



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA EN EL PERIODO DE 1995-2020”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

JHOSSELYN JHOSMERY ANDRADE BORJA

MAHLI BIANEY ESCUDERO HARO

Asesor:

Dr. HANIEL SOLIS MUÑOZ

<https://orcid.org/0000-0002-9482-9818>

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Gladys Sandi Licapa Redolfo	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Walter Manuel Hoyos Alayo	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Haniel Solis Muoz	
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD






7% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 0%  Publications
- 5%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de tablas.....	6
Índice de Figura.....	7
Resumen	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	17
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	18
2.2.1. Población.....	18
2.2.2. Muestra	18
2.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	19
2.3.1. Métodos.....	19
2.3.2. Técnicas	19
2.3.3. Instrumentos.....	19
2.4. PROCEDIMIENTO	20
2.4.1. Validez y confiabilidad de información.....	21
2.4.2. Para analizar la información	21
2.4.3. Aspectos éticos de la investigación.....	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS	24
3.1. ÍNDICES ESPECTRALES	24
3.1.1. Índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI)	24
3.1.2. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada (NDBI).....	31
3.1.3. Índice de suelo desnudo (BSI)	38
3.2 ESTIMACIÓN DE DEFORESTACIÓN:	45
3.2.1. Estimación de deforestación para el año 1995.....	46

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROVINCIA DE
TAMBOPATA EN EL PERIODO DE 1995-2020”

3.2.2. Estimación de deforestación para el año 2000.....	47
3.2.3. Estimación de deforestación para el año 2005.....	48
3.2.4. Estimación de deforestación para el año 2010.....	49
3.2.5. Estimación de deforestación para el año 2015.....	50
3.2.6. Estimación de deforestación para el año 2020.....	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	53
DISCUSIONES.....	53
LIMITACIONES	57
IMPLICANCIAS	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS.....	60

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada en los años 1995 al 2020	30
Tabla 2 Análisis del índice de áreas construidas de diferencia normalizada en los años 1995 al 2020	37
Tabla 3 Análisis del índice de suelo desnudo en los años 1995 al 2020	44
Tabla 4 Análisis de la deforestación para el año 1995	46
Tabla 5 Análisis de la deforestación para el año 2000	47
Tabla 6 Análisis de la deforestación para el año 2005	48
Tabla 7 Análisis de la deforestación para el año 2010	49
Tabla 8 Análisis de la deforestación para el año 2015	50
Tabla 9 Análisis de la deforestación para el año 2020	51

Índice de Figura

Figura 1	21
Figura 2	24
Figura 3	25
Figura 4	26
Figura 5	27
Figura 6	28
Figura 7	29
Figura 8	31
Figura 9	32
Figura 10	33
Figura 11	34
Figura 12	35
Figura 13	36
Figura 14	38
Figura 15	39
Figura 16	40
Figura 17	41
Figura 18	42
Figura 19	43

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar el cambio multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata con el uso de imágenes Landsat en el periodo de 1995 - 2020.

Para el desarrollo de esta investigación se basó en dos etapas, en la etapa de gabinete se recopiló información y la selección de imágenes Landsat 5 y 8; en la etapa de procesamiento de imágenes se realizó la delimitación del área de estudio, posteriormente se realizó la corrección, combinación y recorte de imágenes Landsat 5 y 8; luego se hizo los mapas temáticos con la aplicación de índices espectrales y la clasificación supervisada para finalmente realizar el análisis de los datos obtenidos.

Según los resultados obtenidos se concluye que hubo cambios de cobertura vegetal significativos entre los años 1995 – 2020, debido a que las zonas con mayor vegetación presentaron una disminución drástica y las zonas con baja vegetación tuvieron un crecimiento significativo, asimismo se evidenció que las áreas deforestadas hasta el año 2020 dentro del ámbito de estudio fueron disminuyendo debido a la implementación de programas de recuperación de áreas deforestadas en la provincia de Tambopata.

PALABRAS CLAVES: Análisis multitemporal, deforestación, cobertura vegetal y teledetección.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los países tropicales tienen la mayor parte de bosques a nivel mundial (45%) y la mayor cobertura de bosques está ubicada en América Latina, estos bosques contienen la mayor parte de la biodiversidad del mundo y brindan contribuciones fundamentales como la estabilidad climática global y el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, sin embargo, desde 1990 las tasas de deforestación se han mantenido consistentemente en niveles altos en América del Sur (FAO, 2020). La deforestación está provocando la pérdida asombrosa de biodiversidad y reservas de carbono, lo que aumenta las temperaturas globales y los desequilibrios en el ciclo hidrológico mundial (Móstiga et al., 2024).

En Perú, la deforestación afecta alrededor de 9.5 millones de hectáreas de bosques, lo que representa aproximadamente el 15% del total de la cobertura vegetal del país, además estima que cada año se pierde alrededor de 150 mil hectáreas de bosques, esto principalmente se debe por la actividad antropogénica, como la expansión agrícola insostenible, la tala indiscriminada, la minería ilegal, los incendios forestales, y la construcción de carreteras, esta problemáticas trae consigo un desequilibrio ecológico y la pérdida de la biodiversidad en el país (Móstiga at al., 2024).

Madre de Dios, con una superficie de 8 530 100 hectáreas, se destaca como una de las regiones con mayor biodiversidad en el mundo, sin embargo, estos ecosistemas han experimentado una degradación significativa con el transcurso del tiempo, principalmente debido a la falta de conocimiento en tecnologías para el desarrollo socioeconómico sostenible en la región, y una principal amenaza que presenta es la deforestación, ya que se han reconocido que el 20% de las áreas deforestadas son utilizadas para actividades agropecuarias, y el 80% restante se encuentra abandonada y en proceso de regeneración natural, la tasa de deforestación en la región se estima en 6 203.6 ha/año debido a las actividades antropogénicas las cuales no solo aceleran la pérdida

de cobertura vegetal, sino que también empeoran la crisis ambiental en Madre de Dios y sus provincias como es el caso de la Provincia de Tambopata, que con una extensión de 3 626.8 ha, presenta desafíos asociados al crecimiento demográfico, lo que ha resultado la pérdida de grandes extensiones de cobertura vegetal, generando impactos como es la pérdida de la biodiversidad y el aumento del calentamiento global (Luque, 2021).

Priya y Vani. (2024), quienes en su indagación desarrollada en la amazonia Colombiana; en los años 2000 a 2017, realizaron una evaluación del impacto de las actividades antropogénicas presentes en la amazonia Colombiana en un periodo de 17 años mediante Imágenes Satelitales Landsat, haciendo uso de las clasificación no supervisada con los siguientes índices: MDDI, NIR, SWIR, SWIR2, DNVI y NBR; obteniendo como resultados que pese a tener una geografía distinta a la de la zona de estudio el índice MDDI logra tener una exactitud cercana al 80%; asimismo, las zonas de deforestación en bosque denso tropical tienen valores de exactitud temática mayores al 90%, mientras que en las demás zonas de la Orinoquia y amazonia la exactitud en la identificación de la deforestación supera el 85%, en las zonas de bosques riparios la exactitud del productor estuvo por debajo del 80%.

Alencar et al. (2019), quien realizó su investigación en la cuenca hidrográfica del río Moxotó Pernambuco, Brasil; entre los años de 1984-2011, en la cual se evaluó la pérdida de vegetación generada por la intensa variabilidad fluvial y principalmente por el consumo doméstico, industrial y agricultura. En donde buscó realizar un análisis del estado de la vegetación en el periodo de 1984 a 2011, utilizando los índices de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI) e Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). La zona de estudio comprende 9 752.71 km² donde se va utilizar imágenes satelitales Landsat 5 (TM). Esta investigación presentó como resultados adquiridos para el NDVI, la identificación de tres categorías: baja densidad (0,20-0,50), mediana densidad (0,50-0,75) y alta densidad (0,75-1); asimismo la vegetación de baja densidad

fue la más abundante en la zona de la cuenca durante los 27 años, con un incremento de 0,521%, luego continúa la vegetación de mediana intensidad como las más abundante para el año 2002, con una tasa de variación de 7.1% y la vegetación de alta densidad cubren menos del 3% lo que indica que hay una pérdida de -4,91%; concluyendo que la pérdida de la vegetación es causada por las actividades antropogénicas.

Elves-Powell et al., (2024), en su investigación desarrollado en Corea del Norte, mencionaron que, el conocimiento ecológico local es una alternativa de datos que podría ser utilizada para complementar, interpretar y verificar la información de los datos satelitales, el estudio realizado en Corea del Norte, reveló que entre los años de 1986 y 2021, Corea del Norte llegó a experimentar tasas muy altas pero desiguales de deforestación; la pérdida total de cubierta forestal en Corea del Norte entre 2000 y 2021 fue de 2 930 km², del mismo modo se identificó que la pérdida de cubierta forestal aumentó en general a principios de la década del 2000, se desaceleró alrededor de 2011, pero volvió a aumentar bruscamente a partir de 2016, hasta una tasa de pérdida mayor a 200 km² por año durante el 2019-2021; aumentando así la vulnerabilidad de los ecosistemas de socio-ecológicos norcoreanos a los cambios ambientales futuros y es un obstáculo para la recuperación de las especies amenazadas en toda la península de Corea.

Cortez et al., (2024), en su investigación se basó en identificar la pérdida y degradación de bosques en el norte de Chile, en donde llegó a estimar, que la deforestación bruta y neta, así como la degradación de la formación forestal y la vegetación, degradación de la formación arbustiva en el Norte Grande (Extremo Norte), Chile de 1998 a 2018 utilizando imágenes satelitales de teledetección y proyectadas hasta 2118. Teniendo como resultados un contenido total de arbustos mayor que en los bosques debido a la mayor superficie, a lo largo del periodo empleado para el estudio, se demostró que seguirán afectando a los bosques y arbustos en el futuro alcanzando una tasa de deforestación de 21,82 y 393,28 ha para el 2118, respectivamente, y una tasa de

degradación anual de 9535,31 y 255.850,65 kg respectivamente. Por lo tanto, las zonas áridas y semiáridas y las formaciones arbustivas deberían integrarse en las estrategias REDD+ (Reducción de las Emisiones Derivadas de la Deforestación y la Degradación Forestal).

Ugaz, (2020), en su investigación se basó en imágenes satelitales en la microcuenca del río Porcón, Cajamarca. Con lo cual buscó determinar la variabilidad temporal y espacial de la vegetación en la microcuenca del río Porcón durante el periodo de 2003-2019, mediante el NDVI; el área de estudio comprende un total de 7438.59 ha, lo primero que procedió a realizar fue la extracción de imágenes satelitales Landsat 5 y 8, procediendo a su corrección y luego a calcular el NDVI llegando a clasificar n tipos de vegetación como escasa, medianamente densa y densa, teniendo como rangos que van del NDVI de -1 a 1, estas clasificaciones se debieron en -1 a 0.1 “sin vegetación”, 0.1 a 0.25 “vegetación escasa”, 0.25 a 0.4 “vegetación medianamente densa” y 0.4 a +1 “vegetación densa”; obteniendo como resultado que la cobertura vegetal tuvo fluctuaciones constantes, la vegetación escasa desciende de 73.97% a 72.5% y la vegetación densa ocupa el 18.47% y un 8% el cual indica un aumento en dicho rango, concluyendo que la aplicación de estas tecnologías pueden aportar a la preservación de nuestros recursos naturales.

1.1.Marco Teórico

1.1.1. Análisis Multitemporal

El análisis multitemporal, se basa en contrastar dos imágenes satelitales en años diferentes que permite detectar cambios entre diferentes periodos o lapsos de tiempo, asimismo este análisis se debe realizar mediante la comparación de coberturas o capas de información en dos o más imágenes satelitales de un mismo lugar, lo cual esto permitirá deducir en el presente estudio la evolución de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata o las repercusiones de la acción humana sobre el medio de estudio, la aplicación de este análisis evalúan la velocidad de la deforestación o forestación las cuales determinan su extensión geográfica y también contribuyen

al entendimiento de las causas naturales, sociales o económicas de los cambios que presentan en las escalas globales y locales (Figueredo et al., 2020).

1.1.2. Cobertura Vegetal

Es el ámbito que ocupa la vegetación en un ecosistema establecido, que posee características ambientales y fisonómicas con distintas funciones como refugio para la biodiversidad biológica, prevenir erosión de suelos, entre otros, la superficie vegetal va desde pajonales hasta bosque naturales, también se incluye las actividades humanas que son las zonas de cultivo – agricultura (Castro, 2021). En el presente estudio, la cobertura vegetal representa un indicador clave para evaluar los cambios que ha tenido a lo largo del periodo de estudio, esto a través de un análisis multitemporal con el uso de imágenes satelitales, donde será posible identificar las variaciones en la densidad y distribución de la vegetación.

1.1.3. Sistemas de información geográfica

Los SIG son fundamentales para el análisis y representación espacial de la pérdida de cobertura vegetal, ya que viene a ser un instrumento compuesto por hardware, software de apoyo que permite gestionar una gran cantidad de datos e información, se considera una herramienta potente para capturar, manipular, organizar, analizar y procesar una amplia gama de información georreferenciada, asimismo son herramientas especializadas como QGIS y ArcGIS, eficaces para procesar imágenes satelitales, realizar los análisis multitemporales y gestionar datos espaciales mediante mapas temáticos que reflejan los cambios en el territorio a lo largo del periodo de estudio, asimismo estas se utilizan ampliamente en aplicaciones de ingeniería, especialmente para la especificación y asignación de ubicaciones de recursos (específicamente para recursos agrícolas) y la determinación de regiones potenciales con alta demanda (Sosa et al., 2023).

1.1.4. Teledetección

La teledetección, es una tecnología fundamental en el monitoreo ambiental, ya que permite recopilar información de la superficie terrestre sin necesidad de contacto directo para así recopilar información a través de imágenes espaciales adquiridas vía satélite, que pueden ser procesadas para identificar y analizar características específicas del área de estudio (Ortiz y Ramírez, 2021). Los componentes de la teledetección incluyen la fuente de energía, la cual hace referencia a la fuente de radiación electromagnética que manifiesta el sensor, la cubierta terrestre, la cual llega a asumir diferentes tamaños de cobertura vegetal, rocas, cuerpos de agua, suelo, construcción y otros objetos que reflejan la señal al sensor, cuya función es captar la energía reflejada desde la superficie de la tierra, codificarla y transmitir la información al sistema receptor para su posterior análisis (Bravo, 2017).

1.1.5. Imágenes Landsat

Las imágenes Landsat, según Matellanes, R. (2020). Vienen a formar parte de una de las míticas misiones espaciales en las que llevan suministrando imágenes satelitales desde los años 70; las principales características de las imágenes Landsat es ofrecer diversas imágenes satelitales a momentos temporales y bajo resoluciones de píxeles diferentes; en función de la franja temporal de análisis, se disponen de las siguientes misiones Landsat:

- Landsat 1: Julio de 1972 – enero de 1978.
- Landsat 2: enero de 1975 – febrero de 1982.
- Landsat 3: marzo de 1978 – marzo de 1983.
- Landsat 4: julio de 1982 – diciembre de 1993.
- Landsat 5: enero de 1984 – enero del 2013.
- Landsat 7: enero de 1999 – actualidad.
- Landsat 8: abril del 2013 – actualidad.

Las Imágenes de Landsat 5, vienen a ser aquellas imágenes satelitales, que se encuentran conformadas por un aproximado de siete bandas espectrales, las cuales presentan una resolución espacial de aproximadamente 30m para las bandas 1 a 5 y 7; la resolución espacial para la banda 6 (infrarrojo térmico) tiene un alcance aproximado de 120m, la cual tiene que llegarse a realizar una nueva muestra a 30m píxel; así mismo es importante precisar que el tamaño aproximado de la escena a tener en cuenta es de un aproximado de 170Km de norte a sur y un aproximado de 183Km de este a oeste (Castillo, 2019).

Las imágenes de Landsat 8, nos indica que Landsat 8 es un satélite que ayuda a la observación de la tierra, lanzado y operado en colaboración con la NASA y con el USGS; para el estudio de los datos se realiza por medio de dos sensores; el satélite opera en luz visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta e infrarrojo térmico (de onda larga), las bandas Landsat 8 se encuentran constituidas por 11 diferentes bandas en base a la longitud de su onda de su visión; uno de los sensores del Landsat 8, es el Operational Land Imager (OLI), el cual utiliza 9 bandas en el espectro de la luz visible y el infrarrojo cercano; y el otro sensor es Thermal InfraRed Sensor (TIRS), el cual opera en el rango de infrarrojos de onda larga (Long wave Infra Red Light) (Apaza y Rosales, 2022).

La importancia del desarrollo de este trabajo se basa en que la deforestación es un fenómeno que ha aumentado drásticamente en las últimas décadas, provocado principalmente por diversas actividades antropogénicas vinculadas al crecimiento socioeconómico del país como la agricultura, la minería y la expansión urbana. En la provincia de Tambopata, esta pérdida acelerada de cobertura vegetal amenaza la biodiversidad afectando los servicios ecosistémicos para la provincia. Por esta razón se vio la necesidad de la elaboración de este trabajo de investigación, puesto resulta indispensable realizar un análisis detallado y actualizado de los cambios en la cobertura vegetal para conocer las áreas más afectadas y conocer las principales causas de los

cambios en la cobertura vegetal e identificar el impacto que genera la deforestación y la pérdida de la cobertura vegetal dentro de la biodiversidad de los ecosistemas locales. Esta evaluación no solo permite identificar patrones de pérdida de cobertura vegetal, si no también contribuir con evidencia científica para la toma de decisiones para la gestión y conservación del territorio así reducir la deforestación y poder implementar una estrategia de reforestación de los lugares deforestados. Además, debido a la escasa disponibilidad de investigaciones similares en la provincia de estudio, esta investigación representa un antecedente técnico que puede servir como base para actualizar instrumentos de planificación territorial, como el plan de ordenamiento territorial, ya que proporcionan información detallada sobre la dinámica de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata, esta información permite identificar áreas de alta presión por deforestación, lo cual es clave para fortalecer proceso de zonificación, delimitar zonas de conservación y orientar estrategias de uso sostenible del suelo contribuyendo así a mitigar la pérdida de biodiversidad y promover un desarrollo sostenible en la provincia.

