

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ANÁLISIS ESPACIAL Y MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN MADRE DE DIOS, 2013- 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Forma: Artículo científico

Autores:

Luis Jairo Vega Garay

Kevin Omar Vilcarromero Trujillo

Asesor:

Mg. Lic. Wilver Aucahuasi Aiquipa

0000-0001-8820-4013

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Magda Rosa Velasquez Marin
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	Margeo Javier Chuman Lopez
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	Wilver Auccahuasi Aiquipa
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

(Copie y pegue como imagen la hoja del reporte global)

tesis - 22052025

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

[Submitted to Universidad Privada del Norte](#)

Trabajo del estudiante

2%

3

revistas.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

digitum.um.es

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

9

issuu.com

Fuente de Internet

<1%

Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dedicada a las personas importantes de nuestras vidas como lo son nuestros padres por nuestra fortaleza día a día, ser nuestro soporte en toda nuestra vida universitaria a lo largo de todos estos años también a las personas que fueron parte de esta investigación y poder ayudarnos a elaborar la presente investigación.

Agradecimiento

En primer lugar, dar gracias a dios por permitirnos poder continuar con nuestros estudios, también a nuestro profesor Wilver Auccahuasi por ser nuestro tutor encargado y darnos los conocimientos para poder elaborar nuestro trabajo de investigación y a todas las personas que estuvieron cerca de nosotros y nos pudieron dar ideas para así poder plasmarlo en la presente investigación.

Tabla de contenidos

INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
Resumen.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
1 Realidad problemática.....	11
1.2 Pregunta de investigación	14
1.2.1 Pregunta general	14
1.2.2. Preguntas específicas	14
1.3. Marco Teórico.....	14
▪ Bases teóricas.....	14
▪ Antecedentes	17
▪ Marco conceptual.....	21
▪ Objetivo General.....	23
▪ Objetivos Específicos.....	23
Hipótesis	23
Justificación	24
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	26
2 Tipos de investigación	26
2.1.1 Enfoque.....	26

2.1.2	Diseño	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3	Nivel	27
2.2	Población y muestra.....	27
2.2.4	Muestra	27
2.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
2.3.4	Técnicas	28
2.3.5	Instrumentos.....	29
2.4	Procedimiento.....	29
2.5	Validez y confiabilidad de información	31
2.6	Análisis de la información	32
2.7	Aspectos éticos de la investigación.....	32
	CAPÍTULO III: RESULTADOS	32
	REFERENCIAS	45
	ADICIONAL	51
	ANEXOS: Instrumentos que se utilizaron.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación del NDVI periodo 2013-2023.....	43
Tabla 2 Temperatura de la superficie de la Tierra (°C) 2013-2023	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Geografico del Distrito de Inambari.....	28
Anexo 1 Mapa de la Provincia de Tambopata	51
Anexo 2 La Pampa (2020).....	52
Anexo 3 La Pampa (2016).....	52
Anexo 4 Nueva Arequipa (2020)	53
Anexo 5 Nueva Arequipa (2013)	53
Anexo 6 USGS-United States Geological Survey 11.....	54
Anexo 7 Copernicus.....	55
Anexo 8 ArcMap- Imagen satelital.....	55
Anexo 9 ArcMap- Composición de bandas.....	56
Anexo 10 ArcMap- Cálculo del NDVI con la calculadora Raster	56
Anexo 11 NDVI Landsat 8.....	57
Anexo 12 Resultado del cálculo de NDVI para el año 2023 proveniente del satélite Landsat.....	58
Anexo 13 Resultado del cálculo de NDVI para el año 2013 proveniente del satélite Landsat.....	58
Anexo 14 NDVI Sentinel 2.....	61
Anexo 15 Resultado de cálculo de NDVI para el año 2013 proveniente del satélite Landsat 8.....	59
Anexo 16 Resultado del cálculo de la Temperatura de la superficie terrestre utilizando el NDVI para el año 2023 del satélite Landsat 8.....	59
Anexo 17 Modelo para el cálculo de la temperatura en ArcGis.....	63

RESUMEN

Este estudio tiene como finalidad evaluar los cambios en la cobertura vegetal de los bosques amazónicos de Madre de Dios durante el periodo 2013-2023 mediante el uso de la teledetección. Se analizaron imágenes satelitales de las plataformas Landsat y Sentinel, aplicando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para medir las variaciones en la vegetación. Los resultados revelan una significativa reducción en la cobertura vegetal, influenciada principalmente por actividades humanas, como la minería ilegal y la expansión agrícola. El estudio también pone en evidencia el impacto negativo de la deforestación sobre la biodiversidad y los servicios ambientales, además de mostrar el incremento de la temperatura superficial en las áreas afectadas. Las conclusiones señalan la necesidad de acciones urgentes para el cuidado y conservación de los recursos naturales de la región. Estos hallazgos ofrecen una base valiosa para investigaciones futuras y la formulación de políticas de manejo ambiental.

