipo de muestreo fue por conveniencia, es decir, no probabilístico, tipo de muestreo que según Hernández y Carpio (2019) el investigador selecciona de forma intencional a los individuos que forman parte de su población, a aquellos que generalmente tiene fácil acceso.

a) Diseño de investigación

De acuerdo al tipo y nivel de investigación, el diseño de la presente investigación es descriptivo simple, el mismo que según Hernández et al, (2014) permite la obtención de información in situ y describe los sucesos o eventos en un determinado espacio (tiempo único) y presenta el siguiente esquema descriptivo:

M - - - - - > O

Donde:

M: Muestra obtenida (información obtenida de imágenes satelitales).

O: Deforestación mediante sistemas de información geográfica.

b) Representación de la información

Los resultados obtenidos del análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica en la microcuenca Juninguillo – Moyobamba, se representaron a través de tablas, figuras, mapas satelitales de deforestación y de cobertura vegetal.

c) Análisis estadístico

El análisis estadístico se desarrolló mediante la estadística descriptiva haciendo uso del paquete estadístico de Excel y el programa SPSS Statistics para evaluar las áreas de cobertura boscosa y deforestadas entre los años 2008 y 2020 en la microcuenca Juninguillo.

3.3.1 Objetivo específico 1

Diagnosticar la situación actual de las áreas de bosques deforestadas del año 2008 – 2014 – 2020 en la microcuenca de Juninguillo.

a. Actividades y tareas

- Identificación y selección de las imágenes satelitales.
- Combinación de bandas de las imágenes satelitales.
- Procesamiento de las imágenes satelitales.
- Corrección atmosférica de las imágenes satelitales.
- Corrección geométrica de las imágenes satelitales.
- Clasificación de la imagen satelital.
- Elaboración de mapas de deforestación.
- Estimación de la tasa de deforestación.
- Diseño de puntos de muestreo.
- Análisis de datos.
- Medición de la exactitud del mapa

b. Descripción de los procedimientos

Identificación y selección de las imágenes satelitales

Después de la delimitación del área de estudio, se procedió a la identificación y selección de las imágenes satelitales a emplear, las mismas que fueron Lansat 5 y 8 para el año 2008 (Figura 3a) y 2014 (Figura 3b), respectivamente; y, Sentinel 2 para el año 2020 (Figura 3c) (Tabla 4).

Tabla 4
Imágenes satelitales utilizadas en el estudio

Fecha y año	Tipo de imagen	Resolución espacial	Descarga
10 de agosto del 2008	Landsat 5	30	USGS
19 de diciembre del 2014	Landsat 8	30	USGS
19 de junio del 2020	Sentinel 2	10	USGS

Fuente: Elaboración propia (2022).

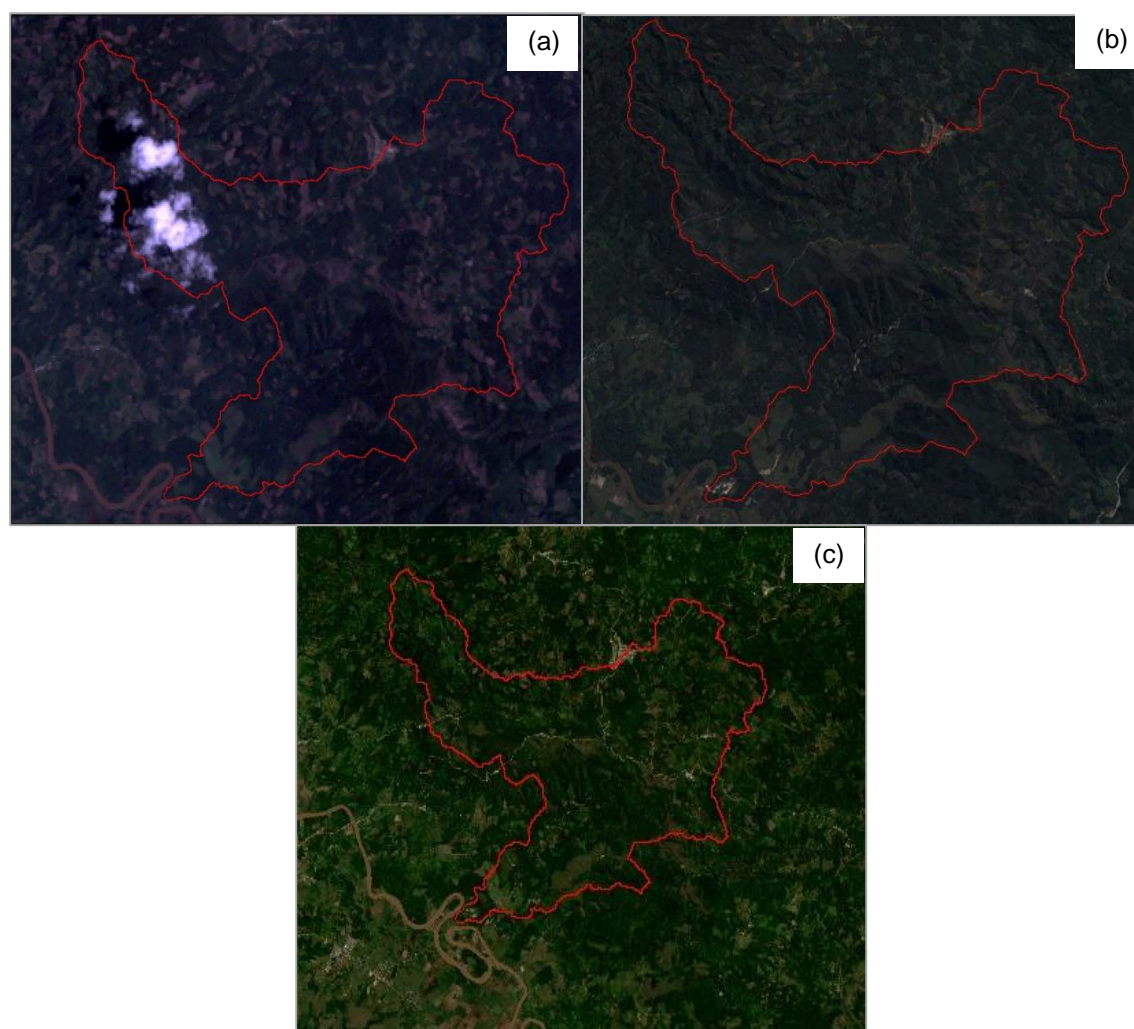


Figura 3. Imágenes ráster. (a) 2008, (b) 2014, (c) 2020.

Combinación de bandas de las imágenes satelitales

Se realizó la combinación de bandas 3 – 2 – 1 de las imágenes satelitales, a fin de evidenciar el área de estudio antes del procesamiento digital. El color natural presenta un similar aspecto a lo que observamos en imágenes de fotografía normal, debido a que la combinación de bandas de color natural tiende a aproximarse a la percepción de la vista humana, es así que, las tonalidades verdes son características de vegetación y los tonos marrones claros característicos de áreas deforestadas.

Procesamiento de las imágenes satelitales

Para procesar las imágenes satelitales se empleó el programa ArcGIS, realizando primeramente correcciones, las mismas que se mencionan a continuación:

a. Corrección radiométrica de las imágenes satelitales

Se desarrolló con el objetivo de calibrar datos de los píxeles de las imágenes satelitales empleadas, realizando una transformación de los números digitales a unidades de radiancia.

• Conversión de números digitales a radiancia

Para las imágenes Landsat la radiancia espectral ($L\lambda$) se mide en “vatios / (metro cuadrado *ster * μm)”, cuyas ecuaciones que permitieron determinarlos fueron:

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$$

$$L\lambda = (L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda} / Q_{calmax} - Q_{calmin}) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{MIN\lambda}$$

Donde:

$L\lambda$ es la radiancia espectral del sensor; ML y AL representan al factor multiplicativo y aditivo de reescalamiento específico de la banda, respectivamente; Q_{cal} es el valor de pixel discretizado y calibrado; $L_{MAX\lambda}$ y $L_{MIN\lambda}$ representan a la radiancia espectral máxima y mínima respectivamente correspondientes a la banda Q_{cal} ; y, Q_{calmax} y Q_{calmin} representan al valor máximo y mínimo del pixel (Vaughn, 2019).

• Determinación de la reflectancia al tope de la atmósfera (TOA)

Para desarrollar este proceso se emplearon las fórmulas que se muestran a continuación:

$$P\lambda = (\pi * L\lambda * d^2) / (ESUN\lambda * \text{SEN}(\Theta_{SE})); \text{ o,}$$

$$P\lambda = (\pi * L\lambda * d^2) / (ESUN\lambda * \text{COS}(\Theta_{ZE}))$$

Donde:

$P\lambda$ es la reflectancia en el techo de la atmósfera del sensor; $L\lambda$ radiancia espectral; d es la distancia de la tierra al sol al momento de la toma de la imagen; $ESUN\lambda$ representa la irradiación media solar exo-atmosférica; Θ_{SE} y Θ_{ZE} es el ángulo local de elevación del sol y el ángulo zenital solar en grados, respectivamente (NASA, 2011).

Para determinar la distancia de la tierra al sol, se usó la siguiente fórmula (Chuvieco, 2008).

$$d = 1 + 0,0167 * (\text{SEN} ((2*\text{PI})*((\text{Día Juliano} - 93,5))/365))$$

$$d = 1 - 0,0167 * \text{COS}(2 * \text{PI}()) * (\text{Día juliano} - 3) / 365$$

$$d = 1 - 0,01672 * \text{COS}(\text{RADIANS}(0,9856) * (\text{Día juliano} - 4))$$

El valor del parámetro “d”, tiende a variar a lo largo del año entre 0,983 y 1,017 unidades astronómicas.

Por otro lado, para determinar los valores de irradiación media solar exoatmosférica $ESUN_{\lambda}$ que se representa en $W/(m^2 * \mu m)$ se empleó la siguiente formula:

$$ESUN_{\lambda} = (n * (d * d) * \text{RADIANCE_MAXIMUN}) / \text{REFLECTANCE_MAXIMUN}$$

Donde:

REFLECTANCE_MAXIMUN y RADIANCE_MAXIMUN se encuentran dentro de la metadata de las imágenes satelitales (Vaughn, 2019).

Y, para convertir la elevación del sol de grados a radianes, se empleó lo siguiente:

$$(\Theta_{SE}^{\circ}) * \pi / 180$$

$$(\Theta_{ZE}^{\circ}) * \pi / 180$$

Donde:

Θ_{SE} y Θ_{ZE} es el ángulo local de elevación del sol y el ángulo zenital solar en grados, respectivamente (Bravo, 2017).

Corrección atmosférica

Este proceso se desarrolló con el objetivo de reducir la distorsión generado por factores atmosféricos como aerosoles, vapor de agua, ruido, etc.

a. Determinación del efecto bruma

Se empleó la siguiente formula:

$$L_p = ML + ND_{min} + AL - \frac{0,01 * ESUN_{\lambda} * \text{SEN}(\Theta_{SE})}{n * (d * d)}$$

Donde:

L_p representa al efecto bruma; ND_{min} es el valor digital mínimo; ML representa al factor multiplicativo también llamado ganancia “Radiance_mult_band_x”; AL representa a la constante aditiva o también conocido como sesgo “Radiance_add_band_x”; $ESUN_{\lambda}$ es la irradiación media del sol exo-atmosférica; Θ_{SE} es el ángulo local de elevación del sol; y, d representa a la distancia del sol a la tierra en unidades astronómicas (Sobrino et al., 2004).

b. Determinación de la reflectancia de la superficie

Para desarrollar este proceso se empleó la siguiente fórmula:

$$P_s = [\pi * (L\lambda - L_p) * d^2] / (ESUN\lambda * \text{SEN}(\theta_{SE}))$$

Donde:

P_s es la reflectancia de la superficie; $L\lambda$ es la radiancia espectral de ingreso al sensor; d es la distancia del sol a la tierra; $ESUN\lambda$ la irradiancia espectral solar exo-atmosférica; θ_{SE} es el ángulo local de elevación del sol; y, L_p representa al efecto bruma (Moran et al., 1992).