Es por ello por lo que, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar el cambio multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata en el periodo de 1995 – 2020. Para alcanzar este objetivo, se plantean como objetivos específicos determinar mediante el análisis multitemporal la extensión de las áreas con pérdida de Cobertura Vegetal, estimar el porcentaje de deforestación atribuible a la actividad antropogénica e identificar las posibles causas de los cambios en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata en el periodo de 1995- 2020.

Teniendo en cuenta el problema general de la investigación se presenta la siguiente hipótesis, donde deducimos que existen cambios drásticos en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata entre los años de 1995 - 2020. ¿Será posible determinar mediante un análisis multitemporal la variación de cobertura vegetal en la provincia de Tambopata?

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque considerado para el desarrollo del presente trabajo de investigación es cualitativo y cuantitativo, donde según Gayou et al. (2014) la investigación de tipo cualitativas no es subjetiva, sino son interpretativas, donde incluye la observación y el análisis de la información en ámbitos naturales para explorar los fenómenos y comprender los problemas. Según Sanchez, F. (2019) la investigación cuantitativa es un método que utiliza datos numéricos para describir y predecir fenómenos.

Por lo tanto, esta investigación tiene un enfoque mixto, porque se utilizó el método cuantitativo para la recopilación y análisis de datos numéricos relacionados con cambios a la cobertura vegetal a lo largo del tiempo, y el método cualitativo se utilizó para la interpretar del tipo de cobertura vegetal e interpretar las causas de los cambios en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata.

Así mismo, esta investigación es de diseño no experimental, ya que este tipo de investigación consiste en estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de las variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para luego analizarlos (Soto et al., 2019). Además, esta investigación presenta un corte longitudinal, debido a que se analizaron los cambios, recolectaron datos a través del tiempo o periodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio y consecuencias (INTEP, 2018).

Por otro lado, esta investigación es del tipo descriptiva puesto que según Mejía (2020), este tipo de investigación se encarga de describir la población, situación o fenómeno alrededor del cual se va a centrar el estudio.

Por lo tanto, la presente investigación es descriptiva porque trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta de las variables de “Cobertura Vegetal” y “Análisis Multitemporal”.

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. Población

Para la población del presente estudio, se consideró el departamento de Madre de Dios, la cual cuenta con 3 Provincias: Tambopata, Manu y Tahuamanu; el departamento en estudio tiene una superficie total de 85 301km² llegando a representar el 6,6% del territorio nacional; este departamento se encuentra ubicado en la parte suroriental del territorio nacional con coordenadas 11°59'S 70°35'O, con una altitud máxima de 500 msnm y una altitud mínima de 183 msnm, cuenta con una población total de 187 306 habitantes, con una temperatura mínima de 21°C y temperatura máxima de 38°C, este departamento limita por el norte con el departamento de Ucayali y la República de Brasil, por el sur con los departamentos de Puno y Cusco, por el este con la República de Bolivia y los departamentos de Cusco y Ucayali; así mismo este cuenta con una frontera internacional de 584 Km, de los cuales 314 Km son con Brasil y 270 Km con Bolivia (SINEACE, 2020).

2.2.2. Muestra

La muestra fue determinada por un muestreo no probabilístico por conveniencia, la cual resultó siendo la Provincia de Tambopata, la cual se encuentra ubicada a 139 msnm con coordenadas 12°36'S 69°12'O con temperaturas máximas y mínimas de 32°C y 22°C respectivamente; esta provincia limita por el norte con la Provincia de Tahuamanu, al este con Bolivia, al sur con el Departamento de Puno y la Provincia de Manu, y al oeste con el departamento de Ucayali, llegando a contar con una extensión total de 36 268, 49km² y se encuentra dividida en

4 distritos los cuales son: Tambopata, Inambari, Las Piedras y Loberinto; esta Provincia cuenta con una población total de 67 000 habitantes (BCRP, 2023).

2.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

2.3.1. Métodos

2.3.1.1. Método Deductivo:

El método para el desarrollo de la presente investigación es de tipo deductivo, puesto que este método es importante para asegurar la convicción en los resultados de investigaciones cualitativas (Abreu, 2014).

2.3.2. Técnicas

Según Pulido (2015) nos menciona que, las técnicas se encuentran orientadas en recopilar, organizar y analizar el conjunto de información extraída del objeto de estudio en cuestión.

La técnica empleada para la investigación es la observación y el análisis espectral de las imágenes satelitales, las cuales permiten identificar los diferentes tipos de cobertura y el estado en el que se encuentra.

2.3.3. Instrumentos

Para la recolección de datos, en el presente trabajo de investigación se utilizó como instrumento una plantilla de recolección de datos (ver anexo 5), el cual es una estructura o formato, que se utiliza para organizar y recolectar información de manera sistemática y permiten que la recolección de datos esté ordenada, garantizando que no se omitan aspectos importantes para su posterior análisis (Sampieri et al., 2014). Esto se realizó mediante las imágenes Landsat 5 y Landsat 8 obtenidas de la plataforma satelital (USGS), así como en la elaboración de mapas temáticos con el apoyo de instrumentos como el Qgis 3.24.1, Google Earth, Geocatmin, etc.

2.4. PROCEDIMIENTO

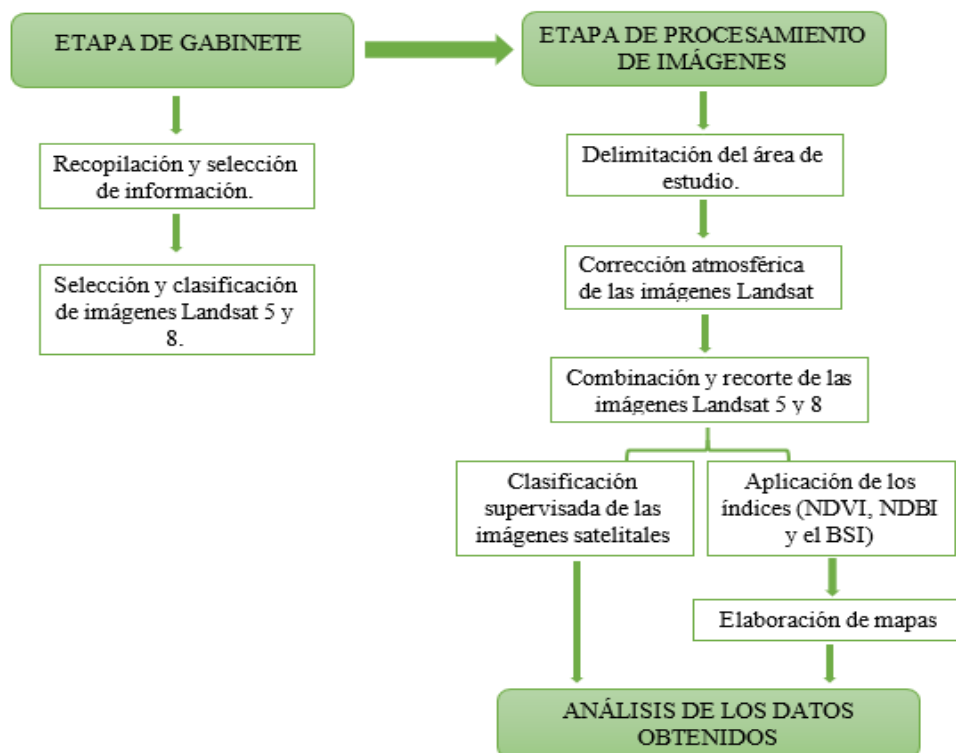
En el presente estudio, se consideró el siguiente procedimiento que consiste en 2 etapas (etapa de gabinete y procesamiento de imágenes satelitales), donde primero se realizó la descarga de las imágenes Landsat 5 y Landsat 8 con respecto a los años 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 a través de la página del Servicio Geológico Estadounidense (USGS).

Posteriormente se realizó la delimitación del área de estudio, luego se hizo el procesamiento de imágenes satelitales; donde primero se realizó la corrección atmosférica de las imágenes, luego se realizó la combinación y el recorte de las imágenes Landsat 5 y Landsat 8 de los respectivos años de estudios con el uso del shapefile de la delimitación del área de estudio, y finalmente se emplearon esas imágenes en la clasificación supervisada de las imágenes y para la aplicación de los índices de NDVI, NDBI y el BSI para el análisis de las imágenes se utilizó el software QGIS 3.24.1 (Flores et al, 2016).

Según los autores Cuellar y Serna (2021), indican que luego se procede a realizar la conversión de las imágenes ráster a vector para poder cuantificar las áreas de vegetación pérdida; asimismo, se procedió a la elaboración de los mapas temáticos con el uso del software QGIS 3.24.1, y finalmente se hizo un análisis de los datos obtenidos de la clasificación supervisada y de los índices calculados presentados en los mapas temáticos.

Figura 1

Proceso del trabajo de investigación



NOTA. Diagrama de proceso del trabajo de investigación.

2.4.1. Validez y confiabilidad de información

Para esta investigación se utilizaron instrumentos ya validados, para la recolección de datos del trabajo de investigación se utilizó como instrumento la ficha de observación, puesto que se puede obtener información observando un determinado objeto o espacio; este instrumento será empleado para el análisis de las imágenes Landsat con la aplicación de los índices espectrales.

2.4.2. Para analizar la información

Después de haber aplicado el instrumento se procedió a analizar las imágenes obtenidas con el uso de los softwares ArcGIS y QGIS 3.24.1, empleando las combinaciones espectrales, como son:

- Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Según Jiménez (2016), menciona que, este índice es un indicador simple de biomasa fotosintéticamente activa o un cálculo de la salud de la vegetación; en cuanto a la fórmula empleada para el cálculo del NDVI tanto para Landsat 5 y 8 son las siguientes:

Ecuación 1: Fórmula del NDVI para Landsat 5

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda 4} - \text{Banda 3}}{\text{Banda 4} + \text{Banda 3}}$$

Ecuación 2: Fórmula del NDVI para Landsat 8

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Banda 5} - \text{Banda 4}}{\text{Banda 5} + \text{Banda 4}}$$

- Índice de áreas construidas de diferencia normalizada (NDBI)

Según Zha, Y., Gao, J., y Ni, S (2010), mencionan que, el índice de áreas construidas de diferencia normalizada se emplea para resaltar las áreas construidas por el hombre. Las fórmulas empleadas para el índice de áreas construidas de diferencia normalizada tanto para Landsat 5 y 8 son las siguientes:

Ecuación 3: Fórmula del NDBI para Landsat 5

$$\text{NDBI} = \frac{\text{Banda 5} - \text{Banda 4}}{\text{Banda 5} + \text{Banda 4}}$$

Ecuación 4: Fórmula del NDBI para Landsat 8

$$\text{NDBI} = \frac{\text{Banda 6} - \text{Banda 5}}{\text{Banda 6} + \text{Banda 5}}$$

- Índice de suelo desnudo (BSI)

Según Sykas, (2020), nos menciona que, el índice de suelo desnudo es un indicador que nos permite reconocer las variaciones del suelo; en cuanto a la fórmula a la fórmula empleada para Landsat 5 y 8 son las siguientes:

Ecuación 5: Fórmula del BSI para Landsat 5

$$BSI = \frac{(Banda\ 5 + Banda\ 3) - (Banda\ 4 + Banda\ 1)}{(Banda\ 5 + Banda\ 3) + (Banda\ 4 + Banda\ 1)}$$

Ecuación 6: Fórmula del BSI para Landsat 8

$$BSI = \frac{(Banda\ 6 + Banda\ 4) - (Banda\ 5 + Banda\ 2)}{(Banda\ 6 + Banda\ 4) + (Banda\ 5 + Banda\ 2)}$$

2.4.3. Aspectos éticos de la investigación

En la presente indagación, se aplicó el uso de imágenes satelitales Landsat 5 y 8 las cuales fueron empleadas en el periodo de 1995 - 2020 estas imágenes satelitales fueron adquiridas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) la cual es una plataforma de libre acceso para llevar a cabo el procedimiento en mención del mismo modo, esta es considerada una base de datos confiable que brinda imágenes satelitales para ser empleadas en diferentes campos de investigación. Por otro lado, se empleó el uso del software QGis 3.24.1 donde se aplicará el Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (NDVI), Índice de Áreas Construidas de Diferencia Normalizada (NDBI) y el Índice de Suelo Desnudo (BSI). Así mismo, todos los procesos realizados para este estudio son desarrollados por nuestra persona, donde se ha respetado la integridad de los datos utilizados, especialmente los proveniente de los sensores satelitales, evitando cualquier manipulación indebida que pudiera afectar la veracidad de los resultados, asimismo las indagaciones obtenidas fueron de fuentes confiables y verídicas debidamente citadas en un formato APA, donde se asegura la transparencia en la autoría de la presente investigación, reconociendo adecuadamente las contribuciones intelectuales, técnicas y metodológicas de terceros, evitando cualquier forma de plagio o apropiación no autorizada de información. Con ello, se reafirma el compromiso con la integridad científica y la ética profesional en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. ÍNDICES ESPECTRALES

Para evaluar la dinámica de la cobertura vegetal y los cambios que se vio en ella en la provincia de Tambopata entre 1995 – 2020, se utilizaron los índices espectrales NDVI, NDBI y BSI, se presentan a continuación los resultados.

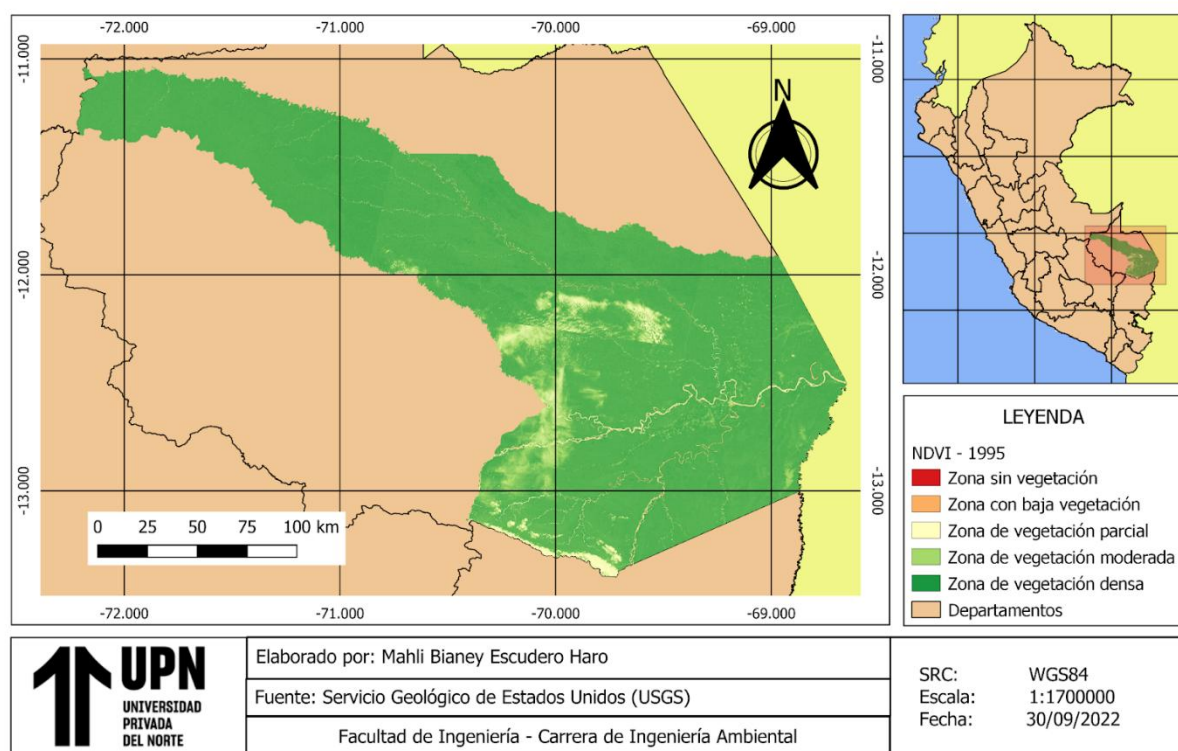
3.1.1. Índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI)

3.1.1.1. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 1995

Figura 2

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 1995

MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada – 1995.

En la Figura 2, podemos observar el cálculo del NDVI en la provincia de Tambopata para el año de 1995; gracias a la aplicación de dicho índice se logró realizar la clasificación de la vegetación de la zona, lo cual se representa de la siguiente manera: el color rojo representa a zonas sin vegetación, el color naranja representa a las zonas con vegetación baja, el color crema

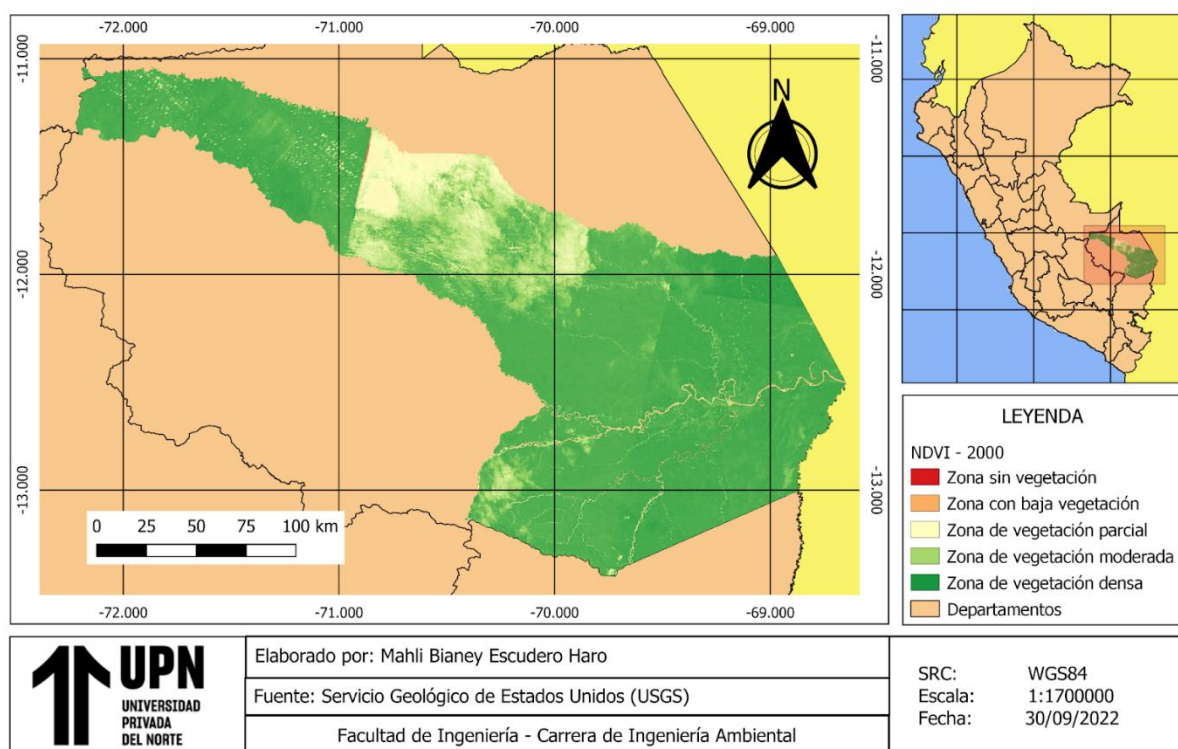
representa las zonas de vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas de vegetación moderada y el color verde oscuro representa a las zonas con vegetación densa; según se observa en el mapa la zonas más predominante es este año es la zona con vegetación densa, así mismo podemos observar zonas con vegetación moderada y resaltan también las zonas de vegetación parcial.