Palabras clave: Cobertura vegetal, teledetección, deforestación, Madre de Dios, NDVI, minería ilegal.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1 Realidad problemática

La deforestación sigue siendo una de las principales amenazas más perjudiciales para los ecosistemas forestales que se encuentran a nivel mundial, particularmente en zonas de alta biodiversidad. Se estima que año por año se van perdiendo 10 millones de hectáreas de bosques aproximadamente a nivel mundial debido a la expansión agrícola, la tala no regularizada, la urbanización y la minería. Esta destrucción que ocurre en los bosques minimiza la capacidad del planeta para capturar CO₂, contribuyendo a la aceleración del cambio climático. Además, la deforestación produce cambios en la cobertura vegetal y tiene como consecuencia la pérdida de la biodiversidad afectando a millones de personas que su principal sustento depende de los bosques, particularmente en los países que están en vías de desarrollo. A pesar de los esfuerzos globales para detener la deforestación, las tasas de pérdida forestal continúan siendo preocupantes, porque se degrada ecosistemas y agrava los efectos del cambio climático. (FAO,2020)

Se necesitaron solamente cinco siglos para dar en evidencia que se perdió el 30% de áreas de bosques a nivel global, 1800 millones de hectáreas deforestadas, con un promedio de 360,000 hectáreas/año, pero solo una década (2000-2010) fue suficiente para que se deforestaran un aproximado de 130 millones de hectáreas, por la cual se evidencia un ritmo de 36 veces más rápido. Si esto sigue continuando con el pasar de los años se estima que los bosques del planeta se perderían por completo dentro de los próximos 775 años y en América Latina ocurriría lo mismo en los siguientes 220 años posteriores (FAO, 2007;2012;2014).

El Perú, posee 74 millones de hectáreas (ha) de bosques aproximadamente, siendo uno de los diez países alrededor del mundo con mayor densidad forestal y el segundo país en Sudamérica. En los últimos años la Amazonía Peruana, ha alcanzado niveles alarmantes de deforestación, con un promedio anual de pérdida forestal de aproximadamente 150,000 hectáreas afectando la cobertura vegetal. Entre los años 2013 y 2020 el país perdió más de 107 millones de hectáreas de bosques amazónicos, lo que significa el 2.2% del total de su área forestal. Madre de Dios es una de las regiones más biodiversas que existe a nivel mundial (Finer & Mamani, 2020, p.56).

La deforestación es una actividad que en su gran mayoría está ligada con la informalidad e ilegalidad, el principal motivo es la tala excesiva e indiscriminada que puede haber por diversos motivos que llevan a la degradación de grandes extensiones deforestadas de bosques tropicales produciendo el deterioro del hábitat del ser humano y de la biodiversidad de la fauna nativa y animales (Dioses, 2013).

Según Medina, (2007), se realizó de forma detallada los impactos más relevantes que han sido desarrollados por esta actividad, por los cuales se diferencia entre los socioeconómicos y medioambientales, sobre todo los primeros están vinculados con los métodos de extracción, por ello depende cuanto es la magnitud de lo afectado.

Los bosques amazónicos de Madre de Dios son catalogados como una de las 25 áreas de mayor eco diversidad que existen en el planeta: La Reserva Nacional de Tambopata, El Parque Nacional del Manu, junto al Bahuaja Sonene conforman el Corredor de Conservación Vilcabamba Amoro (De Echave, 2016). Las causas de estos cambios son variadas ya que se tiene la expansión de la agricultura, la explotación de

recursos naturales. En el Perú estos problemas son evidentes, particularmente en zonas como Madre de Dios donde la tala discriminada y minería ilegal han desarrollado una crisis ambiental que afecta la flora y fauna locales. así como a las comunidades que viven de estos recursos, la deforestación ha alcanzado niveles preocupantes afectando no sólo la cobertura vegetal, sino también contribuyendo al cambio climático y la pérdida de la biodiversidad. (Mulligan, 2019).