Corrección geométrica de las imágenes satelitales

Este proceso se desarrolló principalmente porque hay partículas con tamaño más pequeños en comparación con la longitud de onda de la radiación sola; normalmente, se asocia al tipo de radiación generada por moléculas de gases de la atmósfera (Sánchez, 2009).

Clasificación de las imágenes satelitales

Se emplearon dos criterios que fueron: área deforestada y área boscosa.

Elaboración de mapas de deforestación

Obtenidos los resultados de la clasificación de las imágenes satelitales, se procedió a elaborar mapas temáticos empleando el software ArcGIS, convirtiendo primeramente el ráster a polígono.

Estimación de la tasa de deforestación

Para estimar la tasa anual de deforestación se empleó la siguiente fórmula (Laurente, 2014):

$$TAD = (AB \text{ (final)} - AB \text{ (inicial)}) / N$$

Donde:

TAD es la tasa anual de deforestación; AB (final) representa al área de bosque (ha) en el año final; AB (inicial) es el área de bosque (ha) en el año inicial; y, N es el número de años que forman parte del periodo de análisis.

Diseño de puntos de muestreo

El diseño de los puntos de muestreo se determina al 95% de confianza, cuya muestra lo representan los puntos que se generan a nivel de gabinete, el mismo que se compara tomando como referencia al mapa clasificado con relación al punto y su

localización en la superficie terrestre, donde se analiza el área en torno al punto, el cual se encuentra dentro de un píxel de 10 x 10 m, debido a la resolución de las imágenes Sentinel 2A.

La cantidad de muestras se define en función al área total de estudio, considerando el nivel de confiabilidad para desarrollar la evaluación. De acuerdo a Cochran (1997) se recomienda una “distribución binomial de probabilidad”, según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{S^2 * p * q}{E^2}$$

Dónde: “n” representa al tamaño de la muestra; “S” es la abscisa de la curva normal estandarizada para un determinado nivel de probabilidad; “p” se refiere al % de logros que se estima para el área de la clase; “q” hace referencia al % de errores (1 – p); y, “E” es el error permitido (Cochran, 1997).

Análisis de datos

Se realizó la matriz de confusión y la determinación de diferentes medidas de error, precisión y exactitud, donde se determinan resultados de interpretación visual del mapa temático obtenido en gabinete (filas) y aquellos obtenidos en campo (columnas). La diagonal de la matriz de confusión expresa la cantidad de datos que se aciertan entre el gabinete y el campo, en tanto, las marginales muestran los errores de asignación. De la matriz de confusión se tiene: clases bien estimadas (A1 y A2), total de clases (R+S+X+Y = M), exactitud del usuario (clases bien estimadas/total: EP1 = A1/X) y exactitud del productor (clases bien estimadas/total: EU1 = A1/R) (MINAM, 2014) (Tabla 5).

Tabla 5
Matriz de confusión

Clase	Supervisión en campo		Total	Exact. del usuario
	Bosque	No bosque		
Bosque	A1	A2	X	EU1
No bosque	B1	B2	Y	EU2
Clasificación Total	R	S	M	
Exact. del producto	EP1	EP2		Po

Fuente: Tomado de MINAM (2014).

Medición de la exactitud del mapa

Para la medición de la exactitud del mapa se empleó el “índice de Kappa”, el cual representa a una proporción de coincidencias que se obtienen en un producto

cartográfico. Asimismo, muestra la medición de la diferencia entre la exactitud que se logró con la clasificación del software y la exactitud que se logró en campo (MIMAM, 2014).

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$$

Dónde:

Po = es el número de aciertos / Número total de clases

$$Po = (A1 + B2) / M$$

Pe = Cálculo desde la matriz de confusión.

$$Pe = ((EP1 \times EU1) + (EP2 \times EU2)) / M^2$$

Al terminar el procesamiento de la información que se encontró en campo, se comparación con los datos encontrados en gabinete, en función a las imágenes satelitales del 2020. Para ello se usaron valores del índice de Kappa, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 6

Valores del índice de Kappa

Kappa	Grado de concordancia
0,00	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerada
0,81 – 1,00	Casi perfecta

Fuente: Tomado de MINAM (2014).

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se usaron imágenes satelitales, para el respectivo análisis visual y análisis digital, como insumo para generar la información necesaria que fueron procesadas utilizando los SIG.

Posteriormente se creó los directorios para realizar el proceso con el objeto de sistematizar la información en el programa ArcGIS 10.5.

Asimismo, para procesar y analizar los resultados se empleó la estadística descriptiva a través de tablas y figuras, para ello se empleó el paquete estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

3.3.2 Objetivo específico 2

Establecer la cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca de Juninguillo, mediante una clasificación supervisada.

a. Actividades y tareas

- Desarrollar la clasificación no supervisada y supervisada.
- Los shapes fueron descargados de la página web de IDERSAN.
- Elaboración de mapas de cobertura vegetal.
- Elaboración de mapa de uso del suelo.

b. Descripción de los procedimientos

- Se clasificó las variaciones y se evaluó los cambios con ayuda de la interpretación visual de cada una de las imágenes satelitales empleadas. Para ello se adoptaron las claves de caracterización de cobertura vegetal que se basan en patrones de uso de tierra propuestos por el “Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)”. fin se adoptó la clave de caracterización de la cobertura vegetal basado en los patrones de uso de la tierra propuesto por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Se tuvo en cuenta el tipo de vegetación y uso de suelos.
- Se realizó la clasificación no supervisada que permitió la obtención de algoritmos, los mismos que definen a las clases formales e informales en base a 61 datos obtenidos, se toma en consideración la cantidad de clases donde es posible obtener una capa ráster con los píxeles debidamente clasificados, los cuales son empleados para la clasificación supervisada (Reclass). Se definió la escala de trabajo en 1:43,000 y se identificaron las coberturas vegetales y usos de suelos.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó mediante una clasificación no supervisada, esta se basa en píxeles y es esencialmente una clasificación automatizada por computadora; asimismo, se realizó la clasificación supervisada, para ello se empleó el software ArcGIS.

3.3.3 Objetivo específico 3

Proponer alternativas para la recuperación de los bosques deforestados dentro de la microcuenca de Juninguillo.

a. Actividades y tareas

Se realizó a través de la propuesta de un plan de conservación y reforestación de los bosques en la microcuenca Juninguillo.

- Identificación de la microcuenca Juninguillo como área natural protegida.
- Propuesta de programas de reforestación o de revegetación en las áreas deforestadas que fueron identificadas.
- Selección de los sectores de intervención.
- Obtención de materiales.
- Estimación del costo del programa de reforestación.

b. Descripción de los procedimientos

- Identificación del costo de las semillas de plántones y del compost por hectárea para la reforestación.
- Selección del tipo de plantas a utilizar en la reforestación, el cual dependerá directamente del tipo de suelo identificado.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó mediante el uso del programa SIG y mediante programa Microsoft Excel para procesar los tipos de plantas y el compost que serán utilizados en la reforestación.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico situacional de las áreas de bosques deforestados del año 2010 – 2014 – 2020 en la microcuenca de Juningullo

En la microcuenca Juningullo se encuentra una de las fuentes hídricas más importantes de centros poblados como las Orquídeas, Creación 2000, Cordillera Andina, Sector Juningullo, como también de la población del barrio de Zaragoza; por otro lado, de forma indirecta se benefician caseríos como Nuevo Juningue, Puerto Metoyacu, Nuevo Progreso, El Sufrido y los posesionarios colindantes al área; sin embargo, los problemas de deforestación no pasaron por desapercibidos en la zona, lo cual se estudió y encontró lo presentado a continuación, referente a la cobertura boscosa y bosques deforestados entre los años 2008 – 2020.

4.1.1. Cobertura boscosa y deforestada entre los años 2008 – 2020 en la microcuenca Juningullo

De una superficie de 3 292,08 ha de la microcuenca Juningullo, se determinó que, en el año 2008, el área boscosa con representación superficial del 73,16% (2 408,59 ha) fue mayor que el área deforestada que representó el 26,84% (883,49 ha), existiendo entre ambas coberturas una diferencia de 1 525,11 ha a favor de la superficie boscosa (Figura 4).

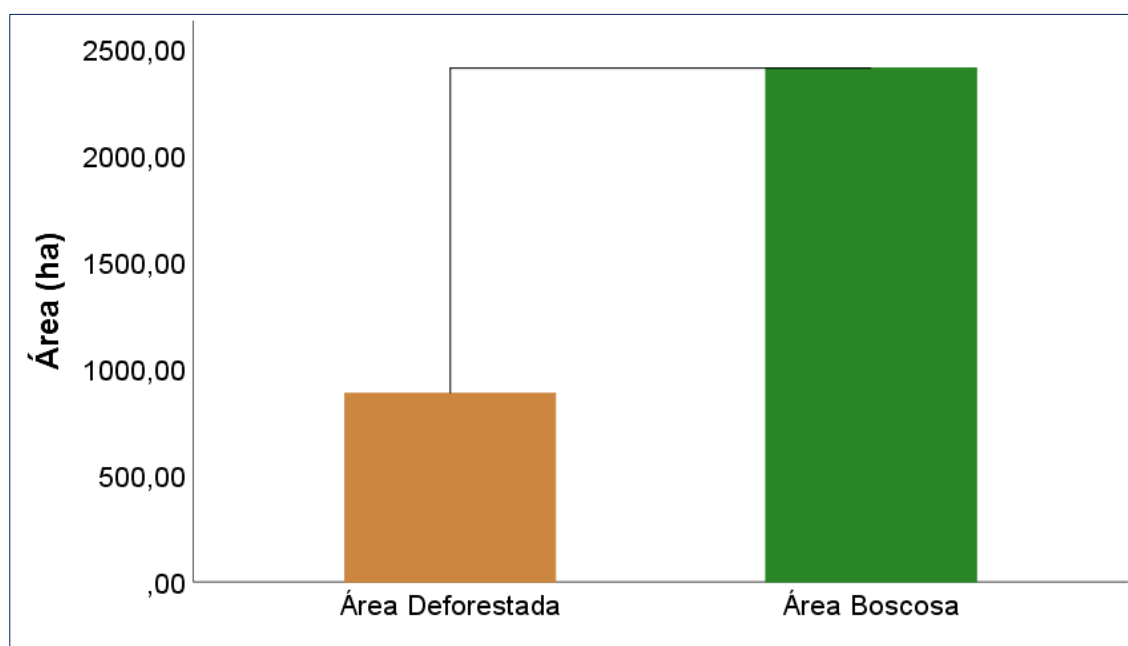


Figura 4. Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juningullo – 2008.

De una superficie de 3 292,08 ha de la microcuenca Juninguillo, se determinó que, en el año 2014, el área boscosa con representación superficial del 62,71% (2 064,39 ha) fue mayor que el área deforestada que representó el 37,29% (1 227,69 ha), existiendo entre ambas coberturas una diferencia de 836,70 ha a favor de la superficie boscosa (Figura 5).