3.1.1.2. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 2000

Figura 3

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 2000

MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada - 2000.

En la Figura 3, se puede observar el cálculo del NDVI en la provincia de Tambopata para el año de 2000; gracias a la aplicación de dicho índice se logró realizar la clasificación de la vegetación de la zona, lo cual se representa de la siguiente manera: el color rojo representa a zonas sin vegetación, el color naranja representa a las zonas con vegetación baja, el color crema representa las zonas de vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas de vegetación moderada y el color verde oscuro representa a las zonas con vegetación densa; según se observa

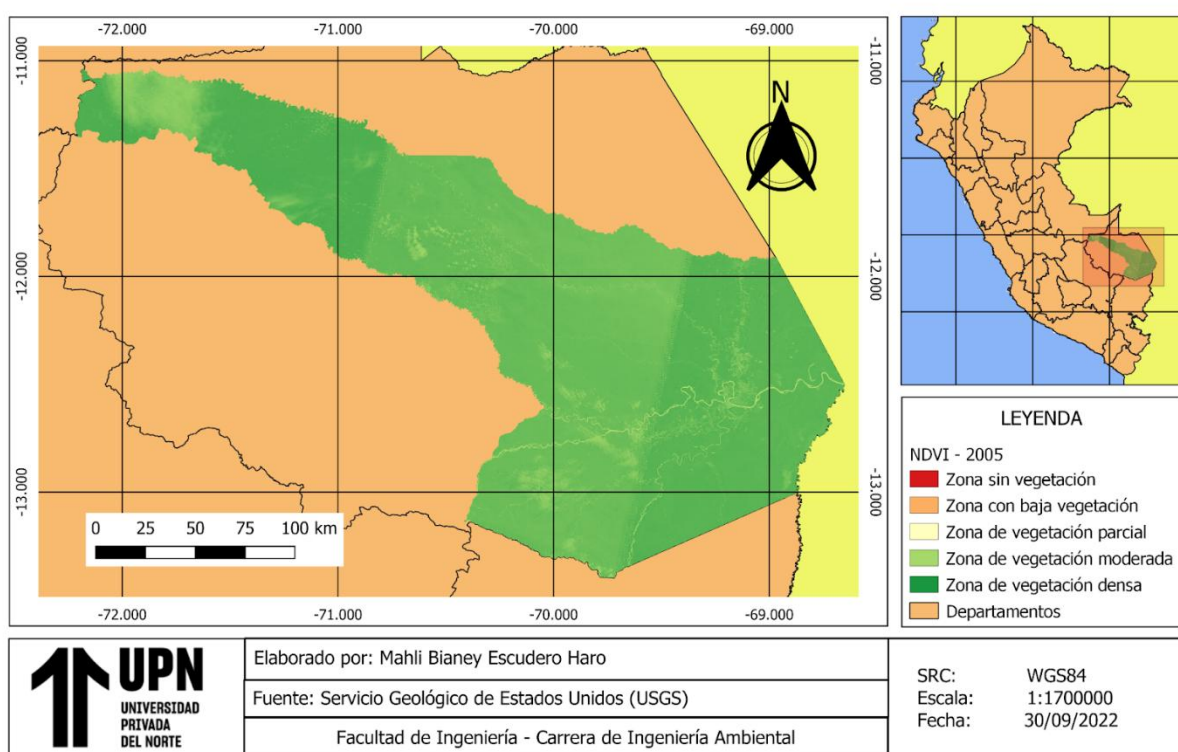
en el mapa la zonas más predominante es este año es la zona con vegetación densa, así mismo podemos observar que en este año las zonas con vegetación moderada han crecido un poco y resaltan también las zonas de vegetación parcial.

3.1.1.3. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 2005

Figura 4

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 2005

MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada - 2005.

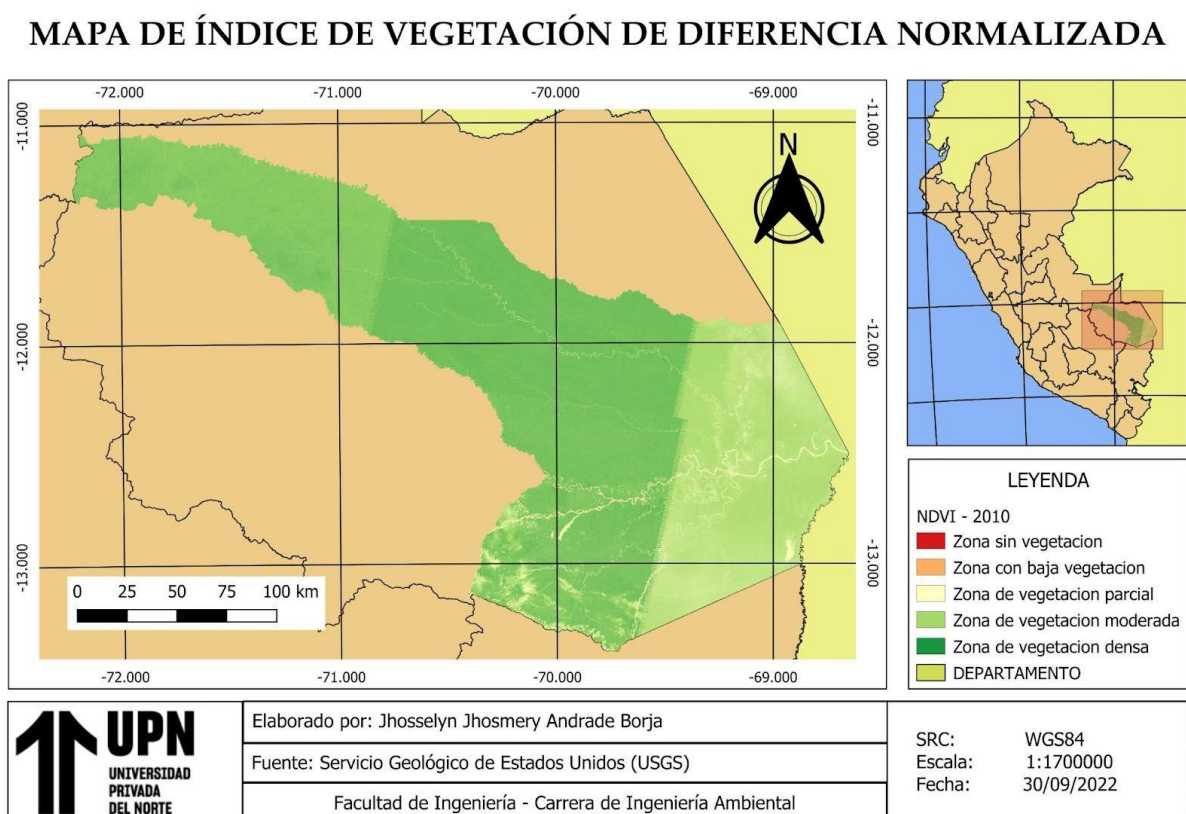
En la Figura 4, se puede observar el cálculo del NDVI en la provincia de Tambopata para el año de 2005, gracias a la aplicación de dicho índice se logró realizar la clasificación de la vegetación de la zona, lo cual se representa de la siguiente manera: el color rojo representa a zonas sin vegetación, el color naranja representa a las zonas con vegetación baja, el color crema representa las zonas de vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas de vegetación moderada y el color verde oscuro representa a las zonas con vegetación densa; según se observa en el mapa en este año las zonas con vegetación moderada han crecido un poco a comparación de los años anteriores provocando así una disminución de las zonas con vegetación densa y resaltan

también las zonas de vegetación parcial.

3.1.1.4. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 2010

Figura 5

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 2010



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada – 2010.

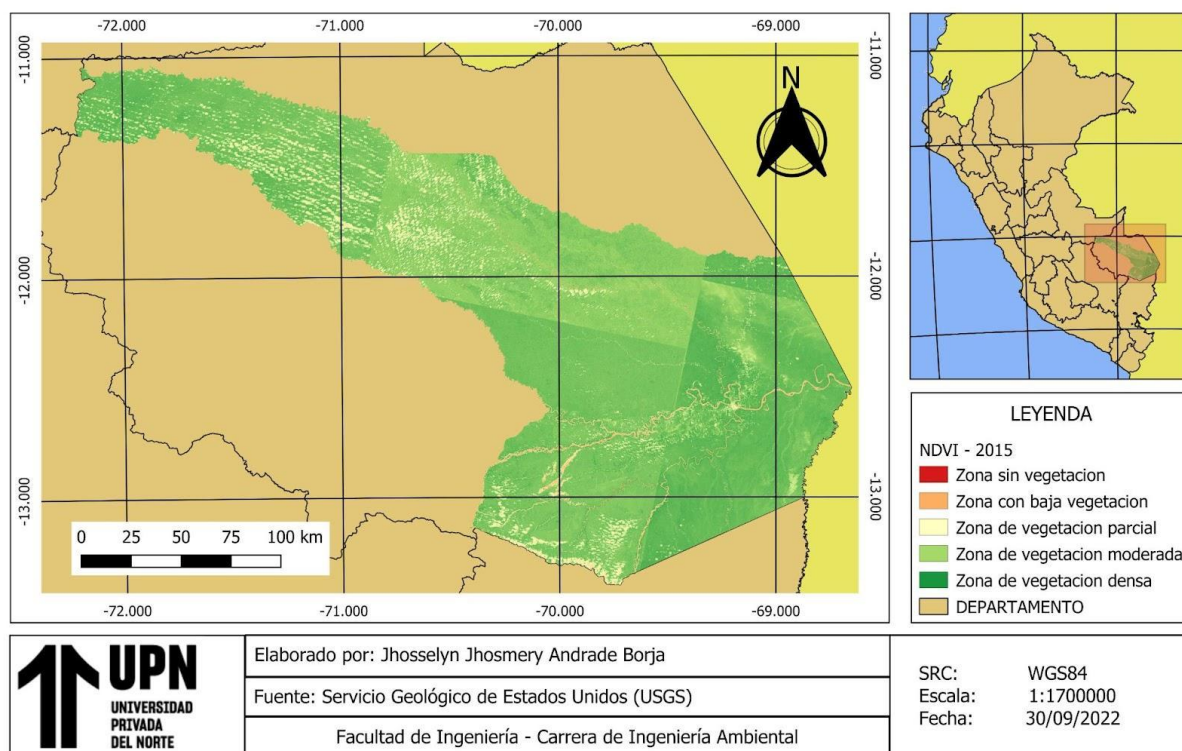
En la Figura 5 se puede observar el cálculo del NDVI para el año 2010 en la provincia de Tambopata, donde se tuvieron como resultados la clasificación de la vegetación, donde las áreas de color rojo representa a las zonas sin vegetación, las zonas naranjas presentan una baja vegetación, las zonas de color crema contienen una vegetación parcial, las zonas de color verde claro son todas las áreas con vegetación moderada y las zonas de color verde oscuro abarca a todas las áreas con vegetación densa; entonces dentro del análisis del mapa se identificó que las zonas con vegetación densa y moderada las cuales presentan una mayor proporción a comparación con las demás zonas identificadas.

3.1.1.5. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 2015

Figura 6

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 2015

MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada - 2015.

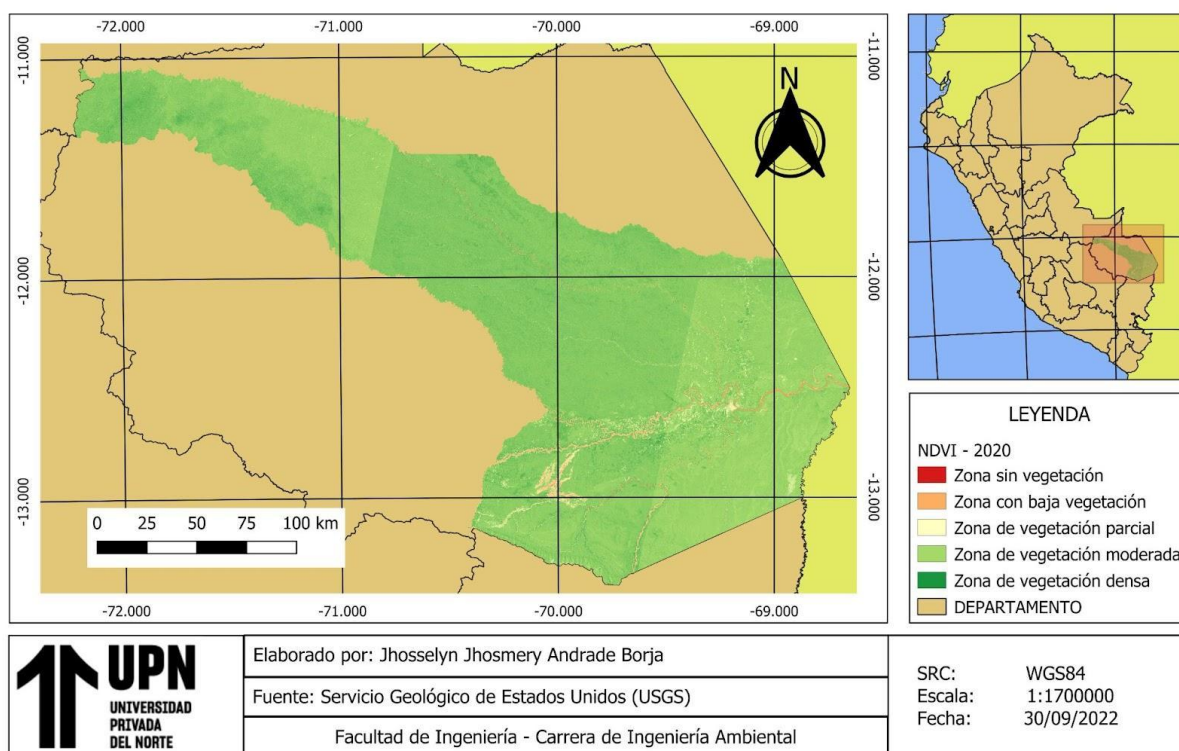
En la Figura 6, se puede visualizar el cálculo del NDVI para el año 2015 en la provincia de Tambopata, donde se obtuvieron como resultados la clasificación de la vegetación, donde las áreas de color rojo representa a las zonas sin vegetación, las zonas naranjas presentan una baja vegetación, las zonas de color crema contienen una vegetación parcial, las zonas de color verde claro son las áreas con vegetación moderada y las zonas de color verde oscuro abarca a las áreas con vegetación densa; donde se identificó que hay un aumento de zonas de vegetación parcial a comparación del año 2010.

3.1.1.6. Índice de vegetación diferenciada normalizada – 2020

Figura 7

Mapa del NDVI de la imagen satelital del año 2020

MAPA DE ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA



NOTA. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada - 2020

En la Figura 7, se puede visualizar el cálculo del NDVI para el año 2020 en la provincia de Tambopata, donde se obtuvieron como resultados la clasificación de la vegetación, donde las áreas de color rojo representa a las zonas sin vegetación, las zonas naranjas son áreas con baja vegetación, las zonas de color crema contienen una vegetación parcial, las zonas de color verde claro son áreas con vegetación moderada y las zonas de color verde oscuro abarca a las áreas con vegetación densa; donde se observa que para el año 2020 hay un incremento en las zonas sin vegetación y una disminución en las zonas con vegetación densa.

Tabla 1

Análisis del índice de vegetación de diferencia normalizada en los años 1995 al 2020

Tipos de cobertura	Área (km ²)					
	Año (1995)	Año (2000)	Año (2005)	Año (2010)	Año (2015)	Año (2020)
Zona sin vegetación	0.077	0.45	0.02	7.68	530.81	625.5
Zona con baja vegetación	28.82	52.34	0.07	280.84	462.1	506.2
Zona de vegetación parcial	1937.93	5307.06	194.36	10669	3759.59	3923.64
Zona de vegetación moderada	34165.72	30777.65	35942.25	25180	6047.15	6537
Zona de vegetación densa	0,011	0.075	0.87	0.06	0.29	0.22

Nota. Resultados obtenidos de los tipos de cobertura clasificados mediante el NDVI y su respectiva área.