En ese sentido, esta investigación tiene como finalidad realizar un monitoreo espacio temporal para así poder evaluar la cobertura vegetal ya que al aplicar un análisis multitemporal se buscará comparar imágenes satelitales de mapas de un mismo lugar pero en diferentes momentos, fotografías aéreas lo que permitirá clasificar e identificar las áreas afectadas por factores naturales o por actividades producidas por el hombre. Esta metodología resulta esencial para facilitar la interpretación de los cambios en la cobertura vegetal y aportar en la toma de decisiones para su conservación, particularmente en situaciones donde las condiciones climáticas contribuyen a su degradación.

1.2 Pregunta de investigación

1.2.1 Pregunta general

¿Cuál es el deterioro de la cobertura vegetal, mediante el análisis espacial y multitemporal en el Departamento de Madre de Dios entre los años 2013-2023?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cómo ha cambiado la cobertura vegetal en los bosques amazónicos del Departamento de Madre de Dios? ¿Entre los años 2013 y 2023?
- ¿Cómo ha cambiado la temperatura superficial terrestre en los bosques amazónicos del Departamento de Madre de Dios? ¿Entre los años 2013 y 2023?

1.3. Marco Teórico

▪ Bases teóricas

Teledetección

La teledetección consiste en recopilar datos provenientes de la superficie terrestre a través de sensores remotos ubicados en satélites o incluso aeronaves. El funcionamiento de este método se basa principalmente en registrar la radiación electromagnética que refleja o emite por muchos objetos terrestres, esto facilita el análisis de múltiples variables ambientales, las cuales incluyen el suelo y parte de su vegetación además de sucesos naturales o del ser humano (Awange & Kiema, 2013).

Cobertura vegetal

La cobertura conforma un factor clave para analizar cómo se encuentran los ecosistemas, ya que comprende las distintas formas de vegetación que recubren todo el suelo, como pueden ser el pasto, zonas agrícolas o hasta incluso el propio bosque, a su vez, es de suma importancia para poder regular el ciclo del agua, también prevenir la pérdida del suelo mediante la erosión y la absorción del dióxido de carbono (CO₂) el cual es necesario para una vegetación sana. (FAO, 2014). La reducción de la cobertura vegetal está causada por actividades como la minería ilegal, el crecimiento de asentamientos agrícolas o la tala indiscriminada para fines materiales, estos a su vez generan impactos significativos y graves a nivel territorial o global. (Asner et al., 2010). Por ello, se recomienda utilizar herramientas y bases de la teledetección de manera continua con la finalidad de poder analizar en tiempo real y por periodos cuales son los impactos de todas las actividades humanas existentes y a su vez tener alternativas de conservación.

Resolución espacial

La resolución espacial hace una representación a la habilidad de un sistema de teledetección para poder obtener detalles precisos dentro de una imagen, compuesta principalmente por píxeles, mientras más alta sea la resolución de las imágenes con mayor precisión se puede ver el terreno que se desea analizar, en contrario a lo que sería tener menos píxeles, es por ello que la resolución espacial es importante para elegir las mejores imágenes que nos lleven a un resultado más exacto. (Espectro Geo, 2014)

Análisis multitemporal

Mediante el análisis multitemporal es posible observar y cuantificar los cambios que ocurran en una zona específica en periodos de tiempo gracias a las imágenes satelitales obtenidas en distintos tiempos. Para poder tener mayor seguridad y precisión de lo que se quiere hallar es importante que las imágenes tengan una uniformidad en cuanto a su escala en la que se encuentren, además de una leyenda y un sistema de proyección. Este enfoque nos permite hallar con mayor seguridad las áreas que se han alterado por diversos fenómenos naturales y por acciones humanas, logrando así un mejor análisis dinámico a nivel territorial y ecológico. (Subia Tito, 2020)

Imágenes satelitales

Las imágenes satelitales se crean a partir de sensores remotos que usualmente esta ubicados en satélites al capturar la radiación electromagnética que proviene de objetos e incluso cuerpos ubicados en la tierra. Estos datos posteriormente son enviados a estaciones en la tierra para ser trabajados, analizados y utilizados en diferentes tipos de interpretación o comparación de cambios. (Bense, 2007).

NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un indicador que se utiliza para poder estimar cuan vital se encuentra un área con cobertura vegetal a partir de su actividad fotosintética. A través de este índice es posible comparar áreas que tengan gran cobertura vegetal con áreas urbanizadas o incluso que tengan suelo desnudo o directo para poder evaluar el motivo de esos cambios y determinar que fenómenos intervienen en esta variación anómala en su crecimiento a largo plazo. (Toribio, 2019)

La fórmula para hallar el NDVI está determinado por:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

- **Antecedentes**

Internacionales

Además, Condori Luna (2018) en su artículo "Análisis multitemporal de la cobertura boscosa empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la subcuenca del río Coroico - Provincia Caranavi (1989-2014)" tiene como principal objetivo comparar los cambios que han sucedido en la cobertura vegetal con el transcurso de los años, utilizando técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección en la subcuenca del río Coroico. A través de la teledetección y SIG, se proporcionaron mapas facilitando la visibilidad de deforestación y se cuantificó la disminución de vegetación utilizando el programa ArcGIS. Las imágenes obtenidas fueron procesadas digitalmente para así poder identificar la escasa cobertura vegetal o inexistente que hubo en 1989, 2005 y 2014. Los resultados analizados que se obtuvieron revelaron una pérdida significativa y progresiva en la cobertura vegetal llegando a su pico más alto de deforestación entre los años 1989 y 2005, en comparativa con el periodo de 2005- 2014. Se indica que el principal motivo de pérdida de vegetación fue el crecimiento agrícola causado por malas prácticas de cultivo, lo que dio como resultado la conversión de áreas con mayor densidad vegetal en tierras agrícolas. Este proceso se pronunció especialmente en zonas cuyas altitudes rondan entre 574 y 1605 m.s.n.m., con un incremento de la superficie deforestada de 602.05 a 1705 hectáreas, a

un ritmo de 59.38 hectáreas por año.

Gond et al (2013) menciona que se realizó un estudio en el Congo mediante imágenes satelitales con alta resolución para monitorear la deforestación y la degradación forestal a lo largo de un periodo de diez años. A través del NDVI, el estudio logró identificar las áreas más afectadas por la tala ilegal y la expansión agrícola en zonas remotas. Los resultados revelaron una pérdida considerable de cobertura forestal en áreas previamente intactas, lo que refleja el incremento de las actividades humanas en dicha región.

A su vez, Lopez, (2015) en el artículo titulado "Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal y uso de la tierra en el Cantón Gualaquiza(1987 – 2015)" se definió estudiar las variaciones que presenta la cobertura vegetal utilizando imágenes satelitales en un periodo de 1987 a 2015. Para este análisis, se utilizó una metodología de clasificación usando software como ERDAS y ArcGis. Los resultados obtenidos indicaron que durante estos años, los bosques nativos están ubicados en áreas de protección y conservación redujeron a 57,366.44 hectáreas en 2015, mientras que por otro lado las áreas destinadas para la ganadería incrementaron a 44,355.65 hectáreas, las zonas urbanas abarcaron 128.10 hectáreas y los cuerpos de agua cubrieron 37.54 hectáreas de la superficie. Algunas áreas no se pudo obtener información debido a la acumulación de nubes. En conclusión, se dio como resultado que los cambios en la cobertura vegetal observados entre 1987 y 2015 sus principales causas fueron por factores ambientales, económicos, sociales y demográficos, lo que provocó alteraciones en las áreas naturales.

Miettinen et al. (2012) realizó una investigación en donde la pérdida de bosques en el sudeste asiático entre 2000 y 2010, empleando datos satelitales de Landsat y MODIS para analizar la reducción de la cobertura vegetal. Se identificó que la expansión de la tala ilegal y las plantaciones de palma aceitera fueron las causas de la deforestación, con una mayor aceleración en las áreas cercanas a los centros urbanos. El estudio resalta la rápida pérdida de biodiversidad y la alteración de los ecosistemas en esta región.

Nacionales

Gonzales Alarcón (2018) en su trabajo de investigación “Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000 - 2016” se midió la frecuencia de la pérdida de cobertura forestal tanto por la disminución de especies por el impacto de las labores humanas y los fenómenos naturales. Para ello, la metodología utilizada fue el análisis multitemporal usando imágenes Landsat 5 y 8 en un periodo de 2000, 2008 y 2016. Los resultados indicaron una continua deforestación impulsada por la minería y la tala indiscriminada. Se concluyó la investigación donde la superficie dañada por la deforestación aumentó de 230,79 km² en 2000 a 570,57 km² en 2016, lo que significa un incremento de 339,78 km², influenciado por el desarrollo de carreteras y alza del precio del oro.