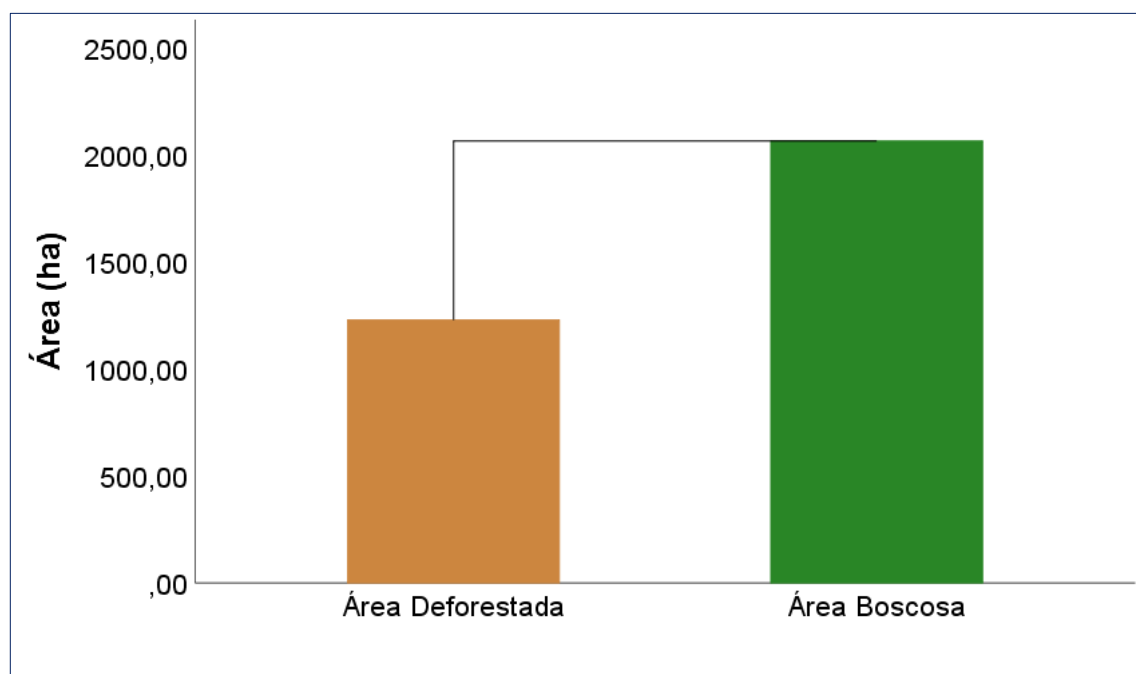


Figura 5. Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo – 2014.

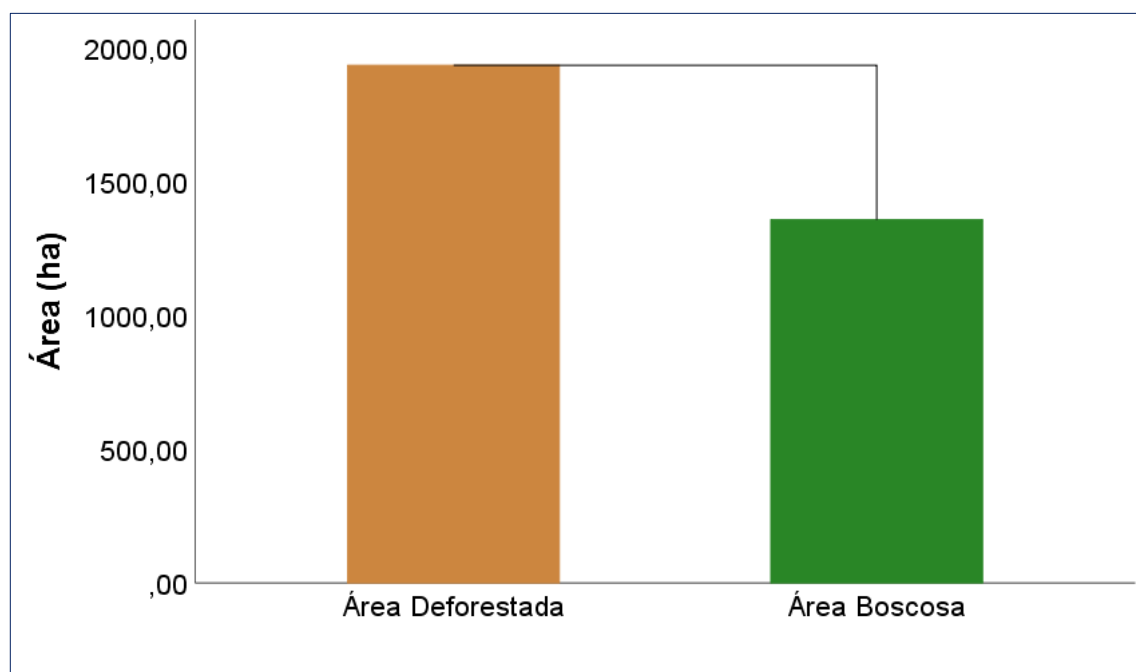


Figura 6. Cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo – 2020.

De una superficie de 3 292,08 ha de la microcuenca Juninguillo, se determinó que, en el año 2020, el área deforestada con representación superficial del 58,77% (1 934,74 ha) fue mayor que el área boscosa que representó el 41,23% (1 357,34 ha), existiendo entre ambas coberturas una diferencia de 577,40 ha a favor de la superficie deforestada (Figura 6).

La línea de tendencia del área de cobertura boscosa muestra un descenso conforme avanzan los años siendo mayor la superficie en el año 2008 (2 408,59 ha) y menor en el año 2020 (1 357,34 ha) lo que demuestra una disminución de los bosques en la microcuenca, a diferencia de la línea de tendencia del área deforestada que se incrementa conforme avanzan los años siendo menor en el año 2008 (883,49 ha) y mayor en el año 2020 (1 934,74 ha) lo que denota aumento considerable de la deforestación entre los años estudiados (Figura 7).

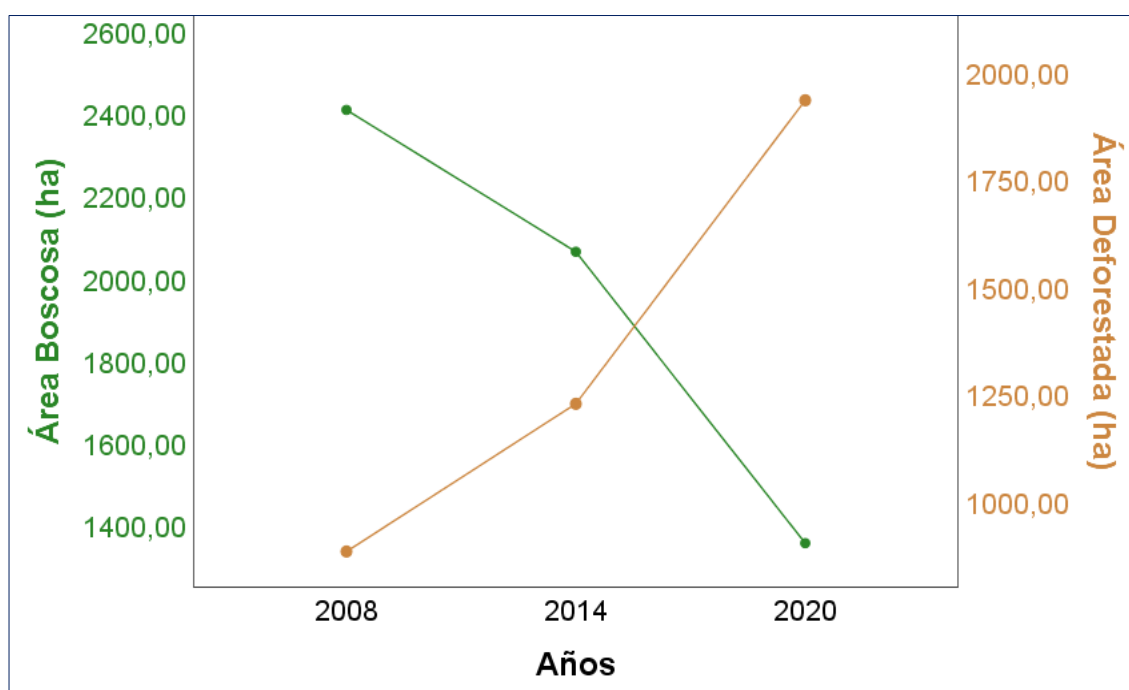


Figura 7. Línea de tendencia de área de cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo 2008– 2020.

La mayor cantidad de pérdida de cobertura boscosa se dio entre 2014 (2 064,39 ha) y 2020 (1 357,34 ha) llegando a perderse el 21,48% (707,05 ha) de la superficie total (3 292,08 ha), a diferencia de la pérdida del 10,46% (344,20 ha) de la superficie total entre los años 2008 y 2014; en tanto, entre el año 2008 y 2020 se perdió un total de 1 051,25 ha que representa el 31,93% de la superficie total (Figura 8).

La mayor cantidad de incremento de cobertura deforestada se dio entre los años 2014 (1 227,69 ha) y 2020 (1 934,74 ha) llegando a incrementarse en 21,48% (707,05 ha) la superficie total (3 292,08 ha), a diferencia del incremento del 10,46% (344,20 ha) de la superficie total entre los años 2008 y 2014; en tanto, entre el año 2008 y 2020 la superficie deforestada se incrementó en 1 051,25 ha que representa el 31,93% de la superficie total (Figura 8).

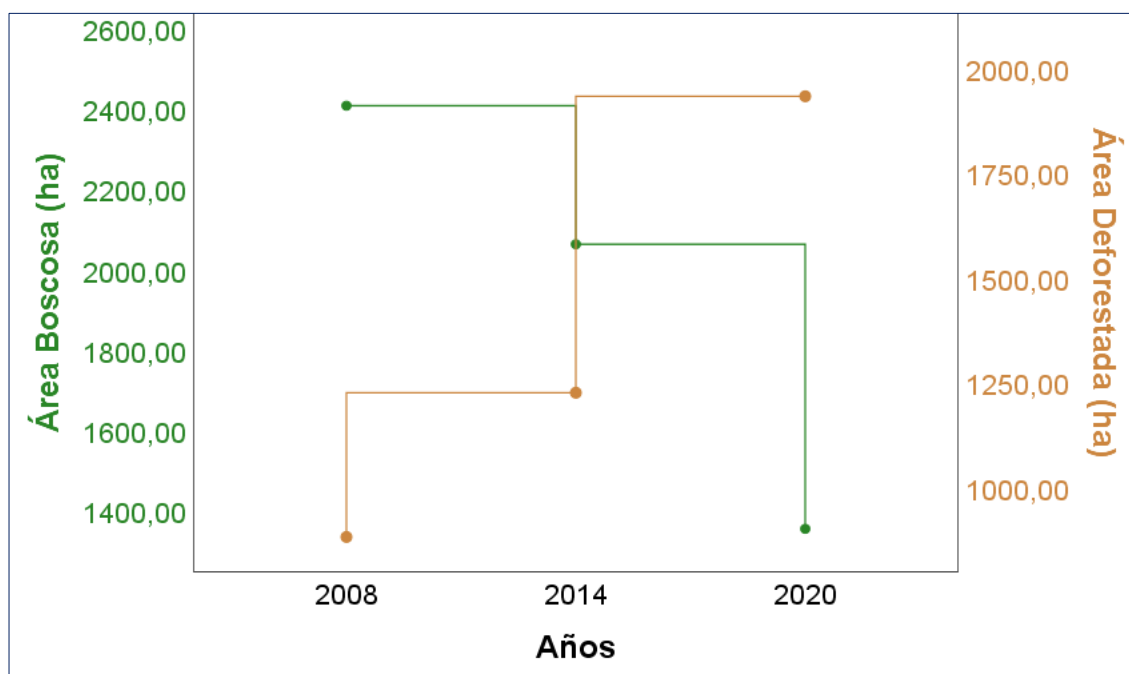


Figura 8. Diferencias entre las áreas de cobertura boscosa y deforestada en la microcuenca Juninguillo 2008– 2020.

4.1.2. Tasa de deforestación en la microcuenca Juninguillo

La mayor tasa de deforestación del 3,58% (117,84 ha/año) fue determinado en el periodo 2014 – 2020, a diferencia del periodo 2008 – 2014 donde se determinó una tasa menor de deforestación del 1,74% (57,37 ha/año); en tanto, entre el periodo 2008 – 2020 la tasa de deforestación fue de 2,66% (87,6 ha/año) (Tabla 7).

Tabla 7

Tasas de deforestación en la microcuenca Juninguillo

Periodo	Tasa anual de deforestación	
	ha/año	%
2008-2014	57,37	1,74
2014-2020	117,84	3,58
2008-2020	87,6	2,66

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.1.3. Exactitud temática del mapa de áreas de bosques deforestadas del año 2020

La exactitud del producto de la clase bosque y no bosque presenta un valor de 0,81 y 1,0 respectivamente; asimismo, la exactitud del usuario de la clase bosque y no bosque obtiene un valor de 1,00 y 0,82 respectivamente (Tabla 8). A partir de ello, se determina valores de $P_o = 0,90$ y $P_e = 0,49$, siendo 0,80 el índice de Kappa que representa un grado de concordancia “considerada” (Tabla 6).