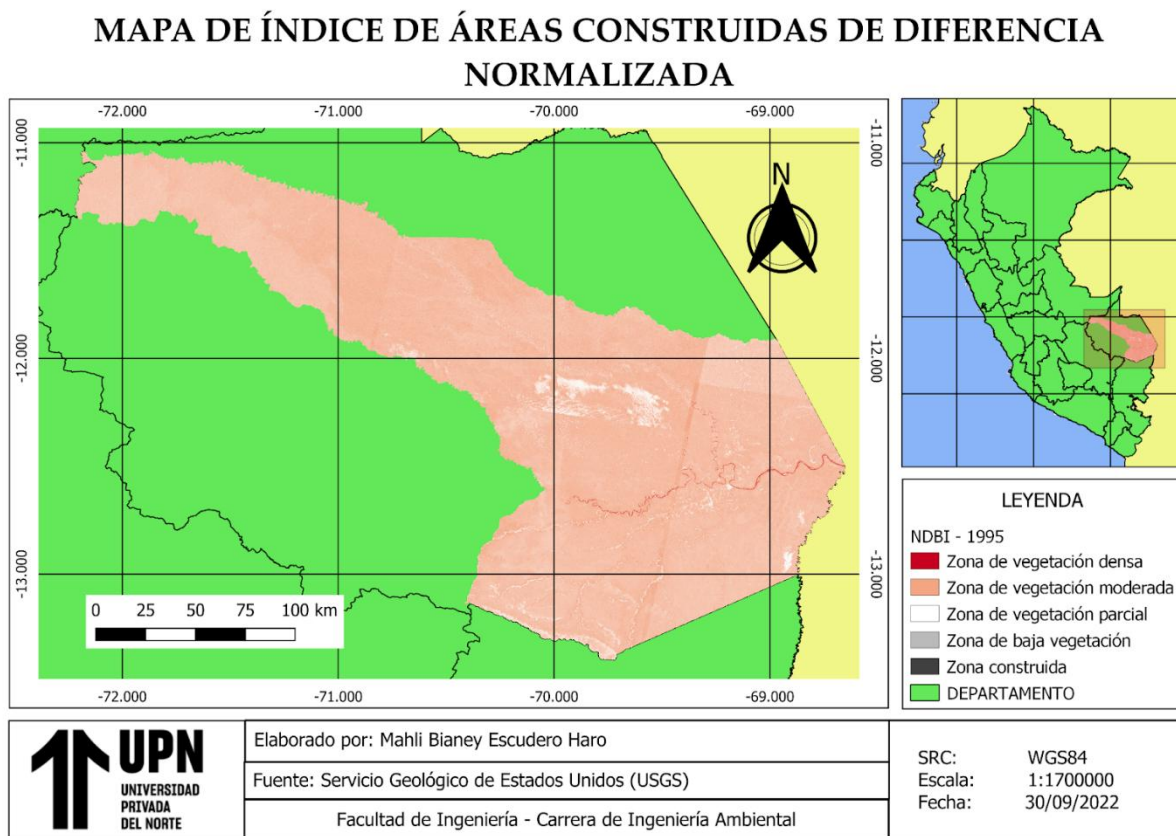
Según los datos obtenidos del cálculo del NDVI aplicados en las imágenes satelitales seleccionadas se pudo observar distintos tipos de cambios en la cobertura, para el año 2020 se vio una disminución en la vegetación densa a comparación con el año 2005 donde presenta una mayor área de vegetación densa con un 0.87 km²; en la cobertura de vegetación moderada se observó una disminución considerable del año 1995 al 2020 presentando en el último año seleccionado un área de 6537 km² de vegetación moderada. En las áreas sin vegetación se observa que hubo un aumento con el pasar de los años teniendo una mayor área sin vegetación de 530.81km² y 625.25 km² en los años de 2015 y 2020 respectivamente.

3.1.2. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada (NDBI)

3.1.2.1. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada – 1995

Figura 8

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 1995



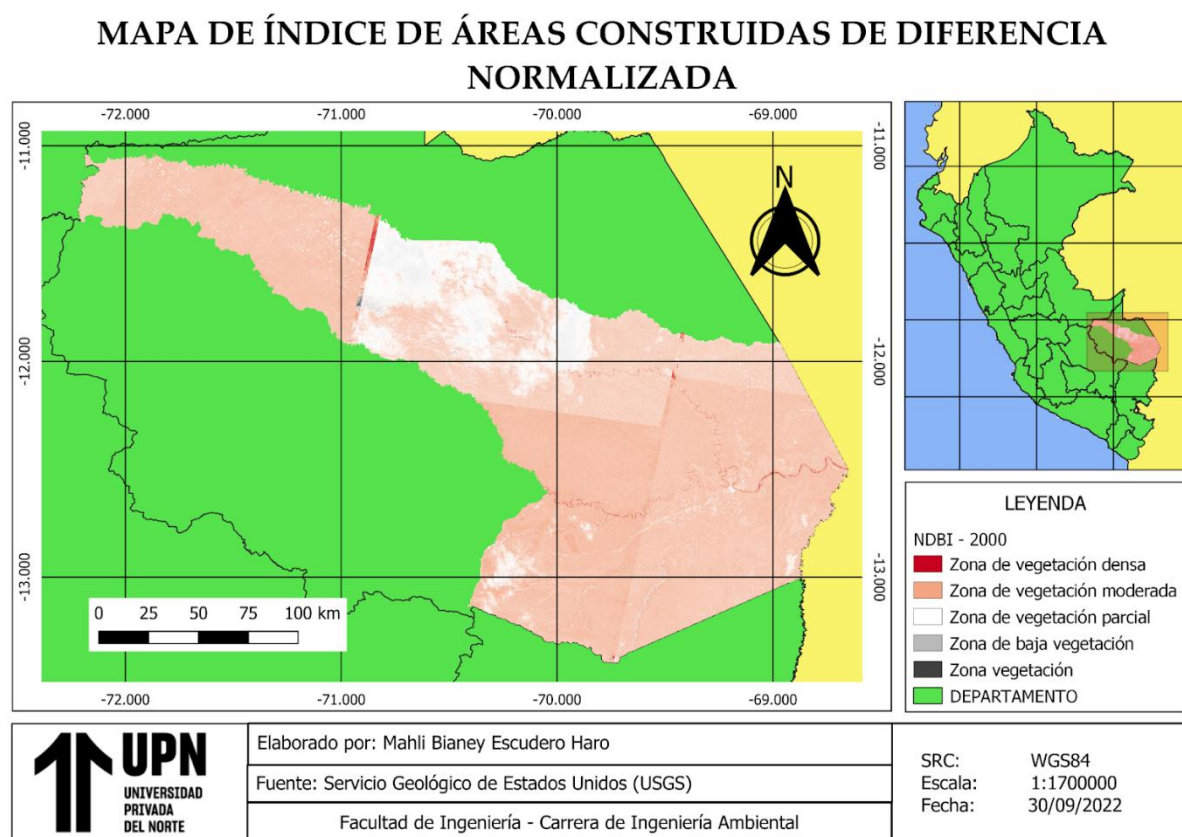
NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 1995.

En la Figura 8, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año de 1995; una vez aplicado el índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales hay presencia de áreas construidas, lo cual se representa de la siguiente manera: el color plomo oscuro está representando a las áreas en las cuales se ha identificado construcciones el cuál existe en poca proporción, con los que respecta al color plomo claro está representando la presencia de una vegetación baja, el color blanco representa a las zonas con vegetación parcial, la zona de color rosado representa a las zonas con vegetación moderada y el color rojo a zonas con vegetación densa.

3.1.2.2. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada – 2000

Figura 9

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 2000



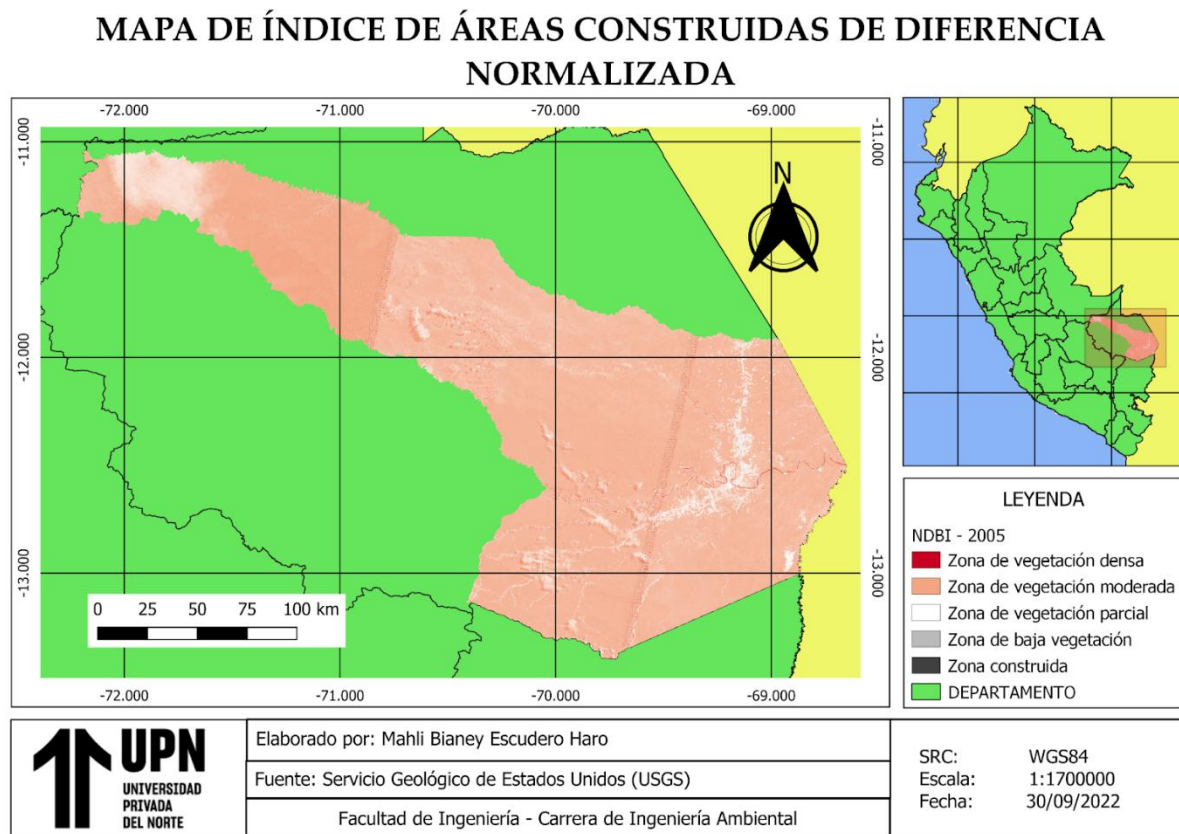
NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2000.

En la Figura 9, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año de 2000; una vez aplicado el índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales hay presencia de áreas construidas, lo cual se representa de la siguiente manera: el color plomo oscuro está representando a las áreas en las cuales se ha identificado construcciones el cuál se puede ver que existe en poca proporción, con los que respecta al color plomo claro este está representando ya la presencia de una vegetación baja, el color blanco representa a las zonas con vegetación parcial, la zona de color rosado representa a las zonas con vegetación moderada y el color rojo a zonas con vegetación densa.

3.1.2.3. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada – 2005

Figura 10

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 2005



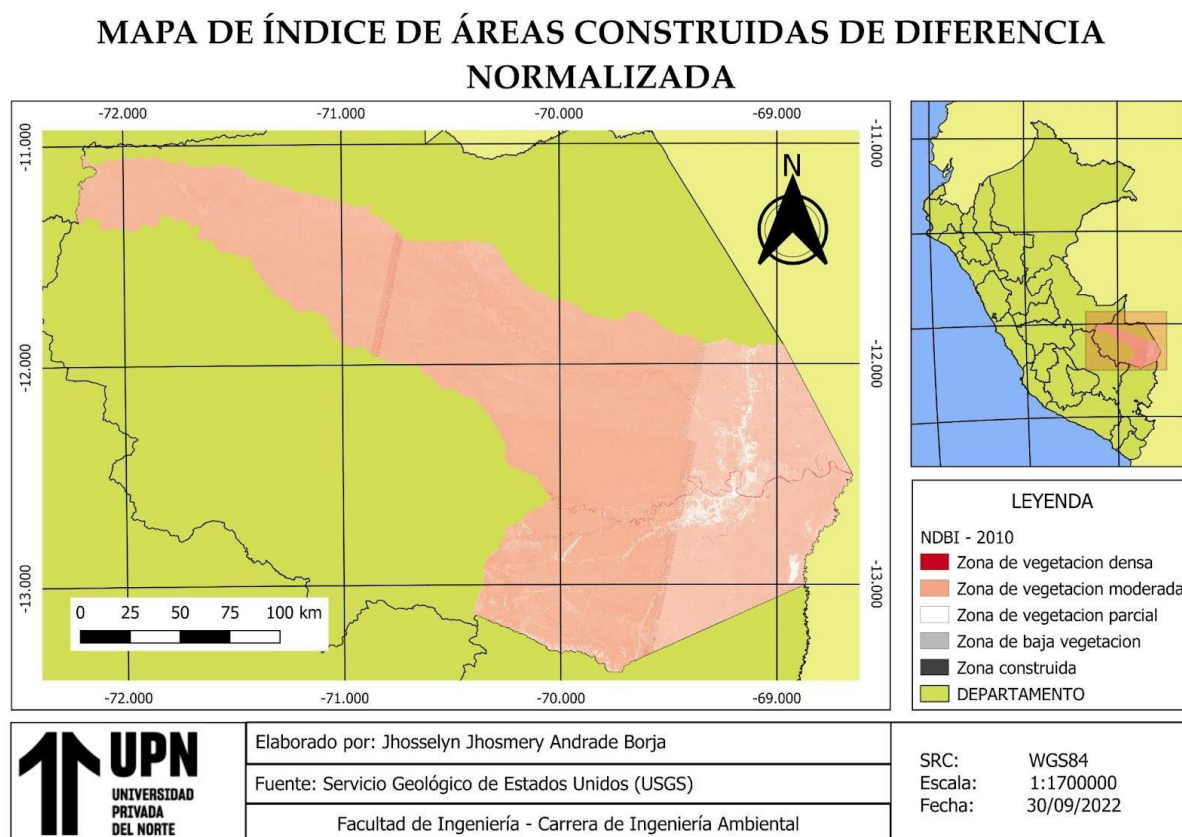
NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2005.

En la Figura 10, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año de 2005; una vez aplicado el índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales hay presencia de áreas construidas, lo cual se representa de la siguiente manera: el color plomo oscuro está representando a las áreas en las cuales se ha identificado construcciones el cuál se puede ver que existe en poca proporción, con los que respecta al color plomo claro este está representando ya la presencia de una vegetación baja, el color blanco representa a las zonas con vegetación parcial, la zona de color rosado representa a las zonas con vegetación moderada y el color rojo a zonas con vegetación densa.

3.1.2.4. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada – 2010

Figura 11

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 2010



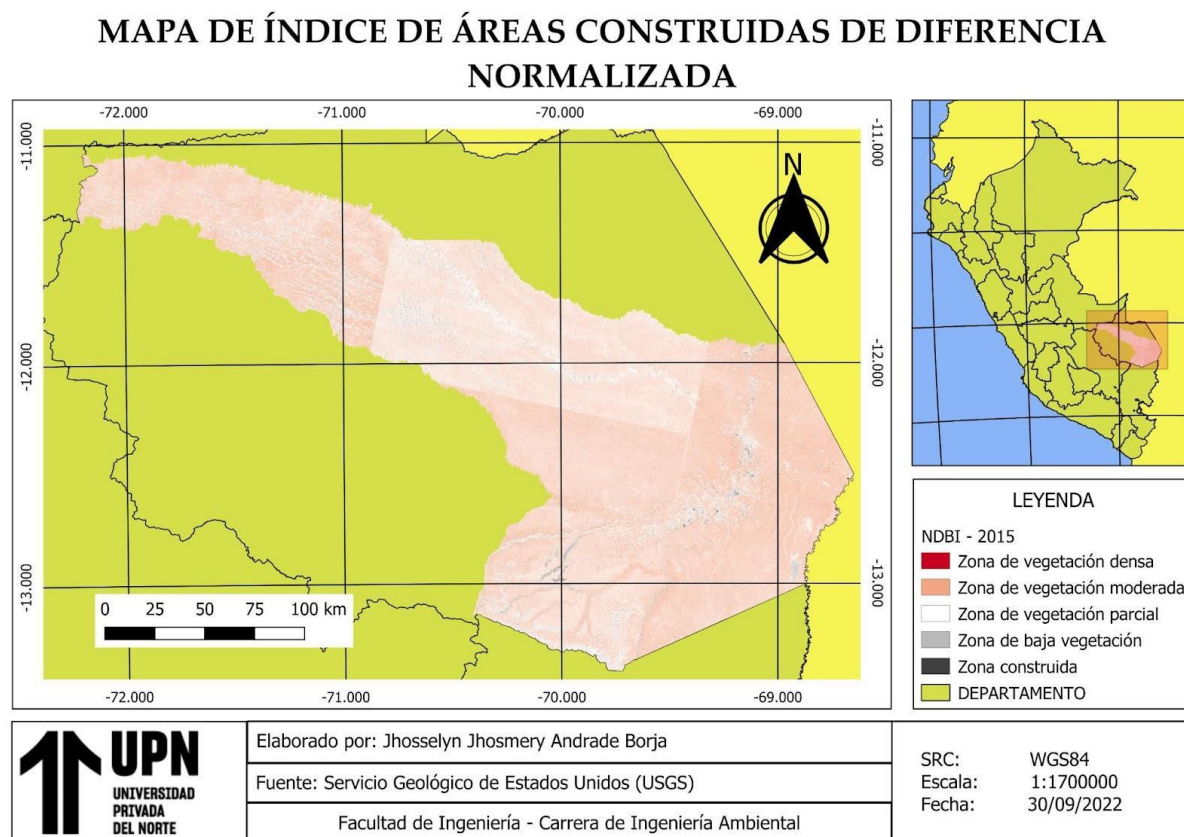
NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2010.

En la Figura 11, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año 2010; donde se obtuvieron como resultados la identificación de zonas, donde las zonas de vegetación densa abarca todo el color rojo, las áreas de color rosado contienen una vegetación moderada, las zonas de vegetación parcial engloba a todas las áreas de color blanco, las áreas de color plomo son las zonas de baja vegetación y las zonas construidas o con presencia de infraestructura están representadas de color negro las cuales se observa que tienen una pequeña proporción a comparación de las demás zonas identificadas.