Según Meza y Díaz (2011) en su estudio “*Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales en la provincia de Padre Abad*” su objetivo fue estudiar y analizar la deforestación y los cambios que ocurre en el ambiente de la provincia de Padre Abad, Ucayali. El método utilizado fue un análisis multitemporal de dos o más mapas temáticos digitales realizadas mediante las imágenes satelitales de diferentes

fechas para lograr determinar las variaciones del uso de la tierra durante el periodo estudiado. Como resultado las imágenes del satélite muestran notablemente una zona importante de áreas deforestadas. Los datos fueron adquiridos en el Bosque Húmedo Tropical de Colina Baja, Bosque Húmedo Tropical de Colina Media, y las áreas deforestadas analizadas en la dicha categoría como bosques productivos, lo que denota que la deforestación incrementa el dióxido de carbono (CO₂) en el aire por lo que los árboles adquieren el componente químico mencionados en sus fibras, pero cuando se tala, el carbono se libera nuevamente a la atmósfera.

Para Cerón L, et al. (2021), en su investigación “*Deforestación por actividad minera en el departamento de Madre de Dios Perú para los años 2000 y 2017*” tuvo como objetivo calcular la minería de oro en el Departamento de Madre de Dios en los años 2000 y 2017 determinando mediante algoritmos en imágenes satelitales de árboles de los sensores LANDSAT 5 y LANDSAT 8, se obtuvo como producto un aumento de 47,657.43 hectáreas por actividades mineras entre los años 2000 y 2017. Dando un incremento de 42.52% correspondiente a 35 183.45 hectáreas siendo las zonas para la reforestación, comunidades nativas y zonas de Áreas Naturales Protegidas las más han sido perjudicadas. Un total de 1 139.77 hectáreas han sido destacadas para actividades mineras en el año 2000 y restaurada su cobertura vegetal para el año 2017. Los resultados fueron validados mediante juicios de profesionales y se consiguió un indicador de Kappa con un 93% de certeza. La metodología de decisión de árboles es simple y clara, el proceso es rápido y los resultados precisos.

▪ **Marco conceptual**

Ambiente

Es aquel conjunto de componentes químicos, físicos y biológicos que pueden provenir de origen natural y artificial que rodean a todos los organismos vivos y sirven para determinar las condiciones de su existencia en el presente. En un sentido extenso, el término medio ambiente también incluye el entorno social del que depende especialmente el desarrollo humano. (MINAM, 2012).

Impacto ambiental

Es un cambio en la calidad del ambiente ocasionado en gran parte por actividades antropogénicas, sin embargo, no todos los cambios de un factor ambiental son considerados como impactos al ambiente, también se incluyen las variaciones naturales, provocada por las estaciones del año o ciertos desastres como terremotos e incendios (Garmendia et al, 2005).

Bosque

Para considerarse como bosque la superficie del terreno debe ser de al menos 0,05 a 1,0 hectáreas con una cubierta de árboles o densidad de población superior al 10% -30% con árboles maduros in situ de una altura mínima de 2 a 5 metros. (Pérez y Núñez, 2010).

Contaminación Ambiental

Se considera uno de los problemas ambientales más notables que altera a nuestro mundo y ocurre cuando se produce un desequilibrio cuando se agrega cualquier sustancia al medio ambiente en cantidades suficientes para ser dañina para los humanos, los animales, las plantas, etc., o también por exposición a materiales de niños en altas dosis que sean más altos que los niveles aceptados por la propia naturaleza. (Vento, 2017).

Amazonía

El Amazonas es una región de América del Sur que alberga la selva tropical más grande a nivel mundial ya que gran parte es alimentado por el río Amazonas, siendo este el río uno de los más caudaloso y largo del mundo, con una gran cuenca y más de 1000 afluentes, desde un panorama biológico, tiene variedades de especies vegetales y animales así como también especies endémicas; desde otro punto de vista antropológico se puede decir que cuenta con diversidad cultural con 420 pueblos indígenas diferentes, 650 dialectos y 86 lenguas. (PNUMA y OTCA, 2009).