Tabla 8

Cálculo de la matriz de confusión

Clase	Supervisión en campo		Total	Exact. del usuario	Error de omisión	
	Bosque	No bosque				
Clasificación	Bosque	30	0	30	1,00	0,00
	No bosque	7	31	38	0,82	0,18
	Total	37	31	68		
	Exact. del producto	0,81	1,00		0,90	
	Error de omisión	0,19	0,00			

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2. Cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca de Juningullo, mediante una clasificación supervisada

Entre las clases informales encontradas en la microcuenca Juningullo se determinó a la vegetación arbórea cuya categoría es de bosque húmedo tropical intervenido con clases informales de Ceticos, Shimbillos, Huimba; asimismo, se determinó a la clase informal de áreas agropecuarias con categorías como cultivos de ciclo perenne y de ciclo corto, para el primero las clases formales fueron los cultivos de Cacao y Café, y para el segundo las clases formales fueron Maíz, Yuca, Frejol y Plátano (Tabla 9).

Tabla 9
Clases informales, formales y categorías

Clases informales	Categorías	Clases formales
Vegetación arbórea	Bosque húmedo tropical intervenido	<i>Cecropia sp.</i> “Céticos”
		<i>Inga sp.</i> “Shimbillos”
Áreas agropecuarias	Cultivos de ciclo perenne	<i>Ceiba sp</i> “Huimba”
		<i>Jacaranda copaia</i>
	Cultivos de ciclo corto	<i>Theobroma cacao</i> “Cacao”
		<i>Coffea arabica</i> “Café”
Cuerpos de agua	Pastizales Ríos	<i>Zea mays</i> “Maíz”
		<i>Manihot esculenta</i> “Yuca”
		<i>Phaseolus vulgaris</i> “Frijol”
		<i>Musa x paradisiaca</i> “Plátano”
		Pastos
		Lagos
		vertientes

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se determinó un total de 5 coberturas vegetales en el ámbito de la microcuenca Juninguillo, dentro de los cuales las más representativas son: Bosques de montañas subandinas con árboles medianos y matorrales densos debido a que abarcan una amplia cobertura, seguido de las áreas intervenidas – deforestadas principalmente por la acción antrópica, luego se encuentran los bosques de montañas bajas con árboles medianos del Mayo y bosques tipo varillales del Mayo, en menor cobertura se encuentran los cuerpos de agua (ver Anexo 6).

Asimismo, se determinó un total de 4 usos de suelo en la microcuenca Juninguillo, siendo el más representativo el uso de suelo sin uso productivo al abarcar una mayor superficie dentro de la microcuenca, seguido del uso de suelo de código 3 correspondiente al frente productivo de predominio ganadero y luego el frente productivo de predominio de agricultura diversificada; en tanto, con menor representación se encuentran los cuerpos de agua, al abarcar una superficie mínima dentro de la microcuenca (ver Anexo 5).

4.3. Propuesta de alternativas para la recuperación de los bosques deforestados dentro de la microcuenca de Juninguillo

Implementar y ejecutar un plan de reforestación y conservación de los bosques en la microcuenca Juninguillo.

a) Conservación de los bosques de la microcuenca Juninguillo

Se sabe que en el área de la microcuenca Juninguillo se encuentran coberturas boscosas naturales que enverdecen la superficie, lo cual es de suma importancia y necesario para conservar el sistema hídrico que existe en la microcuenca. Asimismo, se sabe que no hay vigilancia en la zona, lo que hace vulnerable al área a ser alterado por invasores y agricultores, tal como ocurre en diferentes zonas naturales de la provincia de Moyobamba.

Es ante ello que resulta importante que los gobiernos locales impulsen estrategias y/o alternativas de conservación de los bosques, como por ejemplo mediante la investigación y turismo.

b) Áreas a reforestar en la microcuenca Juninguillo

Para reforestar las áreas de la microcuenca Juninguillo los actores involucrados son las instituciones del sector público y privado, como también los gobiernos locales ubicados en la zona de influencia del área alterada y los que se dedican a labores relacionados con el ambiente, como la Autoridad Regional Ambiental (ARA), el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), Universidad Nacional de San Martín, (UNSM), Universidad Cesar Vallejo (UCV), entre otras más.

Tabla 10

Sectores dentro de la microcuenca Juninguillo

Provincia	Sectores de la microcuenca Juninguillo
Moyobamba	Alto Juninguillo
	Las Orquídeas
	Creación 2000
	Cordillera Andina

Fuente: Elaboración propia (2022).

c) Obtención de materiales

Plantones: En la actualidad, la provincia de Moyobamba cuenta con vivero municipal, donde se producen plantones para el mantenimiento de jardines y parques, como

también producen arboles madereros; asimismo, diversas instituciones públicas dentro de la provincia cuentan con viveros de donde es posible abastecerse con los plantones.

Compost: Mediante los incentivos municipales impulsados desde el gobierno nacional, las diferentes municipalidades implementaron plantas productoras de compost, empleando residuos de tipo orgánicos producidos en viviendas, mercados y los residuos generados por mantenimiento de jardines y parques.

Plantas a usar en la reforestación: Para el desarrollo del programa de reforestación de las áreas deforestadas en la microcuenca Juninguillo se deberán emplear árboles y palmeras característicos del área a intervenir, los mismos que se tomaron en cuenta del proyecto denominado: “Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca Juninguillo, provincia de Moyobamba, región San Martín”

Tabla 11

Árboles para la reforestación de las áreas afectadas

Nombre común	Nombre científico	Familia	Tipo
“Palmera”	<i>Iriartea</i> sp.	Arecaceae	Palmera
“Chope”	<i>Gustavia augusta</i> L.	Lecythidaceae	Maderable
“Tornillo”	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Fabaceae	Maderable
“Quillo sisa”	<i>Vismiifolia spruce ex war.</i>	Vochysiaceae	Maderable
“Cedro masha”	<i>Cedrelinga.</i>	Fabaceae	Maderable
“Caoba”	<i>Swietenia macrophylla</i>	meliaceae	Maderable
“Cumala amarilla”	<i>Virola calophylla</i>	Miristáceas	Maderable
“Quina quina”	<i>Cinchona officinalis</i>	Sapotaceae	Maderable
“Indano”	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	maderable
“Mohena alcanfor”	<i>Ocotea costulata</i>	Lauracea	Maderable

Fuente: Elaboración propia (2022).

El sembrado de las palmeras y árboles deberá realizarse en distancias de cada 5 metros, es decir en una hectárea se requerirá un total de 400 plantones.

Si los gobiernos locales y regionales se comprometen a formular proyectos de recuperación de ecosistemas o áreas deforestadas, sería posible contrarrestar los problemas y recuperar el sistema hídrico de la microcuenca Juninguillo que es indispensable para la población local actual y para las generaciones futuras.

d) Costo del programa de reforestación

Conociendo todo el problema de la deforestación se consideró como una alternativa para la recuperación de los bosques perdidos a un programa de reforestación en la

microcuenca Juninguillo, con plántones madereros del vivero municipal de la provincia de Moyobamba, donde se utilizarán entre 400 plántones por hectárea, sembrados en distancias de cada 5 m, cuyo costo estimado por hectárea es de S/. 9560,00 equivalente a 2523,30 \$, donde el 62,24% (S/. 5950,00) del presupuesto total corresponde a la partida de instalación de plántones en campo definitivo del proyecto, donde se encuentran partidas como: preparación de campo y trazado de terreno, trasplante y manejo de plántones, fertilización para la siembra en campo definitivo, traslado de plántones a campo definitivo, plateo y recalce, mantenimiento de plántones y control sanitario, fertilización a los 12 meses y en campo definitivo; asimismo, el 37,76% (S/. 3610,00) del presupuesto total corresponde a la partida de implementación para el manejo de viveros, donde se encuentra el desarrollo de partidas como: adquisición de semillas certificadas, preparación de sustrato, embolsado y acomodo, repique de plántones, fertilización y control sanitario en vivero, y las herramientas para la operación del vivero (Tabla 12).

Tabla 12*Costo por hectárea para la reforestación*

Partidas	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Total
Implementación para el manejo de viveros				3610,00
Adquisición semillas certificadas	Ha.	1,00	500,00	500,00
Preparación de sustrato				1500,00
Enmienda agrícola	m ³	1,50	1000,00	1500,00
Preparación de sustrato para bolsa repiquera				50,00
Peón	Jornales	1,00	50,00	50,00
Embolsado y acomodo				130,00
Peón/Embolsado	Jornales	1,00	50,00	50,00
Peón/Acomodo	Jornales	1,00	50,00	50,00
Bolsas de almácigos 4x8	Millar	0,60	8,00	4,80
Bolsas de almácigos 5x8	Millar	0,60	12,00	7,20
Bolsas de almácigos 6x12	Millar	0,60	30,00	18,00
Repique de plántones	Unid.	600,00	0,50	50,00
Peón	Jornales	1,00	50,00	50,00
Fertilización de plántones y control sanitario en vivero				180,00
Fungicida	Litros	0,50	150,00	75,00
Insecticida	Litros	0,50	150,00	75,00
Abono foliar	Litros	0,50	60,00	30,00
Herramientas para la operación del vivero				1200,00
Instalación de plántones en campo definitivo del proyecto				5950,00
Preparación de campo, trazado de terreno				500,00
Peón/preparación de campo, alineamiento y estaquilleo	ha.	1,00	500,00	500,00
Trasplante y manejo de plántones				500,00
Peón/plateo, poseo y siembra (1m de diámetro)	ha.	1,00	500,00	500,00
Fertilización de plántones para la siembra en				1000,00

campo definitivo				
Enmienda agrícola	ton	1,00	1000,00	1000,00
Traslado de plántones para la siembra en campo definitivo				1550,00
Peón/Traslado	ha.	1,00	50,00	50,00
Movilidad	Gral.	1,00	1000,00	1500,00
Plateo y recalce				200,00
Peón/plateo y recalce	ha.	1,00	200,00	200,00
Mantenimiento de las plantaciones y control sanitario				1000,00
Peón/deshierbo (por 2 veces)	ha.	1,00	1000,00	1000,00
Fertilización a los 12 meses				1000,00
Enmienda agrícola	ton	1,00	1000,00	1000,00
Fertilización de plántones en campo definitivo				200,00
Peón/traslado (Total 1 veces al año)	ha.	1,00	200,00	200,00
Costo total por hectárea (S/.)				9560,00
Costo total por hectárea (\$)				2523,30

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.4. Resumen general de principales resultados obtenidos

Tabla 13

Resumen de principales resultados

Diagnóstico situacional	Cobertura vegetal y uso de suelo	Propuesta de alternativas	Responsables
En el año 2008 la microcuenca presentaba 2 408,59 ha de bosque, el área deforestada fue 883,49 ha, con pérdida de gran cantidad de árboles maderables como shimbillo, moena, cascarilla, cumala blanca, etc. y palmeras, así como de la fauna: el oso de anteojos, mono choro común, la lechucita bigotona, guacamayo verde, etc.	El análisis de la cobertura vegetal muestra que la microcuenca posee un 65% de bosques de montaña subandinas con árboles medianos y matorrales densos.	Programas reforestación	Municipalidad y/o Organizaciones no Gubernamentales (ONG)
Para el 2014 la microcuenca presentaba 2 064,39 ha de bosque, el área deforestada fue 1 227,69 ha, a efecto de esto se perdió gran cantidad de árboles maderables.	Se demostró que existe un porcentaje de aproximadamente 30% de las áreas intervenidas o deforestadas en la microcuenca Juninguillo.	Árboles (400 por hectárea) para la reforestación de las áreas afectadas.	Municipalidad y/o Organizaciones no Gubernamentales (ONG)

Para el 2020 la microcuenca presentaba 1 357,34 ha de bosque, el área deforestada fue 1 934,74 ha, en la superficie afectada se perdió gran cantidad de árboles maderables.	En el uso de suelo se demostró que aproximadamente un 80% está considerada como sin uso productivo en la microcuenca Juninguillo.	Costo por hectárea para la reforestación. El programa puede ser financiado con fondos propios o mediante concursos para fondos no retornables.	Municipalidad y/o Organizaciones no Gubernamentales (ONG)
Durante el periodo 2008 – 2014 la tasa de deforestación fue de 57,37 ha/año con representación del 1,74%; siendo mayor en el periodo 2014 – 2020 con 117,84 ha/año equivalente a 3,58% al año; en tanto, entre los años 2008 – 2020 la tasa promedio de deforestación fue de 87,6 ha/año representado por el 2,56%.	El frente productivo de predominio de agricultura diversificada es de sólo 10 % aproximadamente.	Se plantea el programa de reforestación para las áreas deforestadas con plantones madereros del vivero municipal de la provincia de Moyobamba, donde se utilizarán 400 plantones por hectárea.	Municipalidad y/o Organizaciones no Gubernamentales (ONG)

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.5. Discusión de resultados

Fragoso (2017), refiere que dentro de las causas principales del cambio de uso de suelo se encuentra la tala legal e ilegal de los bosques, los incendios y problemas sociales como la corrupción, baja economía, desorganización; información que se corrobora, sustentando que en la zona de estudio entre las causas principales que conllevaron al cambio de uso de suelo se encuentra la deforestación, que en muchos casos se desarrolla para expandir cultivos agrícolas que permitan generar ingresos económicos.