3.1.2.5. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada – 2015

Figura 12

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 2015



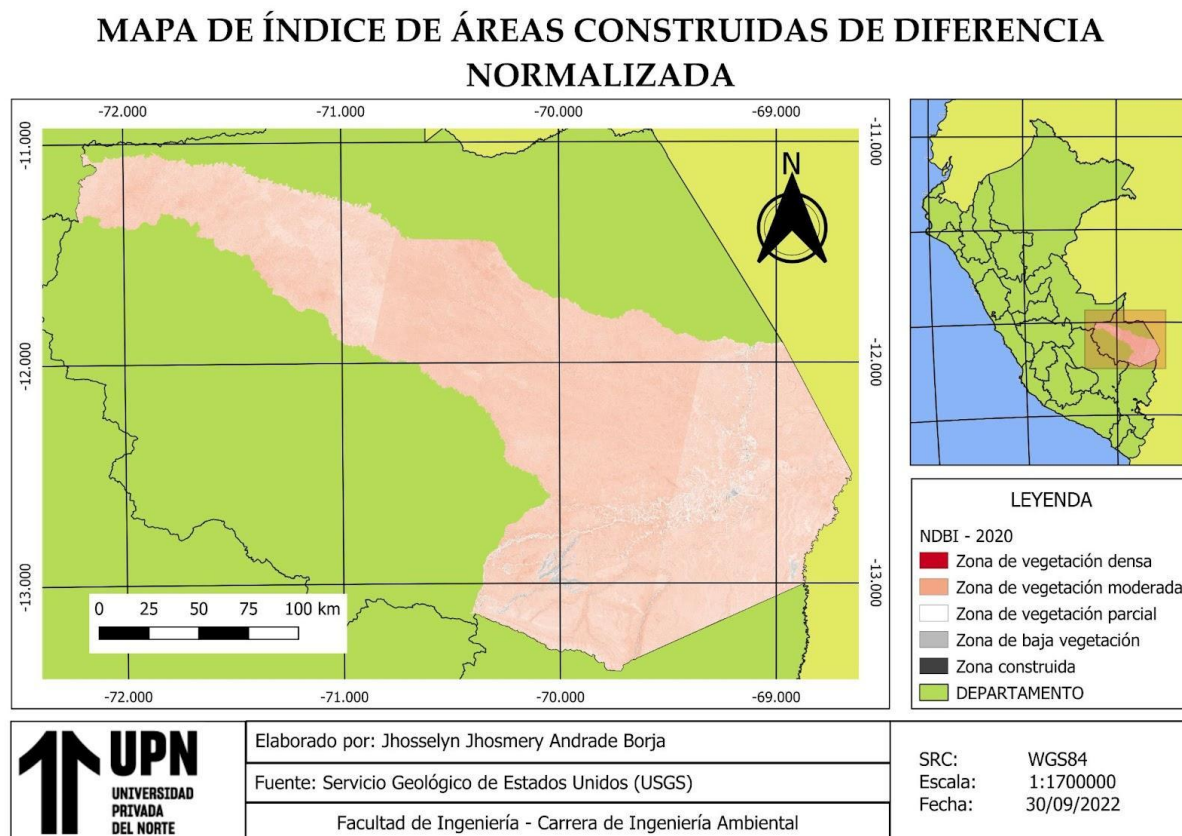
NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2015.

En la Figura 12, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año 2015; donde se obtuvieron como resultados la identificación de zonas, donde las zonas de vegetación densa abarca todo el color rojo, las zonas de color rosado contienen una vegetación moderada, las zonas de vegetación parcial engloba a todas las áreas de color blanco, las áreas de color plomo son las zonas de baja vegetación y las de color negro son zonas construidas o con presencia de infraestructura; asimismo, se identificó que hubo un aumento de las zonas con vegetación moderada, parcial y zonas construidas a comparación del año 2010.

3.1.2.6. Índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2020

Figura 13

Mapa del NDBI de la imagen satelital del año 2020



NOTA. Cálculo del índice de áreas construidas de diferencia normalizada - 2020.

En la Figura 13, se puede observar el cálculo del NDBI en la provincia de Tambopata para el año 2020; donde se obtuvieron como resultados la identificación de zonas, donde las zonas de vegetación densa abarca todo el color rojo, las zonas de color rosado presentan una vegetación moderada, las zonas de vegetación parcial engloba a todas las áreas de color blanco, las áreas de color plomo son las zonas de baja vegetación y las de color negro son zonas construidas o con presencia de infraestructura donde se observa un pequeño incremento a comparación del año 2015.

Tabla 2

Análisis del índice de áreas construidas de diferencia normalizada en los años 1995 al 2020

Tipos de cobertura	Área (km ²)					
	Año (1995)	Año (2000)	Año (2005)	Año (2010)	Año (2015)	Año (2020)
Zona de vegetación densa	297.09	207.79	256.32	345.29	608.2	536.7
Zona de vegetación moderada	20120.76	33601.81	35178.57	35556	3756.5	3825.1
Zona de vegetación parcial	15698.96	2306.92	683.02	219.36	361.2	408
Zona de baja vegetación	11.98	13.68	15.27	16.62	16.89	17.23
Zona construida	0.14	0.261	0.39	0.021	0.023	0.27

Nota. Resultados obtenidos de los tipos de cobertura clasificados mediante el NDBI y su respectiva área. Fuente: Elaboración propia.

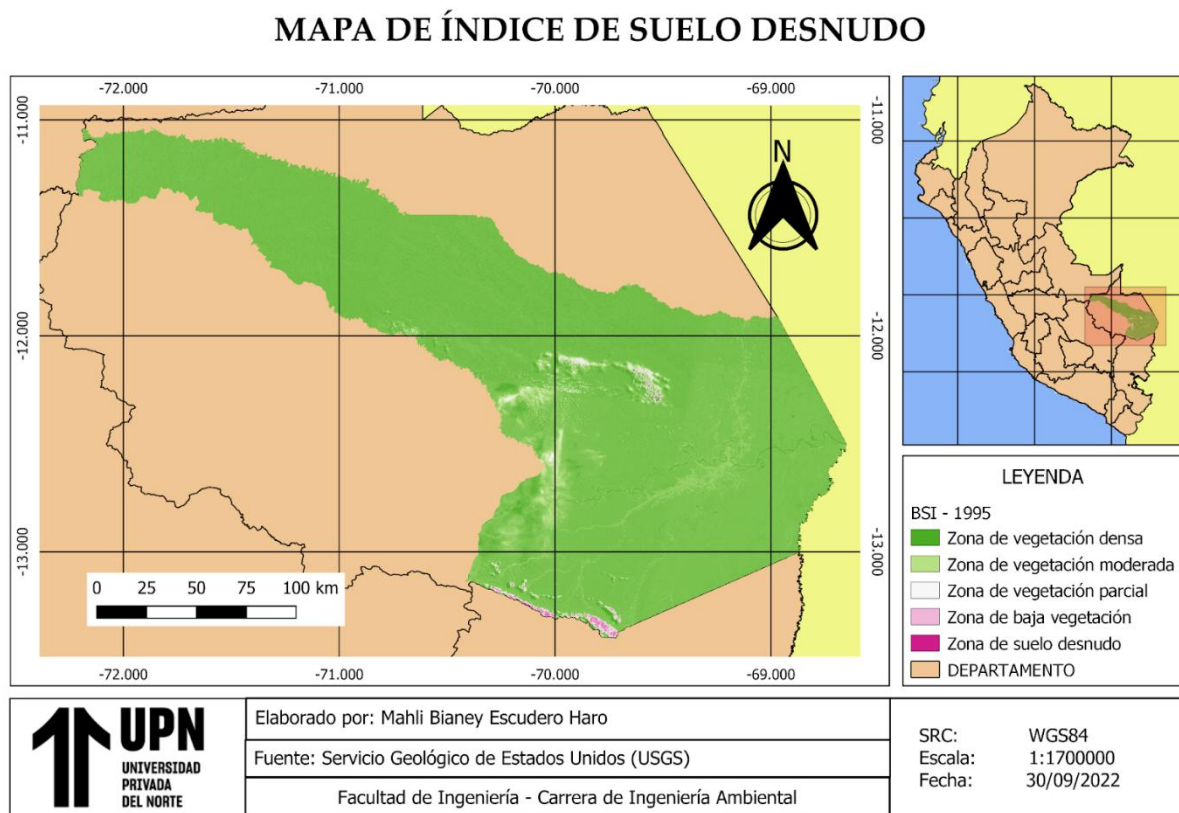
Según los datos obtenidos del cálculo del NDBI se pudo identificar que las zonas de vegetación moderada y zonas de baja vegetación han presentado un aumento notable hasta el 2020 teniendo áreas de 3825.1 km² y 17.23 km² respectivamente para cada zona de vegetación, presentando una pérdida de cobertura vegetal considerable de los años estudiados; en lo que respecta a zonas construidas dentro de la provincia de Tambopata no se han identificado cambios considerables, observando áreas de 0.14 km², 0.261 km², 0.39 km², 0.021 km², 0.023 km² y 0.27 km² para los años de 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 respectivamente.

3.1.3. Índice de suelo desnudo (BSI)

3.1.3.1. Índice de suelo desnudo – 1995

Figura 14

Mapa del BSI de la imagen satelital del año 1995



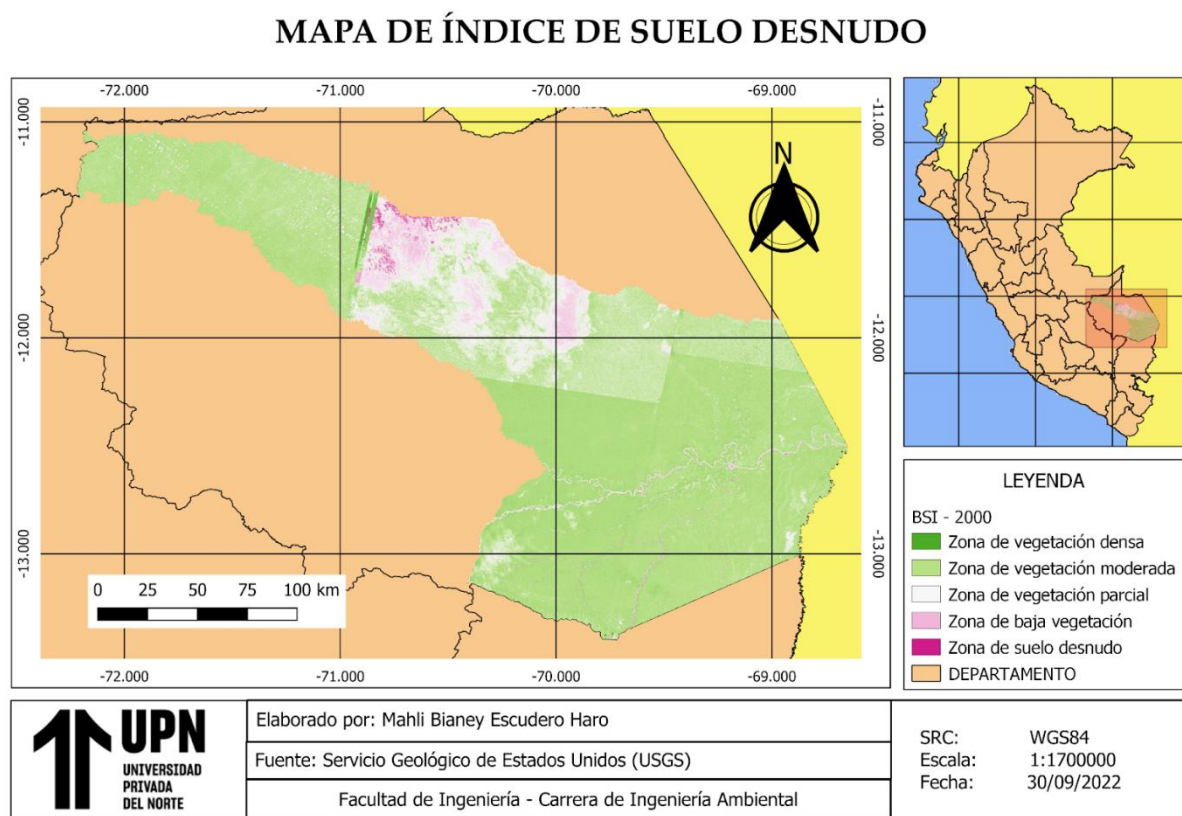
NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 1995.

En la Figura 14, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 1995; con la aplicación de este índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales ya no hay presencia de áreas vegetativas, según lo presentado en el mapa podemos inferir lo siguiente: en este caso el color magenta representa a las zonas de suelo desnudo y como se puede apreciar en el mapa estas zonas están presentes en pocas proporciones, así mismo tenemos el color rosado el cual representa a las zonas con baja vegetación, el color blanco está representando a las zonas con vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas con vegetación moderada y el color verde oscuro es el que está representando a la zona con vegetación densa y según lo que se puede observar en el mapa estas son las zonas con mayor presencia.

3.1.3.2. Índice de suelo desnudo – 2000

Figura 15

Mapa del BSI de la imagen satelital del año 2000



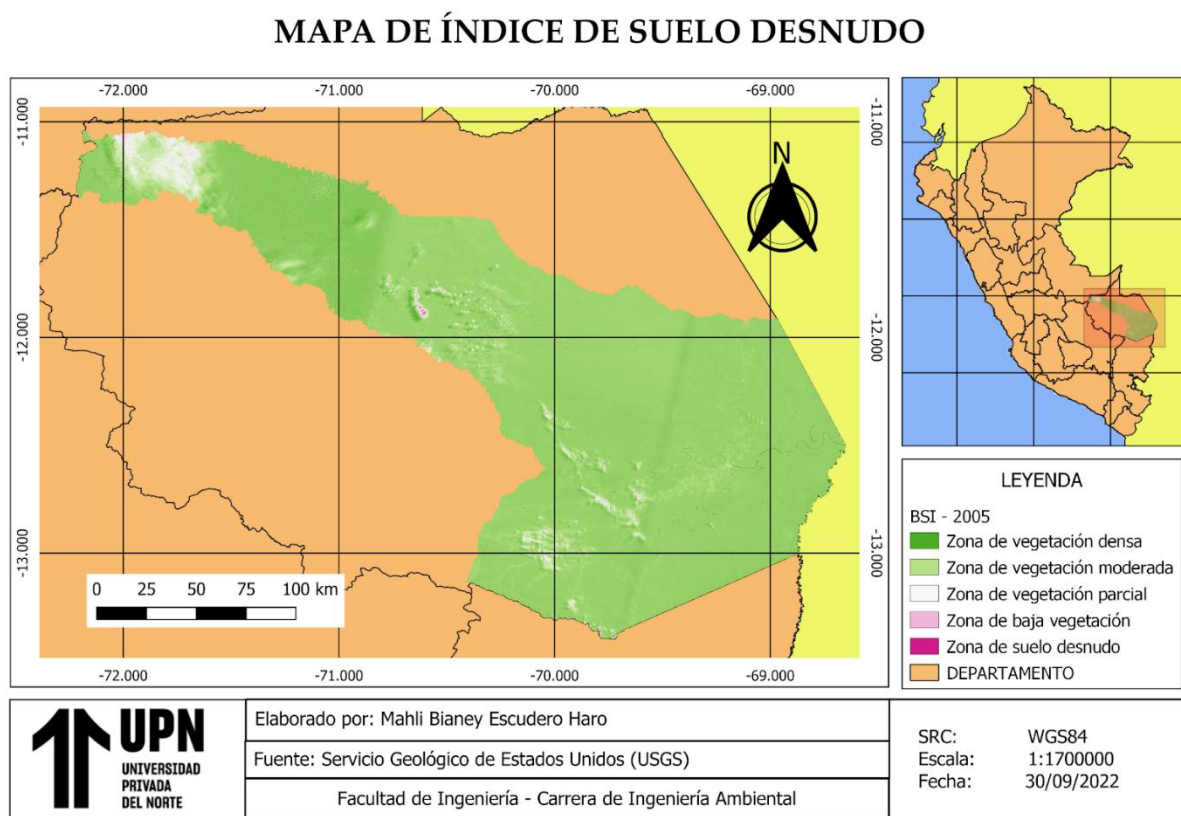
NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 2000.

En la Figura 15, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 2000; con la aplicación de este índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales ya no hay presencia de áreas vegetativas, según lo presentado en el mapa podemos inferir lo siguiente: en este caso el color magenta representa a las zonas de suelo desnudo y como se puede apreciar en el mapa estas zonas han presentado un pequeño crecimiento pero aun así estas zonas están presentes en pequeñas proporciones, así mismo tenemos el color rosado el cual representa a las zonas con baja vegetación, el color blanco está representando a las zonas con vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas con vegetación moderada y el color verde oscuro es el que está representando a la zona con vegetación densa, en el caso de este año se puede observar que las zonas de vegetación moderada son las que más salen a resaltar a comparación de las zonas que presentan vegetación densa.

3.1.3.3. Índice de suelo desnudo – 2005

Figura 16

Mapa del BSI de la satelital del año 2005



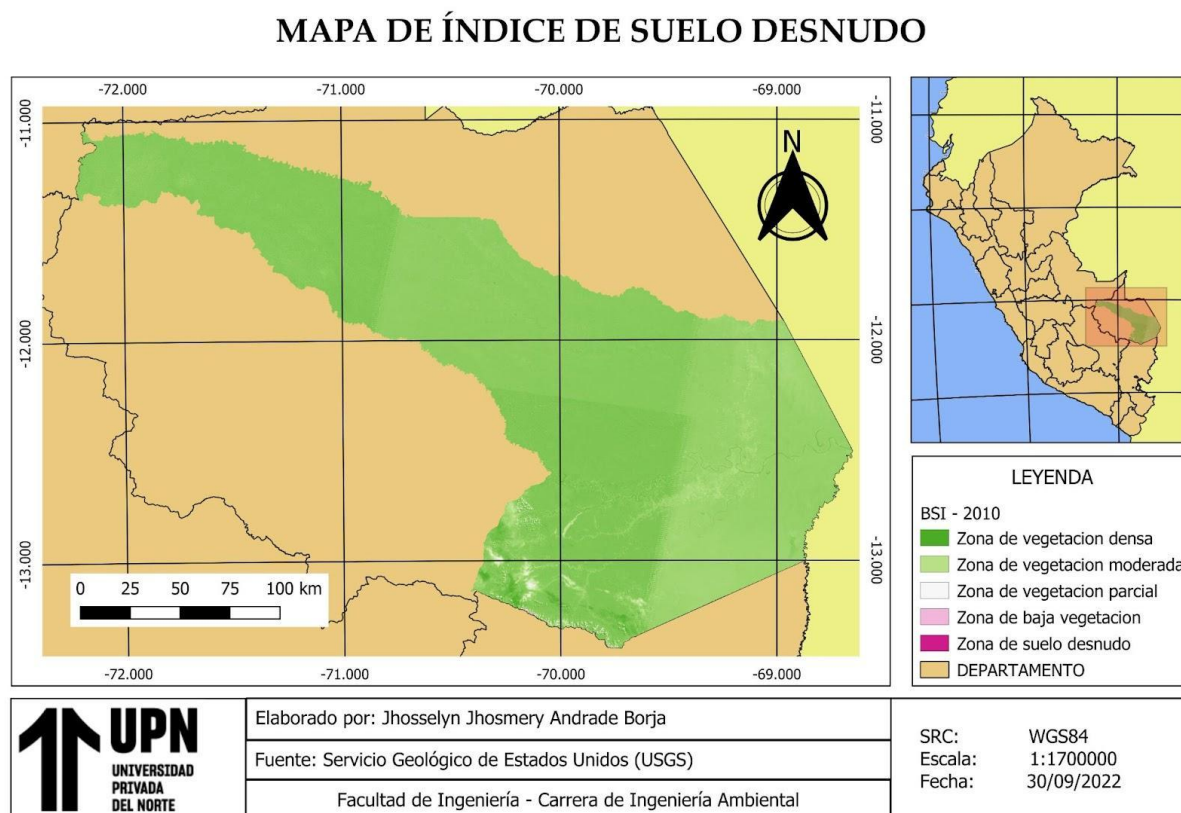
NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 2005.

En la Figura 16, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 2005; con la aplicación de este índice se logró realizar la identificación de las zonas en las cuales ya no hay presencia de áreas vegetativas, según lo presentado en el mapa podemos inferir lo siguiente: en este caso el color magenta representa a las zonas de suelo desnudo y como se puede apreciar en el mapa estas zonas están presentes en pequeñas proporciones, así mismo tenemos el color rosado el cual representa a las zonas con baja vegetación, el color blanco está representando a las zonas con vegetación parcial, el color verde claro representa a las zonas con vegetación moderada y el color verde oscuro es el que está representando a la zona con vegetación densa, en el caso de este año se puede observar que las zonas de vegetación moderada y las zonas de vegetación densa son las más representativas.

3.1.3.4. Índice de suelo desnudo – 2010

Figura 17

Mapa del BSI de la imagen satelital del año 2010



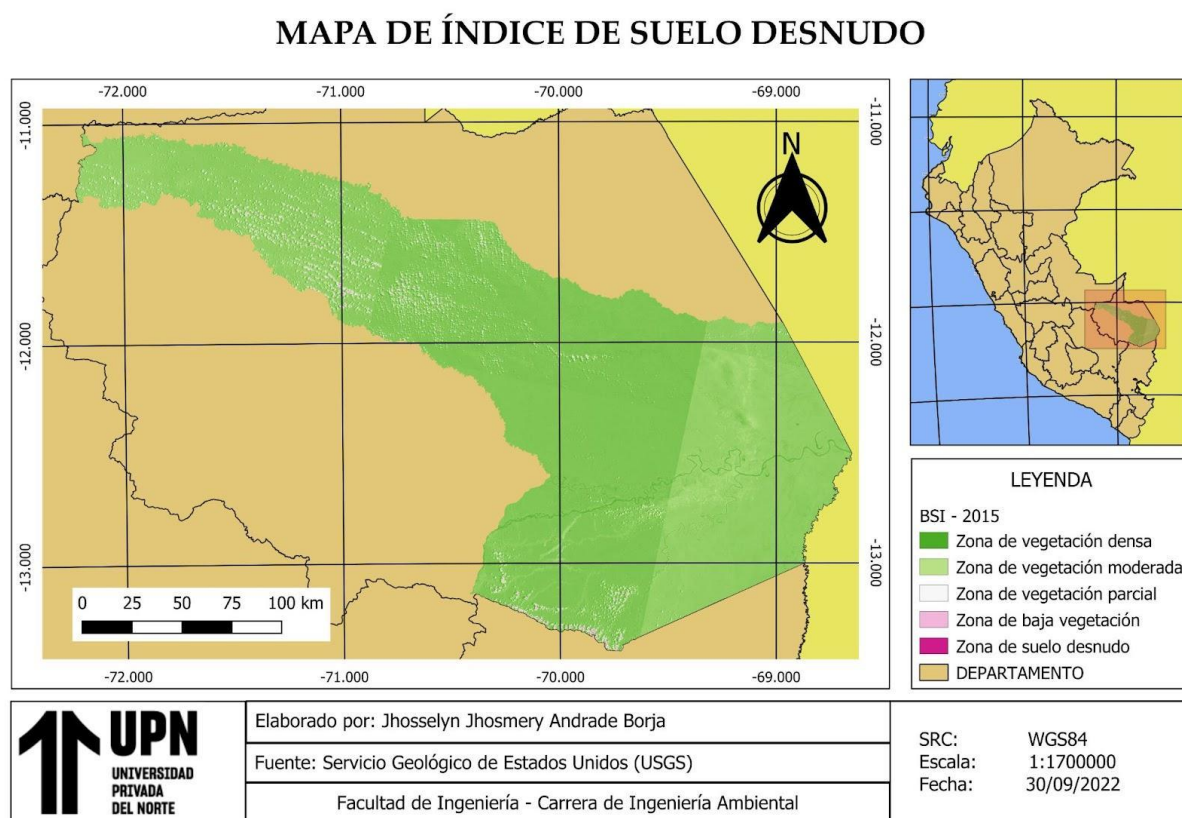
NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 2010.

En la Figura 17, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 2010; con la aplicación de este índice se obtuvo como resultado la identificación de zonas de suelo desnudo las cuales están representadas por el color magenta, las zonas rosadas abarca las áreas con baja vegetación, las zonas de vegetación parcial engloba todas las áreas de color blanco, las zonas de color verde claro contienen una vegetación moderada y las de color verde oscuro presentan una vegetación densa; dentro del análisis del mapa se puede identificar que existe una mayor proporción de áreas con vegetación densa y una mínima proporción de zonas de suelo desnudo.

3.1.3.5. Índice de suelo desnudo – 2015

Figura 18

Mapa del BSI de la imagen satelital del año 2015



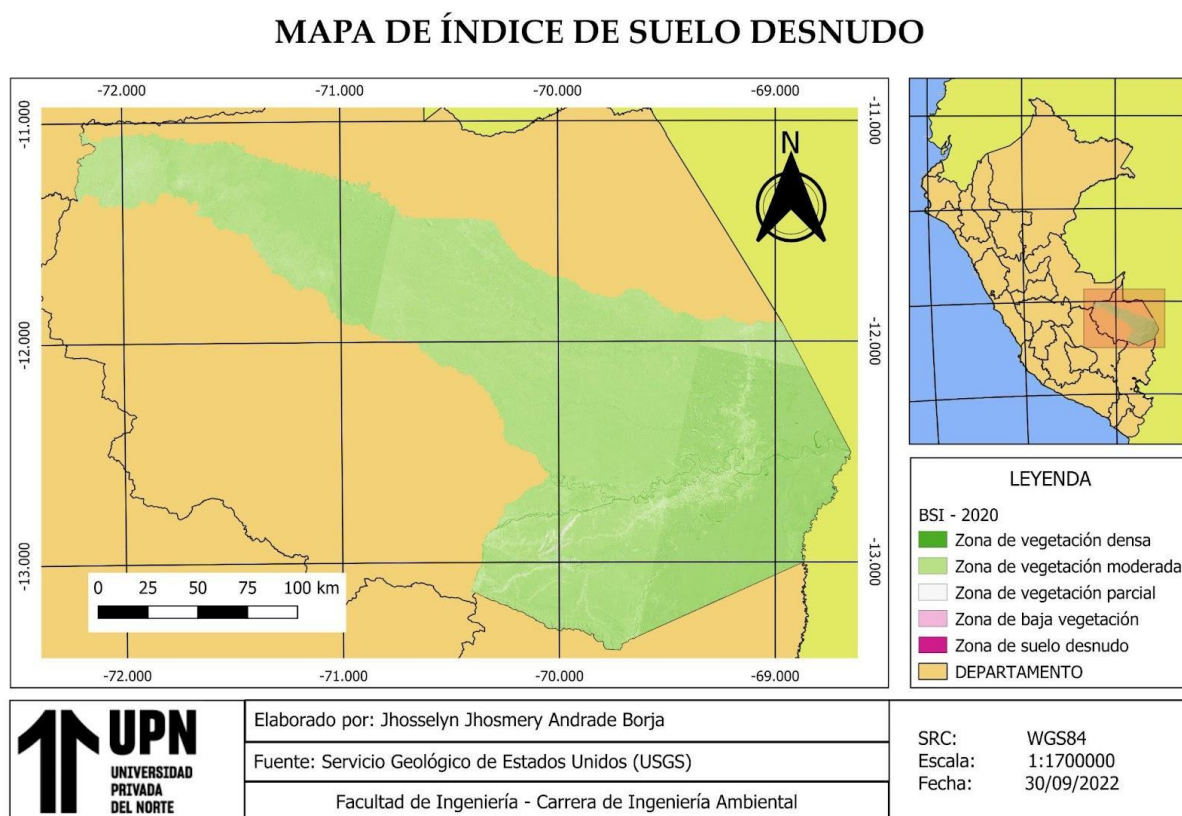
NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 2015.

En la Figura 18, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 2015; con la aplicación de este índice se obtuvo como resultado la identificación de zonas de suelo desnudo las cuales están representadas por el color magenta, las zonas rosadas abarca las áreas con baja vegetación, las zonas de vegetación parcial engloba todas las áreas de color blanco, las zonas de color verde claro contienen una vegetación moderada y las de color verde oscuro presentan una vegetación densa; asimismo, dentro del mapa se identificó que existe un pequeño incremento en las zonas de vegetación moderada, parcial y baja vegetación a comparación del año 2010.

3.1.3.6. Índice de suelo desnudo – 2020

Figura 19

Mapa del BSI de la imagen satelital del año 2020



NOTA. Cálculo del índice de suelo desnudo - 2020.

En la Figura 19, se puede observar el cálculo del BSI en la provincia de Tambopata para el año de 2020; con la aplicación de este índice se obtuvo como resultado la identificación de zonas de suelo desnudo las cuales están representadas por el color magenta, las zonas rosadas abarca las áreas con baja vegetación, las zonas de vegetación parcial engloba todas las áreas de color blanco, las zonas de color verde claro contienen una vegetación moderada y las de color verde oscuro presentan una vegetación densa; dentro del mapa también se observó que hay un aumento representativo de zonas con vegetación moderada a comparación del año 2015.

Tabla 3

Análisis del índice de suelo desnudo en los años 1995 al 2020

Clasificación	Área (km ²)					
	Año (1995)	Año (2000)	Año (2005)	Año (2010)	Año (2015)	Año (2020)
Zona de vegetación densa	120.48	166.79	0.05	0.10	0.24	0.33
Zona de vegetación moderada	35648.09	35629.12	35636.32	1324.91	1285.78	1638.4
Zona de vegetación parcial	345.02	231.01	216.56	235.29	429.17	247.2
Zona de baja vegetación	23.01	78.12	144.76	20.1	35.6	28.9
Zona de suelo desnudo	15.16	32.53	138.88	4.14	4.03	4.26

Nota. Resultados obtenidos de los tipos de cobertura clasificados mediante el BSI y su respectiva área.

Según los datos obtenidos en el cálculo del índice de suelos desnudos, se presentaron cambios considerables en las zonas de vegetación densa teniendo como resultado para el año 2020 un área de 0.33 km²; igualmente se identificó un aumento notable de áreas de vegetación moderada el cual al 2020 presenta una zona de 1638.4 km²; así mismo se pudo identificar que las zonas de suelo desnudo presentaron áreas de mayor tamaño para el año 2005 con un total de 138.88 km², con respecto a este tipo de zonas pudimos identificar que para los años posteriores de 2010, 2015 y 2020 se presentó una baja de zonas de suelo desnudo obteniendo los siguientes resultados 4.14 km², 4.03 km² y 4.26 km² respectivamente para los años ya mencionados.

A. Interpretación de Resultados

Se compararon los valores de NDVI, NDBI y BSI para cada uno de los periodos analizados (1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020) con el objetivo de ver el cambio en la cobertura vegetal y entender la relación entre la vegetación, urbanización y degradación del suelo, de ellos se observa lo siguiente:

NDVI: Presenta una tendencia decreciente en la cobertura de vegetación densa y moderada, con un aumento de las zonas de vegetación y sin vegetación.

NDBI: Del periodo estudiado se refleja un incremento paulatino de áreas construidas, correlacionado con el crecimiento urbano y actividades antrópicas.

BSI: Se observa un aumento de suelo desnudo en los periodos de mayor deforestación, especialmente entre 2000 y 2010.

Por otro lado, haciendo un análisis integrado, se detalla que, las zonas con alta deforestación identificadas con el NDVI coinciden con incrementos en los valores de BSI, lo que sugiere una transición de bosque a suelo desnudo. Asimismo, las áreas con crecimiento en NDBI están generalmente ubicadas cerca de las zonas donde el NDVI muestra una pérdida de vegetación. Por último se observa que desde el 2015, se da un leve aumento en la vegetación densa, lo cual puede estar vinculado a iniciativas de reforestación.

3.2 ESTIMACIÓN DE DEFORESTACIÓN:

La estimación de la deforestación se realizó mediante la clasificación supervisada, la cual se basa en la disponibilidad de áreas de entrenamiento. Como resultado de la clasificación supervisada para los años 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 se obtuvo:

3.2.1. Estimación de deforestación para el año 1995

Tabla 4

Análisis de la deforestación para el año 1995

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	1221.39	1.21%
Agricultura	1328.52	1.31%
Vegetación parcial	4584.67	4.53%
Vegetación semi densa	653.16	0.65%
Vegetación densa	28349.97	28.00%

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 1995.

Según se observa en la tabla 4, una vez realizada la aplicación de la clasificación supervisada dentro del territorio de la provincia de Tambopata para el año de 1995, se obtuvo los siguientes resultados con los que respecta a uso de suelo: tenemos a las áreas deforestadas las cuales abarcan un territorio de 1221.39 km² lo cual representa a un 1.21%, con lo que respecta a agricultura estas ocupan un área total de 1328.52 km² representando así el 1.31% de área, el territorio de vegetación parcial es de 4584.67 km² lo que representa un 4.53%, las zonas con vegetación semi densa abarcan un área de 653.16 km² lo que representa un 0.65% y las áreas de vegetación densa abarcan un territorio de 28349.97 km² lo cual representa un 28% dentro del territorio de la provincia de Tambopata; según estos resultados obtenidos se puede identificar que son las zonas con vegetación densa las cuales predominan dentro del año de 1995.

3.2.2. Estimación de deforestación para el año 2000

Tabla 5

Análisis de la deforestación para el año 2000

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	3010.08	2.97%
Agricultura	1804.74	1.78%
Vegetación parcial	6960.02	6.88%
Vegetación semi densa	1083.11	1.07%
Vegetación densa	23279.05	23.00%

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2000.

Según se observa en la tabla 5, una vez realizada la aplicación de la clasificación supervisada dentro del territorio de la provincia de Tambopata para el año de 2000, se obtuvo los siguientes resultados con los que respecta a uso de suelo: tenemos a las áreas deforestadas las cuales abarcan un territorio de 3010.08 km² lo cual representa a un 2.97% así mismo es preciso mencionar que a comparación del año de 1995 estas áreas tuvieron un incremento, con lo que respecta a agricultura estas ocupan un área total de 1804.74 km² representando así el 1.78% así mismo se puede ver un incremento de estas áreas a comparación de años anteriores, el territorio de vegetación parcial es de 6960.02 km² lo que representa un 6.88% la cual también presentó un crecimiento a comparación de años anteriores, las zonas con vegetación semi densa abarcan un área de 1083.11 km² lo que representa un 1.07% siendo esta el área con mayor crecimiento a comparación de los años anteriores y las áreas de vegetación densa abarcan un territorio de 23279.05 km² lo cual representa un 23% dentro del territorio de la provincia de Tambopata; según estos resultados obtenidos se puede identificar que son las zonas con vegetación densa presentó una pérdida a comparación del año de 1995 provocando así un incremento de las demás áreas.

3.2.3. Estimación de deforestación para el año 2005

Tabla 6

Análisis de la deforestación para el año 2005

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	2996.52	2.07%
Agricultura	976.25	0.96%
Vegetación parcial	4031.01	3.98%
Vegetación semi densa	5589.76	5.52%
Vegetación densa	23444.46	23.16%

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2005.

Según se observa en la tabla 6, una vez realizada la aplicación de la clasificación supervisada dentro del territorio de la provincia de Tambopata para el año de 2005, se obtuvo los siguientes resultados con los que respecta a uso de suelo: tenemos a las áreas deforestadas las cuales abarcan un territorio de 2996.52 km² lo cual representa a un 2.07% así mismo se pudo observar que este presentó una disminución a comparación del año 2000, con lo que respecta a agricultura estas ocupan un área total de 976.25 km² representando así el 0.96% como podemos observar en este año está área presenta un gran decaimiento a comparación de los años anteriores, el territorio de vegetación parcial es de 4031.01 km² lo que representa un 3.98% la cual también presentó un decrecimiento a comparación de años anteriores, las zonas con vegetación semi densa abarcan un área de 5589.76 km² lo que representa un 5.52% siendo esta el área con mayor crecimiento a comparación de los años anteriores y las áreas de vegetación densa abarcan un territorio de 23444.46 km² lo cual representa un 23.16% dentro del territorio de la provincia de Tambopata; según estos resultados obtenidos se puede identificar que son las zonas con vegetación densa las que en este año presentaron un crecimiento a comparación del año 2000.