A través de la clasificación no supervisada y supervisada fue posible obtener algoritmos, que definieron las clases informales y formales de acuerdo a 61 datos, logrando de esta forma obtener resultados exitosos de cobertura vegetal y uso del suelo en la microcuenca Juninguillo; al respecto, Gamarra (2017), en su estudio desarrolló la clasificación supervisada empleando “el algoritmo Random Forest” que le permitió clasificar de forma precisa y eficiente los usos y coberturas de suelos, lo que demuestra la eficiencia del proceso de clasificación supervisada de imágenes satelitales para obtener resultados esperados, recomendando además el empleo del algoritmo Random Forest empleado por el mencionado autor, para clasificar las coberturas y uso de suelos en las diferentes zonas de la región San Martín.

Se determinó que el uso de suelo con mayor superficie fue sin uso productivo, seguido del frente productivo de predominio ganadero, frente productivo de predominio de

agricultura diversificada y en menor proporción los cuerpos de agua; información que se relaciona con lo encontrado por Toala (2018), ya que la superficie agropecuaria representó la mayor superficie, luego la vegetación arbórea y en menor proporción fue el área de los cuerpos de agua, lo que demuestra que este último representa un menor porcentaje dentro de un ámbito de estudio, por lo cual es necesario conservar y preservar para las generaciones futuras.

Asimismo, Toala (2018), refiere que los sistemas de información geográfica (SIG) resultan fundamentales para determinar tasas de deforestación en microcuencas, información que se corrobora, ya que en la presente investigación los SIG permitieron obtener los resultados esperados.

Entre los años 1990 y 2016 Toala (2018), determinó una tasa anual de deforestación de 4,19% en la microcuenca Cañas con superficie de 2 393 ha; al respecto, para una superficie de 3 292,08 ha en un menor número de años (2008-2020), se determinó una tasa de deforestación anual de 2,66%, lo que demuestra una acelerada pérdida de cobertura vegetal en la microcuenca Cañas a diferencia de la microcuenca estudiado, sustentando a que ello se debe a mayores efectos de la variación del uso de suelo.

Se estudiaron dos periodos (2008-2014 y 2014-2020), determinando una mayor deforestación en el segundo periodo (707,05 ha) a diferencia del primer periodo (334,20 ha); al respecto, García (2018) determinó que en su segundo periodo la superficie deforestada fue menor a la del primer periodo, lo cual se sustenta en la mitigación del problema con la formación del área natural protegida.

El MINAM (2014), refiere que los valores del índice de Kappa pueden ubicarse de acuerdo a 6 grados de concordancia; al respecto, se determinó un valor de Kappa de 0,80 mediante la validación en campo del mapa de cobertura del 2020, lo cual demuestra que el trabajo realizado tiene un grado de concordancia "considerada".

Entre las principales causas de la pérdida de bosques se encuentra la deforestación para la expansión de terrenos agropecuarios, información que se corrobora con lo encontrado por Rodríguez (2018); ante ello, resulta necesario implementar alternativas de recuperación de bosques como son los proyectos de reforestación, que para una hectárea de la microcuenca Juninguillo sería necesario una inversión de S/. 9560,00, priorizando las zonas más afectadas y vulnerables.

Es muy importante que los proyectos de reforestación que deben implementarse en la microcuenca Juninguillo, sean priorizados en la cabecera de la microcuenca a fin de mejorar el caudal del sistema hídrico y preservar el recurso para las generaciones

futuras de los centros poblados y de la ciudad de Moyobamba, debido a que son las cabeceras las que abastecen de agua a los ríos y quebradas (Rivera, 2019).

Rojas et al, (2019), determinaron niveles elevados de pérdida de bosques en zonas aledañas a redes viales e hídricas, información que se corrobora con lo encontrado en la presente investigación, ya que grandes superficies de áreas deforestadas colindan con cuerpos de agua y redes viales.

CONCLUSIONES

1. Durante los años 2008 – 2020 los bosques de la microcuenca Juninguillo han disminuido en 1051,25 ha, siendo 2408,59 ha para el año de inicio y 1357,34 ha en el año final, cantidad disminuida que representa el 31,93% de cobertura boscosa deforestada; la pérdida de bosques revela que el índice de deforestación promedio anual es de 2,66% (87,6 ha/año), es decir si se continúa a este ritmo la microcuenca Juninguillo quedaría sin bosques el año 2035; asimismo, se determinó un grado de concordancia “considerada” del trabajo realizado con un índice de Kappa de 0,80.
2. La cobertura vegetal predominante en la microcuenca Juninguillo son los “bosques de montaña subandinas” con árboles medianos y matorrales densos y el uso de suelo preponderante es “sin uno productivo”, aquellos suelos no aptos para actividades agrícolas.
3. La estrategia para recuperar los bosques de la microcuenca Juninguillo se sustenta en un programa de reforestación con árboles característicos de la zona y con la participación de actores del sector público y privado, donde las localidades a priorizar son Alto Juninguillo, Las Orquídeas, Creación 2000 y Cordillera Andina, requiriendo una inversión estimada de S/. 9560,00 por hectárea para la implementación del programa, priorizando áreas más alteradas y vulnerables.
4. Se concluye que, los sistemas de información geográfica aplicados determinaron que la superficie deforestada se incrementó entre los años 2008 y 2020 en la microcuenca Juninguillo, Moyobamba a una velocidad de 87,6 ha/año.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a profesionales interesadas u organizaciones no gubernamentales tomar en cuenta los resultados para línea base del estado de la Microcuenca Juninguillo, con el fin de dar a conocer a las autoridades que tienen la función de velar por la protección de los bosques, y el desarrollo sostenible de los distritos, provincias y región en la que se encuentra.
2. A las autoridades municipales, realizar un plan de manejo de la microcuenca con el fin de disminuir la tasa de crecimiento de la deforestación dentro de la microcuenca Juninguillo, ya que, si este problema no se detiene hasta el 2035, la microcuenca Juninguillo quedaría sin bosques.
3. De igual manera, a entidades públicas o privadas crear zonas donde se pueda aprovechar nuestros bosques sin necesidad de deforestarlos, impulsando el turismo, experiencias vivenciales, estudios científicos, etc., con el fin de preservar la flora y fauna que existe dentro de la Microcuenca Juninguillo.
4. A investigadores y profesionales de la facultad de ecología, recomendarles desarrollar investigaciones referidos al tema abordado, a fin de hacer de conocimiento a las autoridades municipales para la pronta intervención con proyectos que permitan proteger y conservar nuestras microcuencas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranoff, S. (2018). *Geographic information system: A management perspective*, Ottawa, Canadá: WDL Publications.
- Ariza, A. (2013). *Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*. <https://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- AECID. (2018). Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Llamatepec.
- Bravo, N. (2017). *Teledetección espacial Landsat, Sentinel 2, Aster L1T y Modis* [En línea]. 1.a ed. Huánuco – Perú.
- Caciano, R. (2016). Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. *Terra latinoamericana*, octubre-diciembre, 31, (4), pp. 339346.
- Castillo, M. (2018). Análisis con Imágenes Satelitales de los Recursos Forestales en el Trópico Húmedo de Chiapas. (Tesis de Grado) Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental*. [En línea]. Tercera edición. España. Editorial book print digital. ISBN: 978-84-344-8073-3
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques* (Third edition). https://www.academia.edu/29684662/Cochran_1977_Sampling_Techniques_Third_Edition
- Darghouth, S., Ward, C., Gambarelli, G., Styger, E., & Roux, J. (2008). *Watershed management approaches, policies, and operations: Lessons for scaling up* (Vol. 11). <https://documents1.worldbank.org/curated/en/142971468779070723/pdf/442220NWP0dp111Box0327398B01PUBLIC1.pdf>
- De la Cruz, J y Muñoz, G. (2016). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo del área de influencia del programa de reforestación de la federación nacional de cafeteros en el municipio de Popayán, Cauca – Colombia. (Tesis de grado). Universidad De Manizales.
- European Commission (EC). (2018). *Sentinel-2*. https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_Sentinel-2_Factsheet_13042018.pdf

- Fragoso, N. (2017). Comparación del cambio de cobertura y uso de suelo a través de Sistemas de Información Geográfica en Acaxochitlán, Hidalgo. (Tesis de grado). Universidad Veracruzana.
- FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo.
- Gamarra, S. (2017). Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramón – Chanchamayo – Junín – Perú. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- García, E. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. Colombia: Producción + Limpia. ISSN: 1909-0455. vol 11. n2.
- García, V. (2018). Análisis de la deforestación en el bosque de protección Altomayo – San Martín mediante técnicas de geomática. (Tesis de grado). Universidad De Piura.
- García, M. (2017). Asociación internacional de cartografía y mapas temáticos.
- Granda, T y Zamudio, I. (2016). Servicio y localización espacial. (Tesis de grado). Universidad veracruzana.
- González, A. (2018). Elaboración de mapas de usos potenciales del suelo. VII CIA – S4: Prospección geofísica y teledetección.
- Hernández, A. (2017). Metodología de investigación para tesis.
- Hernández, C. E., & Carpio, N. (2019). Metodología de la investigación. Introducción a los tipos de muestreo. *Revista ALERTA Año, 2(1), 75–79.* <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Kanninen, M. (2019). Implicaciones de la investigación sobre deforestación en las medidas para promover la REDD. Bogo, Indonesia: Center for international for international forestry research (CIFOR).
- Kumar, A., Bhardwaj, A., Kumar, P., & Padaliya, H. (2017). Delineation of micro-watershed using geo-spatial techniques - research journal. *Journal of Environment, Science and Technology, 3(2).* <https://www.gyanvihar.org/journals/index.php/2018/12/01/delineation-of-micro-watershed-using-geo-spatial-techniques/>
- Laurente, M. (2014). Medición de la deforestación mediante percepción remota en la microcuenca río Supte, Tingo María – Perú, *GeoFocus (Informes)*, nº 11, p. 1-15. ISSN: 1578-5157.