3.2.4. Estimación de deforestación para el año 2010

Tabla 7

Análisis de la deforestación para el año 2010

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	4889.72	4.83%
Agricultura	265.67	0.30%
Vegetación parcial	5956.53	5.88%
Vegetación semi densa	706.35	0.69%
Vegetación densa	24319.719	24.02 %

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2010.

En la tabla 7, se observa los resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2010 en la provincia de Tambopata con respecto al uso del suelo, donde se obtuvo que existe un porcentaje mayor con vegetación densa con un 24.02% representando un área de 24319.7 km², asimismo se observó que la vegetación semi densa presenta un porcentaje del 0.69% en la cual presenta una disminución a comparación del año 2005, también se identificó un aumento en la vegetación parcial con un 5.88% a comparación de los años anteriores, dentro del uso del suelo también se observó la presencia de la actividad de agricultura la cual abarca el 0.30% del área estudiada, asimismo se observó que existen áreas deforestadas con un 4.83% en la cual se identificó que tuvo un incremento del 2.75% a comparación del año 2005.

3.2.5. Estimación de deforestación para el año 2015

Tabla 8

Análisis de la deforestación para el año 2015

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	1100.32	1.08%
Agricultura	119.96	0.12%
Vegetación parcial	1724.38	1.70%
Vegetación semi densa	674.49	0.66%
Vegetación densa	32515.93	32.11 %

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2015.

En la tabla 8, se observa los resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2015 en la provincia de Tambopata con respecto al uso del suelo, donde se obtuvo que existe un mayor porcentaje de vegetación densa con un 32.11%, asimismo se observó que la vegetación semi densa presenta un porcentaje del 0.66% y la vegetación parcial un 1.70% en las cuales estas presentaron una disminución a comparación del año 2010, dentro del uso del suelo también se observó la presencia de la actividad de agricultura la cual presenta un 0.12%, asimismo se identificó que existen áreas deforestadas con un 1.08% presentando una disminución del 3.75% a comparación del año 2010.

3.2.6. Estimación de deforestación para el año 2020

Tabla 9

Análisis de la deforestación para el año 2020

Uso del suelo	Área (km ²)	Porcentaje
Área deforestada	631.18	0.62%
Agricultura	43.32	0.042%
Vegetación parcial	4405.96	4.35%
Vegetación semi densa	583.63	0.57%
Vegetación densa	30472.38	30.09 %

Nota: Resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2020.

En la tabla 9, se observa los resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2020 en la provincia de Tambopata con respecto al uso del suelo, donde se obtuvo que existe un mayor porcentaje de vegetación densa con un 30.09%, asimismo se observó que la vegetación semi densa presenta un porcentaje del 0.57% presentando una disminución a comparación del año 2015, asimismo también existe un aumento en la vegetación parcial con un 4.35%, dentro del uso del suelo también se visualizó la presencia de la actividad de agricultura la cual presenta un 0.042%, y un 0.62% de áreas deforestadas presentando una disminución del 0.46% a comparación del año 2015.

Entonces, según los datos mostrados en las tablas N° 4 al 9, para los años de 1995 al 2020 se observa que se ha presentado un incremento y una disminución en áreas deforestadas, puesto que en el año 2010 se presentó un mayor porcentaje a comparación de los años anteriores y posteriores como el año 2020 en el cual se muestra un menor porcentaje siendo el 0,62% de áreas deforestadas; con lo que respecta a la agricultura presento una disminución en el uso del suelo para este tipo de actividad teniendo en la actualidad un porcentaje del 0.042%; en las áreas con vegetación parcial se observó que dentro de los años 1995 - 2020 hubo un incremento y

disminución de estas áreas, teniendo para el año 2020 un 4.35% de vegetación parcial, esto debido a las diversas actividades que se practican en la provincia de Tambopata; con respecto a las áreas de vegetación densa de la provincia de Tambopata observamos que en los años 2000, 2005 y 2010 hubo un porcentaje menor de áreas de vegetación densa, y en los años 1995, 2015 y 2020 se presentó un mayor porcentaje, donde en el año 2015 se observó un 32.11% a comparación del 2020 donde se presentó una disminución de estas áreas teniendo un 30.09% de vegetación densa, esto causado principalmente por las actividades antropogénicas que se realizan en la provincia como son la agricultura y la actividad minera.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el cambio multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata en el periodo de 1995 – 2020, luego de la recolección de datos y el análisis respectivo de cada imagen se halló que en la provincia de Tambopata se presentaron cambios significativos en la cobertura vegetal, en primer lugar se identificaron zonas sin vegetación, zona con baja vegetación, zona de vegetación parcial, zona de vegetación moderada y zona de vegetación densa, realizando la aplicación del NDVI se obtuvo los siguientes datos, se observó en las zonas sin vegetación un crecimiento de 625,42 km² entre los años de 1995 al 2020, en las zonas de vegetación baja se pudo identificar un incremento de 477,38 km² entre los años seleccionados para el estudio, para las zonas de vegetación parcial hubo un crecimiento de 1985,71 km² entre los años estudiados, con respecto a las zonas de vegetación moderada se mostró una disminución de 27628.72 km² entre 1995 y 2020, por otro lado, las zonas de vegetación densa mostraron un crecimiento leve de 0,2 km²; con lo que respecta a la deforestación se presentaron cambio representativos identificando que para el año de 1995 hubo un área deforestada del 1,21%, así mismo se pudo observar que para el año 2000 hubo un crecimiento del 2,97%, para el 2005 las áreas deforestadas disminuyeron un 0,9%, en el año del 2010 se presentó un cambio radical debido a que se presentó un aumento de áreas deforestadas obteniendo un crecimiento del 2,76% a comparación del año 2005, el siguiente año estudiado fue el 2015 en cual las áreas deforestadas presento una disminución del 3,75% a comparación con el año 2010, así mismo para el año 2020 hay un 0,62% de áreas deforestadas. Estos hallazgos son consistentes en parte con lo reportado por Gonzales, G. (2018) en su investigación denominada “Análisis multitemporal de la deforestación y perdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000 – 2016” en la cual el autor identifico un incremento de la deforestación en su área de estudio, pasando de 230,79 km² en el año 2000 a 570,57 km² en 2016, lo que representa que desde el año 2000 se deforesto un total de 339.78 km², teniendo como principal factor de deforestación a el incremento del precio del oro y la construcción de la carretera interoceánica. Aunque el estudio se enfoca en una zona distinta, pero ubicada en el mismo departamento, presenta una tendencia similar al incremento de áreas sin cobertura vegetal observado en la provincia de Tambopata. Sin embargo, a diferencia de su investigación, en la presente investigación se identifican periodos de disminución de la deforestación particularmente entre los años 2015 y 2020. Este comportamiento podría atribuirse a la implementación de programas de conservación y recuperación de la cobertura

vegetal en la provincia de Tambopata. Por lo tanto, si bien ambos estudios reflejan procesos de degradación ambiental asociados a factores socioeconómicos, permiten comprender los patrones de deforestación. Por lo consiguiente, según los resultados obtenidos dentro de la investigación, se acepta la hipótesis planteada al inicio de la investigación que menciona que existen cambios drásticos en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata entre los años de 1995 - 2020. Este resultado evidencia que existen cambios en la cobertura vegetal entre los años de 1995 y 2020 debido que se presentaron incrementos en las zonas sin vegetación, con baja vegetación, con vegetación parcial y una disminución en zonas de vegetación moderada, así mismo para las zonas de vegetación densa el crecimiento de estas fue muy baja; las cuales presentaron cambios drásticos debido a que las zonas con mayor vegetación presentaron una disminución drástica con respecto a las zonas con baja vegetación las cuales tuvieron un crecimiento significativo; se observó también que en los resultados obtenidos de la deforestación presentó un aumento de áreas deforestadas hasta el año 2010, y una disminución de estas áreas desde el año 2015 hasta el año 2020, esto debido a diversos programas que se han implementado dentro de la provincia de Tambopata con la finalidad de recuperar las áreas de vegetación que fueron perdidas en años anteriores debido a las distintas actividades practicadas por los pobladores.

La presente investigación tuvo como primer y segundo objetivo específico, determinar mediante el análisis multitemporal la extensión de las áreas con pérdida de Cobertura Vegetal y estimar el porcentaje de deforestación en la provincia de Tambopata en el periodo de 1995- 2020. Luego del análisis de los mapas del índice de suelo desnudo BSI, se tomó como indicadores las zonas con vegetación parcial y zonas de vegetación baja para el análisis de las áreas con vegetación, donde se halló que para el año de 1995 hubo una pérdida de vegetación de 368.03 km², en el 2000 se presentó una pérdida de 309.13 km² a comparación con el año 1995 tuvo una disminución de 59.9 km², para el año 2005 tuvimos un área 361.32 km², el cual presentó un aumento a comparación del año 2000, con lo que respecta al año 2010 se tuvieron zonas con pérdida de vegetación de 255.39 km² para este año se presentó nuevamente una disminución de zonas con pérdida de vegetación, en el año 2015 hubo un total de 282.8 km² de área con pérdida de vegetación comparándolo con el año 2010 se identificó un aumento mínimo de estas áreas y para el año 2020 se obtuvo un total de 454.77 km² de zonas con pérdida de vegetación la cual tuvo un crecimiento considerable a comparación de los años anteriores; con respecto a la extensión de áreas deforestadas se obtuvo los siguientes resultados para el año de 1995 se tienen 1221.39 km² (1.21%) de áreas deforestadas, en el año 2000 las áreas deforestadas presentaron un crecimiento

teniendo así un área total de 3010.08 km² (2.97%) con zonas deforestadas a comparación con el año 2005 donde se evidenció una pequeña disminución de áreas la cual se tuvo un total de deforestación de 2996.52 km² (2,07%), para el año 2010 la deforestación presentaron un crecimiento considerable con un área de 4889.72 km² (4.83%), en el año 2015 estas áreas presentaron una disminución considerable a comparación de los años anteriores teniendo un área de 1100.32 km² (1,08%) y con lo que respecta al año 2020 se identificaron una disminución de estas áreas las cuales han retrocedido considerablemente a comparación de los años anteriores identificándose así un área de 631.18 km² (0.62%). Según los resultados obtenidos se acepta parcialmente la hipótesis planteada al inicio de la investigación donde se menciona que, la extensión de las áreas de deforestación y la pérdida de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata tiene un crecimiento acelerado dentro de los años estudiados. Estos resultados evidencian que sí presenta un crecimiento de la extensión de áreas con pérdida de vegetación, ya que a comparación del año de 1995 al 2020 se tiene un área de 454.77 km² de zonas con pérdida de vegetación teniendo un crecimiento de 86.74 km² ; para las zonas con presencia de deforestación se observó un crecimiento acelerado y un retroceso considerable de estas áreas, ya que para los años de 1995 al 2010 se obtuvo un crecimiento acelerado de estas áreas presentado un área de 4889.72 km² de deforestación al 2010, y se evidencia un retroceso considerable en los años del 2010 al 2020 obteniendo como resultado un área de 631.18 km² para el 2020. Al respecto Cotoa, G. (2020) en su investigación titulada “Análisis multitemporal de la deforestación en la ciénaga de Ayapel mediante el procesamiento de imágenes satelitales en el periodo 2010-2020” en el cual el autor empleo las fórmulas de los índices de Suelo Desnudo (BSI) y el índice de Vegetación (NDVI); a la vez, sus resultados identifican los cambios de las áreas deforestadas y áreas con pérdida de cobertura vegetal, esto gracias a la aplicación del índice de suelo desnudos BSI el cual nos ayudará a capturar las variaciones del suelo de un determinado lugar para cuantificar la composición mineral del suelo y la identificación de la cobertura vegetal. Los resultados se encuentran en semejanza con los estudios realizados por (Cotoa, 2020 y Chaparro, 2017), puesto que, estas investigaciones guardan relación con la presente investigación ya que se realizaron aplicaciones de índices espectrales como el BSI y el NDVI los cuales nos ayudan a poder identificar los espacios que han sido modificados por las diferentes actividades desarrolladas dentro de un área determinada, del mismo modo, la aplicación de imágenes satelitales los cuales ayudaron a identificar las áreas deforestadas y las zonas con pérdida de vegetación. Esta relación encontrada con otras investigaciones como la de los autores (Cotoa, 2020 y Chaparro, 2017), se debe a que existen estudios en los cuales se han aplicado variables similares a las del objetivo lo

cual indica que cuenta con un soporte teórico para la obtención y la confiabilidad de los resultados. Asimismo, la aplicación de una combinación de índices (NDVI, NDBI y BSI) como en el presente estudio permitió una caracterización mas completa del territorio incluyendo no solo la cobertura vegetal, sino también la expansión urbana y la alteración del suelo. Esta metodología amplia los enfoques empleados a comparación con los estudios anteriores, y evidencia que el uso integrado de múltiples índices incrementa la precisión de los análisis espaciales. Esto tiene una particular relevancia en zonas como Tambopata, donde existen problemas ambientales diversas que requieren un enfoque de manera integral.

La presente investigación tuvo como tercer objetivo específico, identificar las posibles causas de los cambios en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata en el periodo de 1995 - 2020. Luego del análisis de la clasificación supervisada y los mapas del NDBI se dio como resultado la identificación de las principales causas de la pérdida de cobertura vegetal y la deforestación, donde se identificó que las principales actividades que se desarrollan en la provincia de Tambopata son la agricultura la cual ocupa un área de 43.32 km² del uso del suelo para el año 2020, en el desarrollo de infraestructuras engloba un área total de 0.27 km² y la tala de árboles provocada por distintas actividades presentan un área de 4.26 km². En este sentido, según la información brindada por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014;2021) resultan fundamentales para validar y contextualizar los resultados obtenidos mediante la clasificación supervisada. Según el informe “Perú, reino de bosques” (MINAM, 2014) en el cual, nos menciona que las principales causas de la deforestación en la amazonia vienen a ser la ganadería, la minería ilegal, la tala, la expansión de infraestructura y la agricultura. Esta coincidencia con las categorías identificadas en el presente estudio refuerza la validez metodológica del uso de imágenes satelitales e índices espectrales, y demuestra que la clasificación supervisada permite identificar las actividades antropogénicas que afectan la cobertura vegetal. Al respecto el autor Chuquibala, E (2021) en su investigación titulada “Análisis multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Yambrasbamba, Bongará, Amazonas, Perú” hace mención que la clasificación supervisada es una de las principales herramientas que ayudan a identificar cada clase de uso de suelo empleado en una determinada área de estudios, identificando así distintas áreas con actividades antropogénicas en el lugar. Como se observa en los resultados de los últimos años se ha evidenciado una pequeña disminución en los problemas de deforestación y pérdida de cobertura vegetal, esto se debe a que Tambopata en el año 2018 entra en un proceso de recuperación del 100% de las superficies afectadas, como es el caso de la reserva nacional Tambopata, gracias a la

implementación de estrategias se erradicó la minería ilegal y se logró recuperar el 100% de las 759 ha afectadas por esta actividad al interior de la reserva nacional (MINAM, 2021). En la mayor parte de la información encontrada, se han registrado datos que indican que las principales causas de la pérdida de cobertura vegetal son causadas por actividades antropogénicas, es importante considerar que la aplicación de la clasificación supervisada en esta investigación permitió identificar con claridad los cambios provocados en el uso del suelo en la zona de estudio. Finalmente, según los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada al inicio de la investigación en la cual se menciona que las causas de los cambios en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata se dan por la expansión urbana, actividad minera y la agricultura. Estos resultados muestran que las principales causas de la deforestación y pérdida de cobertura vegetal en la provincia de Tambopata son la agricultura, el desarrollo de infraestructura o áreas urbanas y la tala de árboles, lo cual no presentan muchos porcentajes, puesto que a la actualidad se han implementado proyectos de recuperación de zonas deforestadas.

Dentro de las limitaciones para el desarrollo de la investigación, se contó con un limitado paquete de imágenes satelitales con buena resolución, puesto que la mayoría de ellas contaba con una presencia de nubosidad alta lo cual genera alteraciones al momento del procesamiento y por ende genera resultados erróneos al aplicar los índices espectrales. En cuanto a las implicancias de la presente investigación, la información obtenida en el estudio ayudará a las autoridades en el área ambiental o a personas involucradas en el tema de medio ambiente en la identificación de las áreas deforestadas y las causas que conllevan a la pérdida de cobertura vegetal en el periodo de tiempo estudiado de 1995 al 2020 en la provincia de Tambopata, para que puedan emprender mecanismos de control y restauración de la problemática dentro de la provincia.

LIMITACIONES

- No se pudo tener información in situ de la Provincia de Tambopata, ya que se consideró que con la información in situ se podría verificar el análisis cartográfico o la verificación de las superficies vegetales.
- No se puede trabajar con imágenes satelitales de mayor resolución, puesto que la temporalidad del presente estudio abarca desde el año 1995.

IMPLICANCIAS

- Es necesario resaltar que la vegetación es un buen indicador para conocer la vulnerabilidad ecológica de un territorio, ya que esto permitirá tomar medidas de ocupación ordenada y un uso sostenible del territorio.
- Para realizar estudios posteriores es importante precisar que sería conveniente realizar investigaciones con otras metodologías, con el fin de comparar y mejorar el proceso.
- Los hallazgos mencionados en el presente estudio indican la importancia y aplicabilidad de la teledetección para evaluar territorios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Dentro de la investigación presentada se concluye que hubo cambios de cobertura vegetal significativos entre los años 1995 – 2020, debido a que las zonas con mayor vegetación presentaron una disminución drástica y las zonas con baja vegetación tuvieron un crecimiento significativo, asimismo se evidenció que las áreas deforestadas hasta el año 2020 dentro del ámbito de estudio fueron disminuyendo debido a la implementación de programas de recuperación de áreas deforestadas en la provincia de Tambopata, por ello se recomienda la implementación de proyectos de reforestación en las zonas afectadas por la diferentes actividades antropogénicas las cuales podrían ser guiadas por entidades públicas o privadas, a través de la aplicación de un Programa de Educación Ambiental, incluyendo la participación de promotores ambientales escolares, juveniles y comunitarios.
- Según el objetivo específico propuesto se concluye que hubo un crecimiento en la extensión de áreas con pérdida de vegetación, asimismo se evidenció que hubo una disminución en la extensión de las áreas deforestadas, generando así la necesidad de fomentar la educación ambiental, a través de campañas informativas, intervención a las personas que realizan la tala indiscriminada o diferentes actividades que deterioren los cuerpos boscosos de la Provincia de Tambopata.
- Dentro de las principales causas que provocan la pérdida de cobertura vegetal y la deforestación se concluye que el desarrollo de la agricultura, el crecimiento urbano, la tala

de árboles y las actividades mineras, son los principales factores que contribuyen en esta problemática, por ello se recomienda la implementación de un plan de zonificación para la provincia de Tambopata, y a la vez realizar el seguimiento y fiscalización a los agentes que provoquen una pérdida indiscriminada de la vegetación.

REFERENCIAS

- Abreu, J. (2014). *El método de investigación*. CreateSpace Independent Publishing Platform. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Alencar, K., Parodi, M., Silva, R. y Opazo, A. (2019). Variabilidad Espacial y Temporal de la Cobertura Vegetal de los años 1984 a 2011 en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco, Brasil. En *Dialogo Andino*, 58, pp. 139 – 150. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071926812019000100139
- AXESS. (2019). *Las imágenes satelitales y sus aplicaciones en la vida cotidiana*. <https://axessnet.com/las-imagenes-satelitales-y-sus-aplicaciones-en-la-vida-cotidiana/>
- Ayca, K., y Castro, Y. (2021). *Análisis de la variación multitemporal de la pérdida de cobertura boscosa en el C.P. de Shambillo A y B - Padre Abad en el periodo 2005 a 2020*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4480/Katherine_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BCRP. (2023). Caracterización del Departamento de Madre de Dios. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/madre-de-dios-caracterizacion.pdf>
- Bravo, N. (2017). Teledetección Espacial. <https://acolita.com/descargar-libro-pdfteledeteccion-espacial/>
- Burga, M. (2016). Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la provincia alto amazonas del departamento de loreto, 2000-2014. [Tesis de Licenciatura, Universidad científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/107/BURGA-Incremento-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Deforestaci%C3%B3n%3A%20Es%20la%20p%C3%A9rdida%20de,otros%20generando%20desequilibrio%20ecol%C3%B3gico%20p%C3%A9rdida>
- Castillo, H. (2019). Procesamiento de imágenes satelitales landsat 5 tm, 7 etm+, 8 oli y los índices de vegetación, para la caracterización de las coberturas vegetales en los distritos de Cajamarca. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3740>
- Castro Illesca, J. P. (2021). Variación de Cobertura Vegetal de los Bofedales en los Centros Poblados de Tinyaclla y Pueblo Libre en los años 2016-2018-Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3986>
- Chaparro, H (2017). Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal de Paz de Ariporo, Casanare, mediante el uso de sistemas de información geográfica. [Tesis de título, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1958#:~:text=E1%20an%C3%A1lisis%20multitemporal%20de%20cambios,%C3%A1rea%20de%20estudio%20y%20fotointerpretaci%C3%B3n>

- Chuquibala, E. (2021). Análisis multitemporal de índices de deforestación en el distrito de Yambrasbamba, Bongará, Amazonas, Perú. *Revista Científica UNTRM*, 4(3), 20-28. <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v4i3.803>
- Cotoa, G. (2020). *Análisis multitemporal de la deforestación en la Ciénaga de Ayapel mediante el procesamiento de imágenes satelitales en el periodo de 2010 – 2020*. [Programa de Geografía - Universidad de Córdoba, Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3469/cotoahernandezgerman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cortéz, D., Soto, J., Román, C., & Paneque, M. (2024). Monitoreo de la pérdida y degradación de bosques y arbustos en el norte de Chile utilizando series de tiempo Landsat de 1998 a 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101244>
- Cuellar, C., y Serna, P. (2021). *Análisis multitemporal de pérdida de cobertura vegetal y su relación con los movimientos en masa a partir de la evidencia de ocurrencias conocidas (inventario de procesos morfodinámicos) del municipio de Cartago, valle del cauca*. [Universidad católica de Manizales]. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3233/1/Analisis_multitemporal_perdida_cobertura_vegetal_relacion_movimiento_masa_apartir_evidencia_ocurrencias_conocidas_Inventario_procesos_morfodinamicos_Municipio_Cartago_Valle_Cauca.pdf
- Elves-Powell, J., Dolan, J., Durant, S., Lee, H., Linnell, J., Turvey, S. & Axmacher, J. (2024). La integración del conocimiento ecológico local y la teledetección revela patrones y factores que impulsan el cambio de la cobertura forestal: Corea del Norte como estudio de caso. <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02254-z>
- EOS SAT. (18 de junio de 2021). *Bandas Landsat 8: Combinaciones y usos en imágenes*. <https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/>
- FAO. (2020). El Estado de los Bosques del Mundo. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d04acd3e-a933-49c0-8e97-e2a3278854cd/content>
- Figueredo, L., Ramon, A. & Barrero, H. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo "Los Números" Guisa, Granma. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100001
- Flores, G., Santamaria, A., Cardona, P., y Alzate, A (2016). *Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia*. *Redalyc*, 84 (201), 95-101. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650911012.pdf>
- FRA. (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Principales resultados*. Roma, 2, 43 - 68. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Garay, C. (2020). *Técnicas de instrumentos de investigación*. [Tesis - Universidad de Panamá]. <https://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20M%C3%B3dulo%2C%20%2C%20EVIhttps://crubocas.up.ac.pa/sites/crubocas/files/2020-07/3%20M%C3%B3dulo%2C%20%2C%20EVIIN%20300.pdfN%20300.pdf>

- Gayou, J., Camacho, S., Maldonado, G., Trejo, C., Olgún, A., y Pérez, M. (2014). *La investigación cualitativa*. [Tesis - Universidad Autónoma del estado de Hidalgo]. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n3/e2.html>
- Gonzales, G. (2018). *Análisis Multitemporal de la Deforestación y Pérdida de Cobertura Vegetal Boscosa en la Provincia de Manu, 2000 - 2016*. [Tesis de título - Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2277>
- Instituto Geográfico Nacional. (7 de mayo 2017). *Teledetección*. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf#:~:text=La%20teledetecci%C3%B3n%20es%20la%20t%C3%A9cnica,infor%20maci%C3%B3n%20interpretable%20de%20la%20Tierra>.
- INTEP (2018). *Investigación no experimental*. https://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/CIPS/2018_1/Documentos/INVESTIGACION_NO_EXPERIMENTAL.pdf
- Jiménez, S. (20 de marzo de 2016). *Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5, 7 y 8. Hidráulica fácil*. <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- López, P. (2004). Punto Cero. *Población, Muestra y Muestreo*. 9 (8). 73 - 82. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=a
- Luque, L. (2021). *Análisis de la deforestación de la Amazonía peruana: Madre de Dios*. *Revista Innova Educación*, 3, 199 - 212. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.03.013>
- Matellanes, R. (22 de febrero de 2020). *Todo lo que deberías saber sobre imágenes Landsat*. <http://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-landsat/>
- Mejía, T. (27 de agosto de 2020). *Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- Mendoza, M., Salas, R., y Barboza, E. (2017). *Análisis multitemporal de la deforestación usando la clasificación basada en objetos, distrito de Leymebamba (Perú)*. *Revista Indes*, 3, 67-76. <http://dx.doi.org/10.25127/indes.20153.210>
- MINAM. (2021, 17 de junio). Gobierno culmina reforestación al 100% en las zonas afectadas por minería ilegal en la Reserva Nacional Tambopata. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/500584-gobierno-culmina-reforestacion-al-100-en-zonas-afectadas-por-mineria-ilegal-en-la-reserva-nacional-tambopata>
- MINAM. (1). (2014). *Perú: Reino de bosques*. Ministerio del ambiente - MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/node/22723/backlinks>
- Mostiga, M., Armenteras, D., Vayreda, J. & Retana, J. (2024). Descifrando las causas y los efectos de la deforestación en el Perú: un análisis nacional y regional <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04638-x>

- Olivares, B., y López, M. (2019). *Índice de vegetación de diferencia normalizado aplicado al territorio de Kashaama, Venezuela*. UNED, 11 (2). 112 - 121. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v11i2.2299>
- Palacios, A. (2017). *Análisis de percepción en la gestión de espacios naturales y el uso de sistemas de información geográfica de participación pública*. [Tesis - Universitat Rovira i Virgili]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=171536>
- Pérez, G., Sosa, I., Machado, N. & Ruiz, M. (2023). Herramientas SIG, revisión de sus fundamentos, tipos y relación con las bases de datos espaciales. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542023000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Priya, R., & Vani, K. (2024). Detección de cambios en la vegetación y evaluación de su recuperación a partir de imágenes satelitales posteriores a incendios mediante aprendizaje profundo. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63047-2>
- Pulido, M. (2015). *Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica*. 31 (1). 1137 - 1156. <https://www.redalyc.org/pdf/310/31043005061.pdf>
- Rosales, J. & Hapaza, H. (2022). Análisis de imágenes satelitales Landsat 8 por componentes principales y MNF para la detección de zonas del derrame de petróleo Repsol en la Costa Peruana. <https://doi.org/10.53673/th.v2i2.110>
- Sanchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- SINEACE. (2020). Caracterización de la Región Madre de Dios. <https://repositorio.sineace.gob.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12982/6232/Caracterizaci%C3%B3n%20Regional%20Madre%20de%20Dios.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SINIA (13 de junio 2019). *Pérdida de la cobertura vegetal en ecosistemas costeros y andinos*. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/perdida-cobertura-vegetal-ecosistemas-costeros-andinos>
- Soto, I., Vallejo, S., Soler, M., Rada, N., Padron, G., Blanco, M., Pirela, L. (14 de noviembre de 2019). *Manual de Normas para la Elaboración y Presentación del Trabajo Especial de Grado*. [Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín]. <https://es.scribd.com/document/434897478/metodologia-de-la-investigacion-urbe>
- Sycas, D. (26 de octubre de 2020). *Índices espectrales con datos satelitales multiespectrales*. Geo University. <https://www.geo.university/pages/blog?p=spectral-indices-with-multispectral-satellite-data>
- Ugaz Suárez, E. C. (2020). Variabilidad temporal y espacial de la vegetación en la microcuenca del río Porcón durante el periodo 2003-2019. <https://hdl.handle.net/11537/23922>
- USGS. (2020). *Índice de vegetación mejorado de Landsat*. https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-enhanced-vegetation-index?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

- Yupanqui, W. (2021). *Dinámica de cobertura y uso de tierras para la sostenibilidad de tres comunidades Asháninkas, Río Negro*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7237/T010_25762989_M.pdf?sequence=1
- Zha, Y., Gao, J., y Ni, S (2010). Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583 – 594. <https://doi.org/10.1080/01431160304987>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

“Análisis multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata”					
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN – MUESTRA
¿Cuál es el cambio multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata con el uso de imágenes Landsat en el periodo de 1995 - 2020?	Existen cambios drásticos en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata entre los años de 1995 - 2020. Hipótesis Específicas: La extensión de las áreas de deforestación y pérdida de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata tiene un	Conocer el cambio multitemporal de la deforestación y la pérdida de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata con el uso de imágenes Landsat en el periodo de 1995 - 2020. Objetivos específicos: Analizar el cambio multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata	V1: Cobertura Vegetal V2: Análisis Multitemporal	Esta investigación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo, el diseño es de tipo no experimental, ya que este tipo de investigación consiste en estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de las variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para luego analizarlos. Asimismo, esta investigación es descriptiva, donde se emplea el método deductivo, utilizando la técnica de	En la presente investigación se tomó como población al espacio o área superficial de la provincia de Tambopata. Esta investigación no cuenta con muestra debido a que se toma la totalidad de la población.

	<p>crecimiento acelerado dentro de los años estudiados. Las causas de deforestación y pérdida de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata se dan por la expansión urbana, actividad minera y la agricultura (Figueredo et al.,2020).</p>	<p>en el periodo de 1995 – 2020. Determinar mediante el análisis multitemporal la extensión de las áreas con pérdida de Cobertura Vegetal, estimar el porcentaje de deforestación atribuible a cada actividad antropogénica e identificar las posibles causas de los cambios en la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata</p>		<p>observación y el análisis espectral de las imágenes satelitales, las cuales permiten identificar los diferentes tipos de cobertura y el estado en el que se encuentra. Para la recolección de datos, en el presente trabajo de investigación se utilizó como instrumento la plantilla de recolección de datos.</p>	
--	---	---	--	---	--

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROVINCIA DE
TAMBOPATA EN EL PERIODO DE 1995-2020”

		en el periodo de 1995- 2020.			
--	--	---------------------------------	--	--	--

ANEXO 2: Matriz de operacionalización

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
TÍTULO:	“Análisis multitemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata”				
ESTUDIANTES:	Andrade Borja Jhosselyn Jhosmery & Escudero Haro Mahli Bianey				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Principal: Cobertura vegetal	Es la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, producto de la evolución ecológica y que está limitada por factores biofísicos, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales (Hernández et al., 2021).	Se identificó la cobertura vegetal en la provincia de Tambopata a través de software de geolocalización, análisis de mapas, entrevistas a especialistas y/o autoridades del tema.	Softwares de geolocalización	Google Earth Geocatmin	Ordinal
			Determinación del área vegetal cubierta a través de un análisis de mapas	ArcGis Qgis	Razón
			Entrevistas a especialistas y/o autoridades del tema (MINAM, OEFA, ANA, etc.)	Geólogos Topógrafos Ingeniero Ambiental	Ordinal
Variable Auxiliar:	El análisis multitemporal se basa en contrastar dos imágenes	Se realizó el análisis Multitemporal con el uso	Imágenes satelitales,		Intervalo

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROVINCIA DE
TAMBOPATA EN EL PERIODO DE 1995-2020”

Análisis Multitemporal	satelitales en años diferentes que permite detectar cambios entre diferentes periodos o lapsos de tiempo.	de imágenes satelitales e índices espectrales.	Índices espectrales		Ordinal
---------------------------	--	---	---------------------	--	---------

ANEXO 3: Identificación del área de estudio

Select a Geocoding Method
Feature (GNIS)

Search Limits: The search result limit is 100 records; select a Country, Feature Class, and/or Feature Type to reduce your chances of exceeding this limit.

US Features World Features

Feature Name
(use % as wildcard)

State
All

Feature Type
All

Show Clear

Polygon Circle Predefined Area

Degree/Minute/Second Decimal

1. Lat: 10° 47' 24" S, Lon: 072° 24' 59" W	🗹 ✖
2. Lat: 10° 46' 45" S, Lon: 068° 33' 56" W	🗹 ✖
3. Lat: 13° 21' 27" S, Lon: 068° 32' 37" W	🗹 ✖
4. Lat: 13° 18' 53" S, Lon: 072° 22' 20" W	🗹 ✖

Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

Leaflet | Tiles © Esri — Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community, ESRI

The provided maps are not for purchase or for download; they are to be used as a guide for reference and search purposes only; they are not owned or managed by the USGS.

Fuente: USGS.

ANEXO 4: Selección de imágenes satelitales.

The screenshot displays the Earth Explorer web interface (earthexplorer.usgs.gov) for selecting satellite imagery. The interface is divided into a left sidebar and a main map area. The sidebar, titled "Data Set", shows the selected data source as "Landsat 7 ETM+ C2 L1". Below this, four image thumbnails are listed with their respective metadata:

- Image 1:** ID: LE07_L1TP_002069_20100917_20200910_02_T1, Date Acquired: 2010/09/17, Path: 002, Row: 069.
- Image 2:** ID: LE07_L1TP_003068_20100908_20200910_02_T1, Date Acquired: 2010/09/08, Path: 003, Row: 068.
- Image 3:** ID: LE07_L1TP_003069_20100908_20200910_02_T1, Date Acquired: 2010/09/08, Path: 003, Row: 069.
- Image 4:** ID: LE07_L1GT_005068_20100906_20200910_02_T2, Date Acquired: 2010/09/06.

The main map area shows a satellite view of the region of Madre de Dios, Peru, with several overlapping semi-transparent colored rectangles (purple, red, blue) indicating the selected image footprints. The map includes labels for various provinces and cities, such as Uca yali, Pasco, Junín, Huancayo, Huancavelica, Aya cucho, Cusco, Abancay, Apurímac, Ica, Aya cucho, Madre de Dios, Cuzco, Cuzco, Puerto Maldonado, Pando, Rio Branco, and Acre. The interface also features navigation controls, a "View Item Basket" button, and a "Submit Standing Request" button at the bottom.

Fuente: USGS.

“ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA PROVINCIA DE
TAMBOPATA EN EL PERIODO DE 1995-2020”

ANEXO 5: Plantilla de recolección de datos

Año de la Imagen	Tipo de imagen satelital	Tipo de Cobertura	Área - Vegetación densa (ha)	Área - Deforestación (ha)	Cambio observado
1995	Landsat 5	Bosque	2,834,997.00	122,139.00	En el año de 1995 se pudo observar que predomina la existencia de la vegetación densa
2000	Landsat 5	Bosque	2,327,905.00	301,008.00	a comparación del año de 1995 se observó que hubo un aumento de áreas deforestadas de 178,869 ha de bosques
2005	Landsat 5	Bosque	2,344,446.00	299,652.00	para el año de 2005 hubo una disminución de áreas deforestadas con una diferencia de 1.356 ha de bosques
2010	Landsat 8	Bosque	24,319,719.00	488,972.00	para el año de 2010 se presentó un aumento considerable de áreas boscosas deforestadas presentándose un aumento de 198.320 ha a comparación de año de 2005
2015	Landsat 8	Bosque	3,251,593.00	110,032.00	para este año hubo una disminución considerable y muy notoria de deforestación boscosa puesto que esta disminuyó un total de 378.940 ha
2020	Landsat 8	Bosque	3,047,238.00	63,118.00	en el 2020 se siguieron registrando la disminución de áreas boscosas deforestadas, puesto que se registra una diferencia de 46.914 ha a comparación del 2015