- López, D. (2016). Análisis de cambio de cobertura con imágenes de satélite del tramo 3 de la carretera interoceánica (Iirsa – Sur) entre los años 2005 – 2011. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.
- López, K. (2019). Análisis espacial (1987-2017) y predictivo (2050) del hábitat del mono tocón, PLECTUROCEBUS OENANTHE Thomas, en la región San Martín, Perú. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Lozada, J. (2016). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Martínez, L y Ruíz, L. (2016). Análisis de la pérdida en la cobertura vegetal a partir de un estudio multitemporal 2007 - 2013 parque nacional natural Alto Fragua Indi Wasi. (Tesis de posgrado). Universidad distrital Francisco José de caldas – Bogotá.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación* (1ra ed.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/11898/Protocolo-Validacion-Mapa-Deforestacion.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). *Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas - PMAM*. [https://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuencas%20\(00000002\).pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/GU%C3%8DA%20PMA%20de%20Microcuencas%20(00000002).pdf)
- Monsonis, M. (2017) Uso de la Teledetección y los SIG en la Vigilancia de la Calidad del Agua: Aplicación al Mar Menor. Cartagena; España. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Cartagena.
- Morán, S., Jackson, R., Staler, P., & Teillet, P. (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output Remote Sensing of Environment. ISSN: 0034-4257
- NASA. (2011). Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt. 186pp.
- Nino, F. (2017). *Teledetección espacial Landsat, Sentinel 2, Aster L1T y Modis*. https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. *Remote Sensing*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/RS12142291>

- Proyecto Especial Alto Mayo. (2019). "Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca Juningullo, distrito y provincia de Moyobamba, región San Martín". Gobierno Regional de San Martín.
- Reaño, (2018). G. San Martín ordena su territorio para salvar sus bosques.
- Rivera, A. F. (2019). Propuesta de reforestación como alternativa para la conservación de áreas de interés estratégico en la vereda Cuatro Esquinas del municipio de Facatativá, Cundinamarca. (Tesis de pregrado). Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, A. (2018). Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta. (Tesis para Magister). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rojas, N, Barboza, E, Maicelo, J, Oliva S y Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. (Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Rodríguez, N. (2018). Determinación de la deforestación entre los años 1986 y 2016 mediante las técnicas de teleducación y SIG, distrito de Sauce – Perú. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín.
- Salgado, R. (2016). La deforestación y sus consecuencias con el medio ambiente. La ciencia en pocas palabras.
- Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>
- SEMARNAP. (2016). Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental - México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. 2016
- Smith, J., y Schwartz, J. (2015). La deforestación en el Perú. Cómo las comunidades indígenas, agencias gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro y negocios trabajan juntos para detener la tala de los bosques. WWF-Perú. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/la_deforestacion_en_el_peru.pdf
- Sobrino, J., Jiménez, J., y Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. ISSN: 0034-4257
- Soulé, M y Orians, G. (2016). Conservation biology: research priorities for the next decade. Sunderland, MA. USA: Island Press.

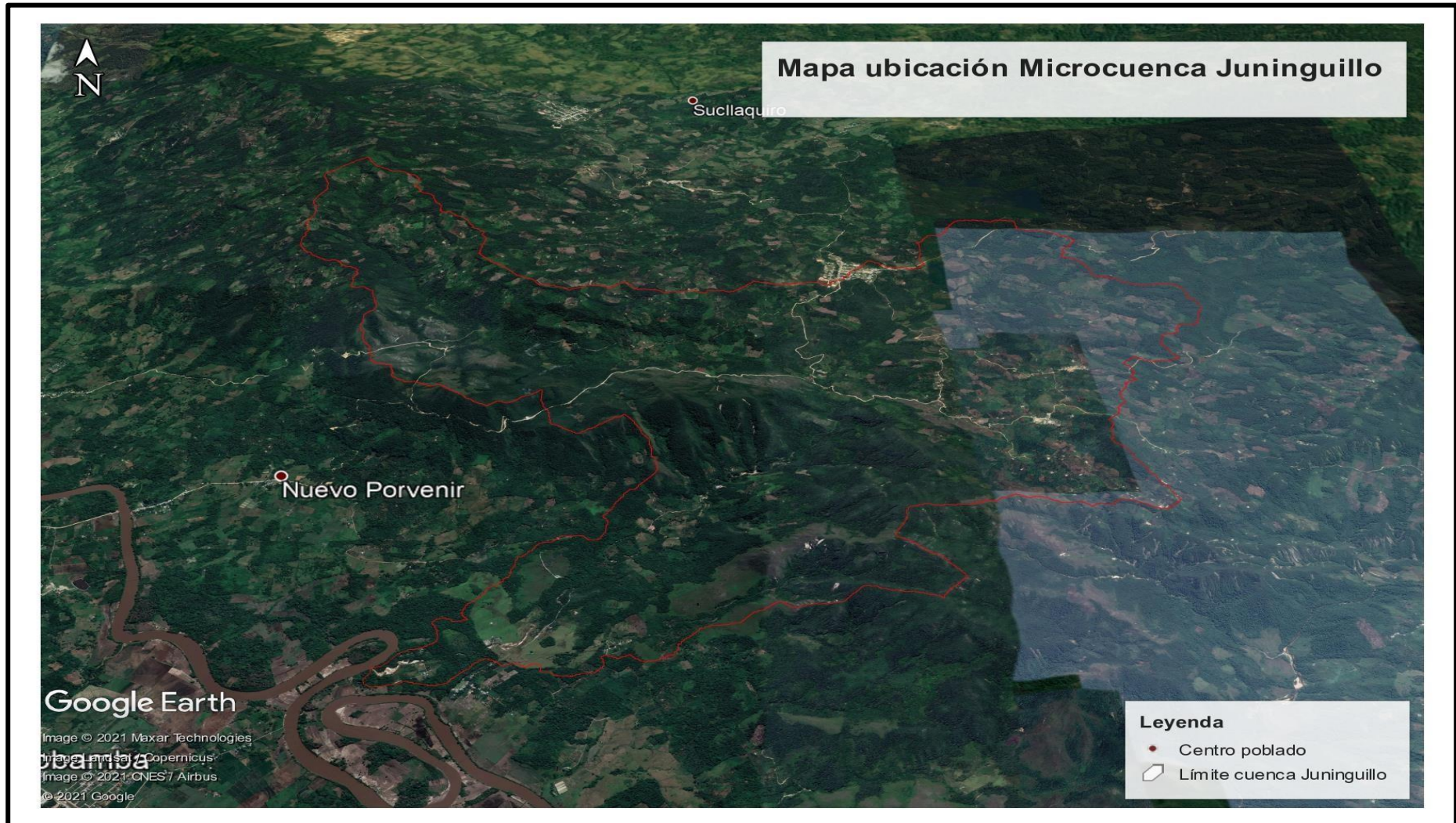
- Sobrino, J. (2017). Teledetección. Valencia; España: Guada Impresores S.L. 2017
- Spoorthi, D. M., & Kumar, S. M. (2021). Classification of satellite images. *IJESC*, 11(5), 28031–28034.
<https://ijesc.org/upload/9df3e6a0bbf3a104bd92aac1c6afaf5b.Classification%20of%20Satellite%20Images.pdf>
- Torracchi, J. (2016). Deforestación y pérdida de hábitat en bosques de montañas en la cuenca alta del río Zamora, Loja – Ecuador. (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Toala, J. (2018). Análisis multitemporal de la tasa de deforestación mediante sistemas de información geográfica (SIG) en la microcuenca Cañas – Ecuador (Tesis de grado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Vaughn, I. (2019). Data User Handbook – USGS [en línea]. version 2. Estados Unidos.

ANEXOS

Anexo 1. Mapas de ubicación de la microcuenca Juninguillo.

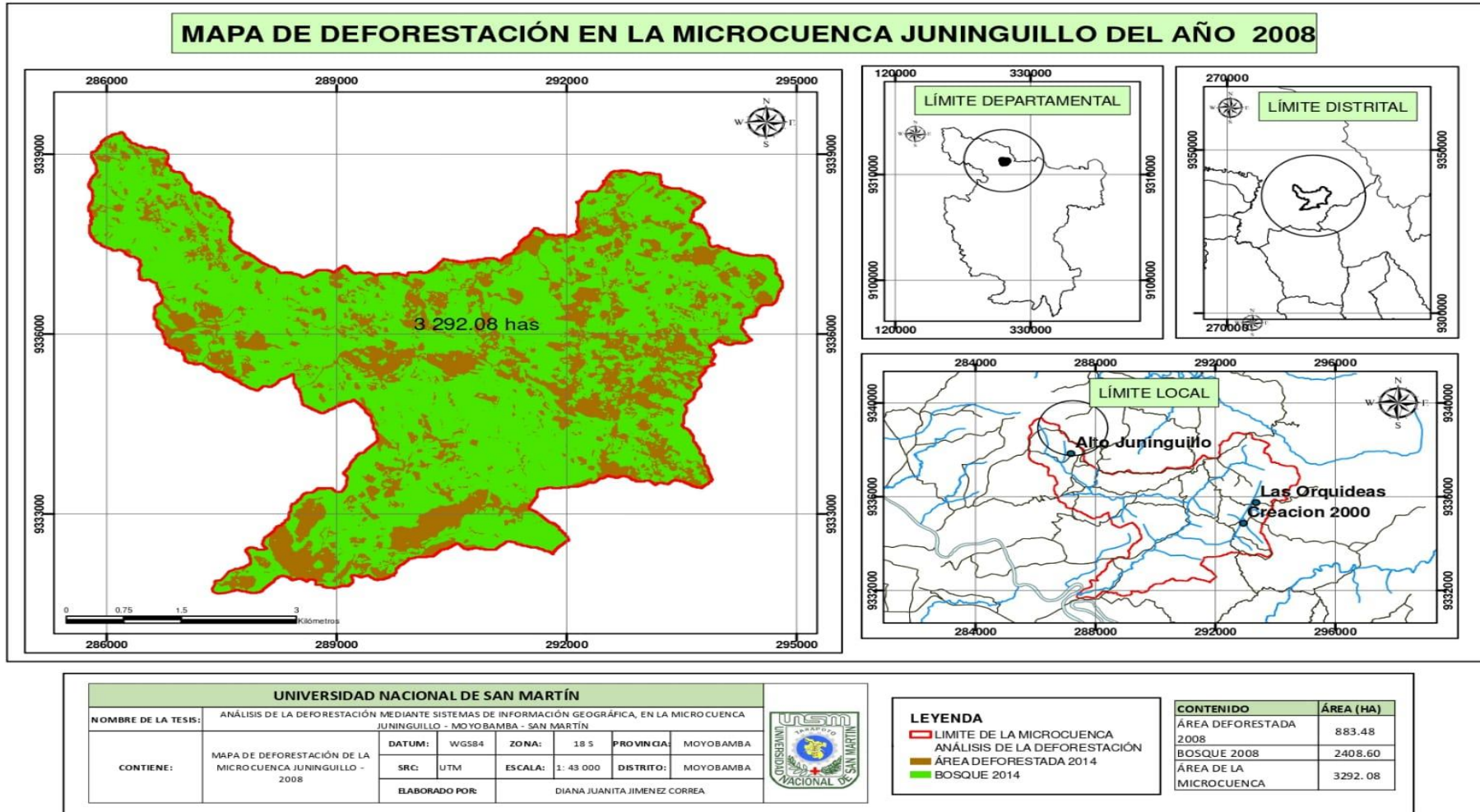


Fuente: Elaboración propia (2021); Google Earth (2021).



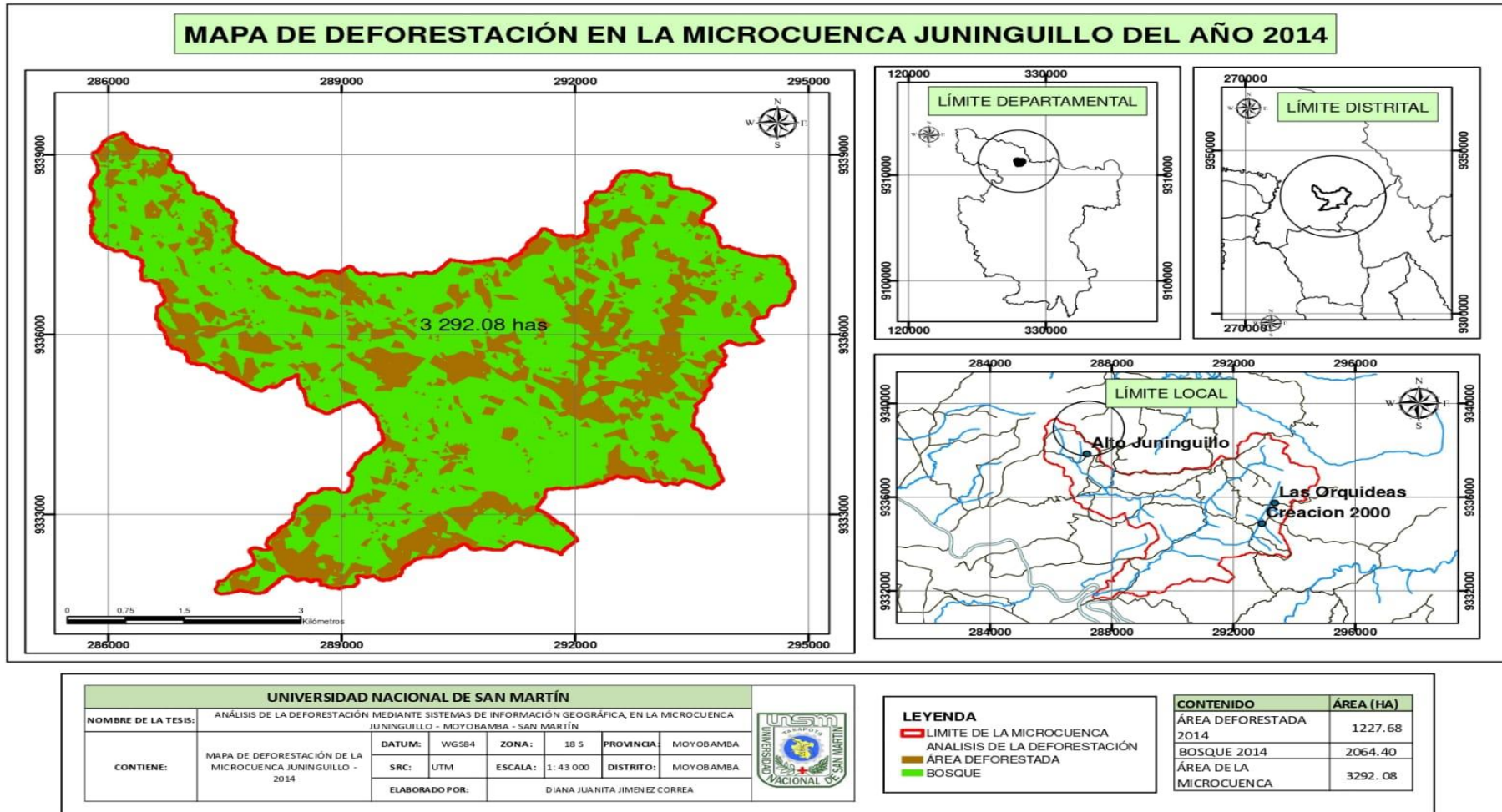
Fuente: Elaboración propia con apoyo de Ing. Miguel Garate Chuquista (2021); Google Earth (2021).

Anexo 2. Mapa de deforestación en la microcuenca Juningullo del año 2008.



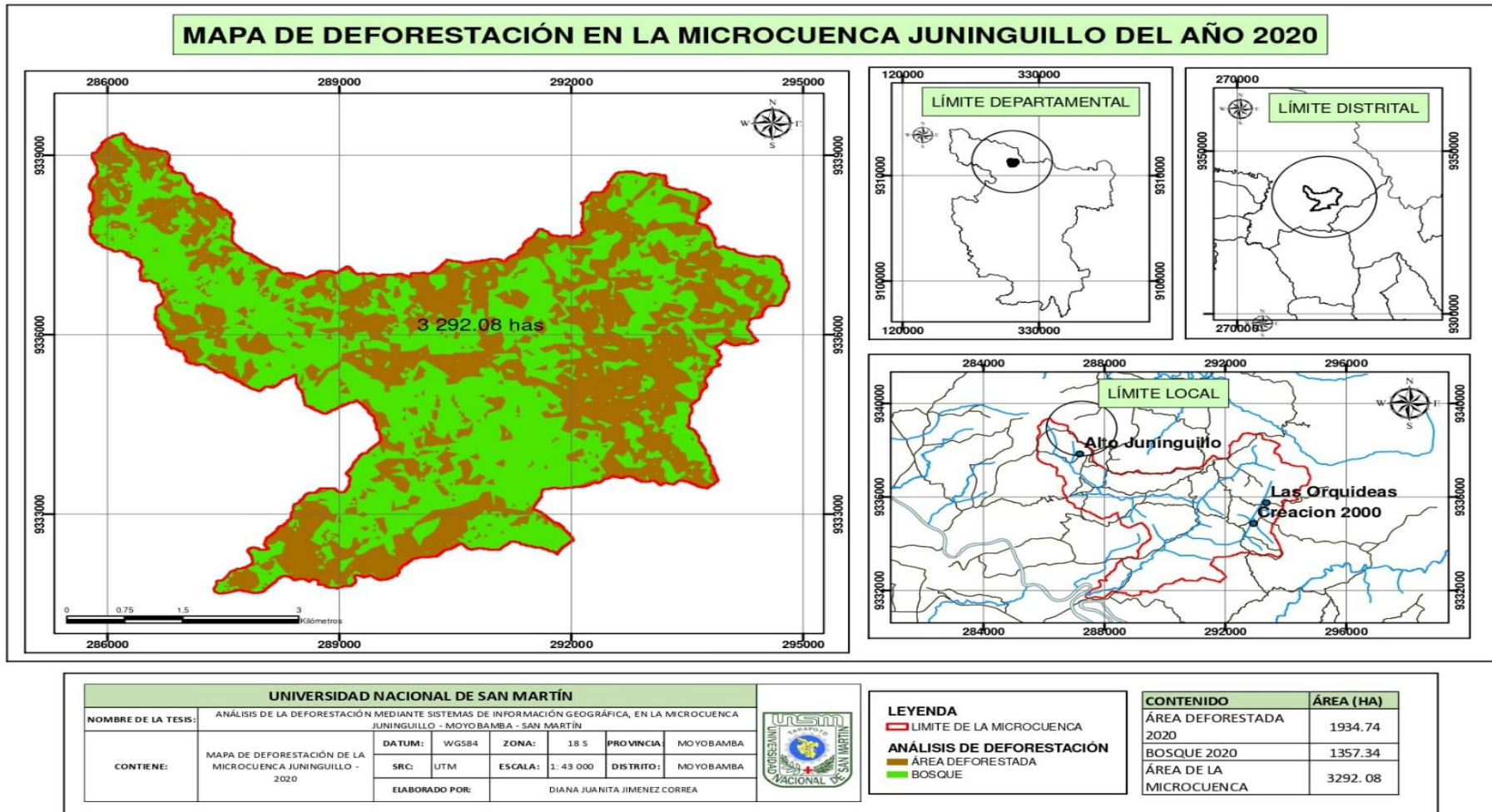
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo 3. Mapa de deforestación en la microcuenca Juninguillo del año 2014.



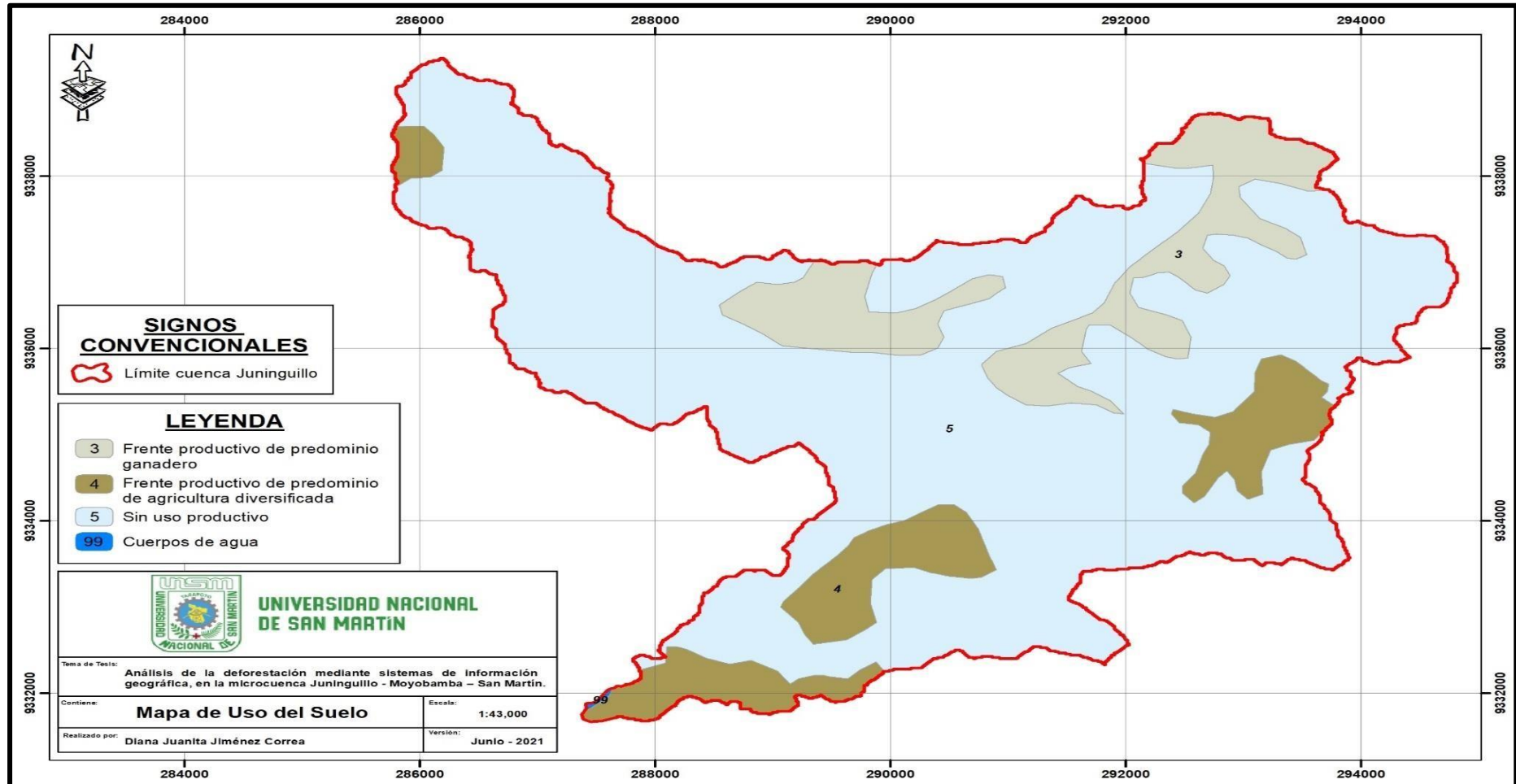
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo 4. Mapa de deforestación en la microcuenca Juningullo del año 2020.



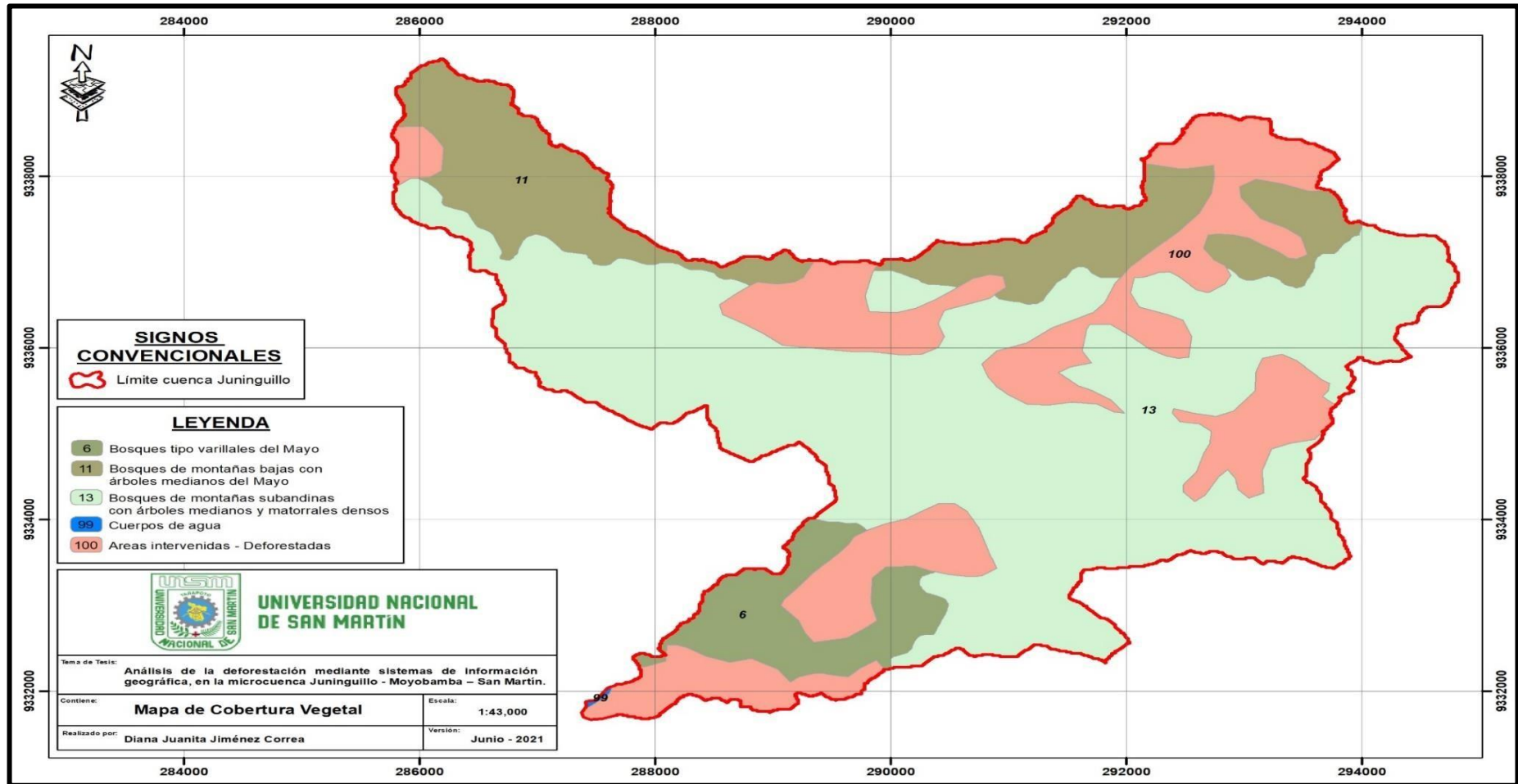
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo 5. Mapa de uso actual de suelo en la microcuenca Juningullo del año 2020.



Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo 6. Mapa de cobertura vegetal en la microcuenca Juninguillo del año 2020



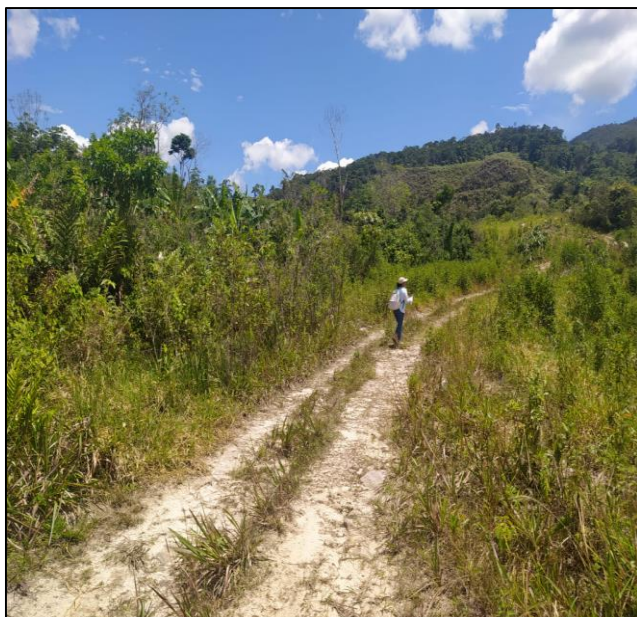
Fuente: Elaboración propia (2021).

Anexo 7. Ficha de toma de puntos

Punto	Campo	Gabinete	X	Y	Coinciden
1	No bosque	Bosque	287010	9336181	No coincide
2	No bosque	No bosque	287097	9336218	Si coincide
3	No bosque	No bosque	287275	9336279	Si coincide
4	No bosque	No bosque	287494	9336332	Si coincide
5	Bosque	Bosque	287616	9336480	Si coincide
6	No bosque	Bosque	287748	9336464	No coincide
7	Bosque	Bosque	287891	9336525	Si coincide
8	Bosque	Bosque	288066	9336477	Si coincide
9	Bosque	Bosque	288182	9336490	Si coincide
10	No bosque	Bosque	288240	9336387	No coincide
11	Bosque	Bosque	288418	9336337	Si coincide
12	No bosque	No bosque	288584	9336406	Si coincide
13	No bosque	No bosque	288706	9336387	Si coincide
14	No bosque	No bosque	288817	9336366	Si coincide
15	No bosque	No bosque	289105	9336379	Si coincide
16	No bosque	No bosque	289225	9336329	Si coincide
17	Bosque	Bosque	289730	9336535	Si coincide
18	No bosque	No bosque	289973	9336514	Si coincide
19	No bosque	No bosque	290082	9336549	Si coincide
20	No bosque	No bosque	289947	9336652	Si coincide
21	No bosque	No bosque	290428	9336424	Si coincide
22	No bosque	No bosque	290553	9336541	Si coincide
23	Bosque	Bosque	290312	9336908	Si coincide
24	No bosque	No bosque	290963	9336768	Si coincide
25	No bosque	No bosque	291037	9336882	Si coincide
26	Bosque	Bosque	291831	9337269	Si coincide
27	Bosque	Bosque	291947	9337064	Si coincide
28	No bosque	No bosque	291841	9336813	Si coincide
29	No bosque	No bosque	292172	9336677	Si coincide
30	No bosque	Bosque	292162	9336478	No coincide
31	No bosque	No bosque	292211	9336250	Si coincide
32	No bosque	No bosque	292234	9336082	Si coincide
33	No bosque	No bosque	292423	9335963	Si coincide
34	No bosque	No bosque	292562	9335963	Si coincide
35	No bosque	Bosque	292582	9335781	No coincide
36	No bosque	Bosque	292922	9335946	No coincide
37	No bosque	No bosque	293428	9335817	Si coincide
38	No bosque	Bosque	293653	9335761	No coincide
39	No bosque	No bosque	293146	9335432	Si coincide
40	No bosque	No bosque	293257	9335154	Si coincide
41	Bosque	Bosque	293479	9335082	Si coincide
42	Bosque	Bosque	293368	9334872	Si coincide

43	Bosque	Bosque	293463	9334813	Si coincide
44	Bosque	Bosque	293444	9334626	Si coincide
45	Bosque	Bosque	293455	9334400	Si coincide
46	Bosque	Bosque	293511	9334269	Si coincide
47	No bosque	No bosque	292828	9334765	Si coincide
48	No bosque	No bosque	292610	9334955	Si coincide
49	No bosque	No bosque	292380	9334717	Si coincide
50	No bosque	No bosque	292138	9334773	Si coincide
51	No bosque	No bosque	291983	9334947	Si coincide
52	No bosque	No bosque	292154	9335225	Si coincide
53	Bosque	Bosque	291971	9336150	Si coincide
54	Bosque	Bosque	291848	9336142	Si coincide
55	Bosque	Bosque	291662	9336571	Si coincide
56	Bosque	Bosque	291634	9336721	Si coincide
57	Bosque	Bosque	291543	9336797	Si coincide
58	Bosque	Bosque	291622	9337019	Si coincide
59	Bosque	Bosque	291515	9337226	Si coincide
60	Bosque	Bosque	291479	9336900	Si coincide
61	Bosque	Bosque	291416	9336983	Si coincide
62	Bosque	Bosque	291296	9336892	Si coincide
63	Bosque	Bosque	291388	9336785	Si coincide
64	Bosque	Bosque	293154	9338110	Si coincide
65	Bosque	Bosque	293339	9338136	Si coincide
66	Bosque	Bosque	293217	9337703	Si coincide
67	Bosque	Bosque	293332	9337521	Si coincide
68	Bosque	Bosque	293289	9337624	Si coincide

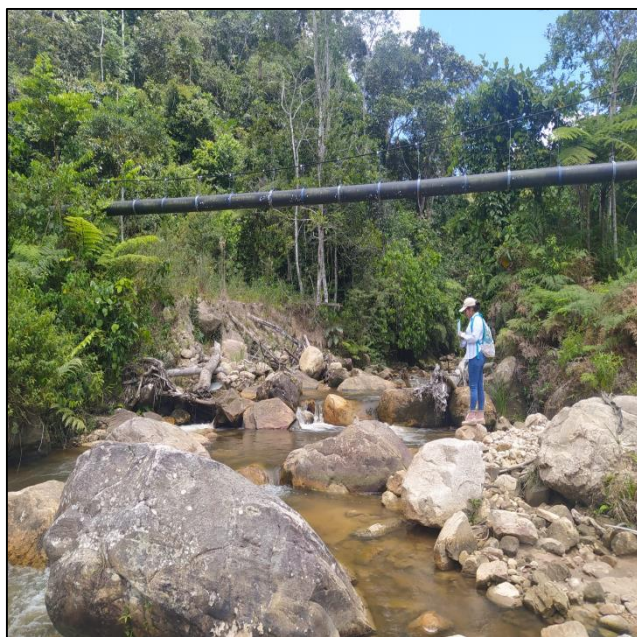
Fuente: Elaboración propia (2022).

Anexo 8. Registro fotográfico

Fotografía 1. Caminata hacia el reservorio de agua de la Microcuenca Juninguillo.
Coordenadas: 284161,730E; 9331552,683N.



Fotografía 2. Se observa insitu cultivos permanentes.
Coordenadas: 289514,517E; 9333591,035N.



Fotografía 3. Caminata hacia el reservorio de la captación de agua de la Microcuenca Juninguillo.
Coordenadas: 289943,119E; 9333936,489N.



Fotografía 4. Reservorio de la captación de agua de la Microcuenca Juninguillo.
Coordenadas: 290093,991E; 9334068,134N.



Fotografía 5. Caminata hacia la captación de agua de la Microcuenca Juningillo.
Coordenadas: 289963,021E; 9333954,270N.



Fotografía 6. Tomando punto de la quebrada Juningillo.
Coordenadas: 288778,781E; 9332915,824N.



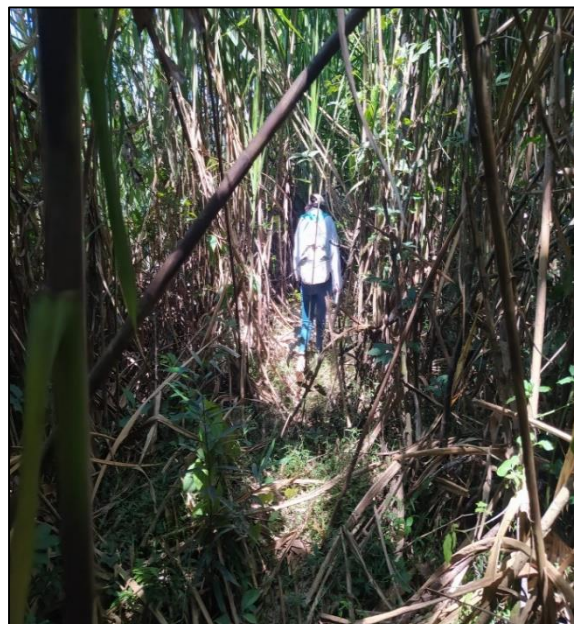
Fotografía 7 Observación insitu que demuestra que hay cultivos pastoriles.
Coordenadas: 288634,163E; 9332179,999N.



Fotografía 8. Se muestra que si existe deforestación.
Coordenadas: 288603,401E; 9333166,341N.



Fotografía 9. Se observa que existen cultivos pastoriles.
Coordenadas: 288616,220E; 9332162,874N.



Fotografía 10. Caminata hacia la desembocadura de la quebrada Juninguillo.
Coordenadas: 287365,426E; 9331833,627N.



Fotografía 11. Toma de puntos de la desembocadura de la quebrada Juninguillo al río Mayo.
Coordenadas: 287415,102E; 9331866,725N.

Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juninguillo - Moyobamba – San Martín

por Diana Juanita Jiménez Correa

Fecha de entrega: 15-jun-2023 10:38a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2116701404

Nombre del archivo: ING_AMBIENTAL_-_Diana_Juanita_Jim_nez_Correa.docx (13.5M)

Total de palabras: 15456

Total de caracteres: 85241

Análisis de la deforestación mediante sistemas de información geográfica, en la microcuenca Juningullo - Moyobamba - San Martín

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

6%

2

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.espam.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad de Costa Rica

Trabajo del estudiante

1%