Deforestación

La deforestación consiste en la eliminación de árboles de un terreno boscoso lo que se entendería como el removimiento total para dar lugar a otra cosa. La principal causa que produce la deforestación es la agricultura ilegal insostenible que produce cultivos a nivel comercial como la palma aceitera y el caucho. (Hancock,2019)

▪ **Objetivo General**

Determinar mediante las imágenes satelitales el deterioro de la cobertura vegetal , mediante el análisis espacial y multitemporal en los bosques amazónicos de Madre de Dios entre los años 2013 y 2023.

▪ **Objetivos Específicos**

- Calcular el cambio cobertura vegetal en los bosques amazónicos del Departamento de Madre de Dios. Entre los años 2013 y 2023.
- Calcular el cambio de la temperatura superficial terrestre en los bosques amazónicos del Departamento de Madre de Dios. Entre los años 2013 y 2023.

Hipótesis

En este tipo de investigación no se van a formular hipótesis porque tiene un nivel de investigación de forma descriptiva. Según Hernández Sampieri et al. (2015), menciona que la mayoría de las investigaciones que son descriptivas no deben formularse hipótesis de investigación, por lo tanto no se formulan ya que no se evidencia la situación que se va a dar a conocer en el análisis multitemporal proveniente de la deforestación en el trayecto de los años de estudio.

Justificación

Teórica

Esta investigación se realiza mediante la teledetección ya que se podrá utilizar para poder analizar y modelar esos cambios ya que los sistemas recopilan datos de forma eficiente sin métodos restrictivos y costosos por lo cual es fundamental en lugares como Madre de Dios.

Práctica

El análisis de este estudio permitirá la protección de los recursos naturales que hay en el Departamento de Madre de Dios, una región que tiene desafíos debido a la explotación agrícola, deforestación y minería. Además, el uso de teledetección en el presente estudio con el pasar del tiempo será eficiente dejando un método adecuado para en el futuro hacer monitoreos periódicos. De esta forma la sociedad tendrá mayor conocimiento sobre esta problemática que se viene dando en el Perú desde hace mucho tiempo y que hoy en día ya es una verdadera preocupación ya que no solo afecta al ambiente sino también tiene una afectación directa e indirecta a las comunidades que viven cerca, acortando su calidad de vida y sus posibilidades de desarrollo.

Es conveniente la realización de esta investigación puesto que será de ayuda para futuras investigaciones de similares características, permitiéndoles conocer el estado actual de los bosques deforestados y las consecuencias que implican. Es así que, con la información de esta investigación, las autoridades puedan realizar la toma de decisiones correspondientes para la protección de estos bosques.

Metodológica

La metodología que se empleó en el presente trabajo de investigación para poder determinar el cambio de la cobertura vegetal en los periodos de los años 2013 al 2023 en la acumulación y agrupación de datos de la red para su posterior comparación gracias a la información adquirida por medio de los sistemas de información geográfica para su desarrollo por medio de imágenes satelitales. El análisis obtenido a partir de las imágenes satelitales será trabajados y comparados en el software de ArcMap para ver el impacto ocasionado en dichas zonas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2 Tipos de investigación

2.1.1 Enfoque

El enfoque cuantitativo tiene como objetivo la recolección de datos numéricos y análisis para comprobar la disminución de la cobertura en la región o responder a las preguntas de investigación, aplicando procedimientos matemáticos y/o estadísticos. Hernández Sampieri et al. (2014), "el enfoque cuantitativo sigue un proceso riguroso y estructurado que busca la medición objetiva de la realidad y la cuantificación de los resultados" (p. 4).

2.1.2 Diseño

Hernández-Sampieri et al. (2013) propone como definición a la investigación no experimental como la investigación realizada sin manipulación deliberada de ciertos factores, esto quiere decir en estos estudios no cambiamos las variables independientes para observar sus efectos en otras variables.

De acuerdo a lo mencionado por Hernández-Sampieri et al. (2013), el diseño de esta investigación es no experimental porque este tipo de investigación no necesita la modificación de sus variables, no se generan condiciones, sino que se visualizan las condiciones que ya existen en lugar de crearlas deliberadamente en el estudio por parte de los investigadores. También fue un estudio longitudinal retrospectivo porque el estudio se centró en observar cambios en la misma muestra a lo largo del tiempo y realizar inferencias respecto a los cambios que se puedan

encontrar.

2.1.3 Nivel

Este estudio presenta un estudio descriptivo debido a que los valores se obtienen mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat y su posterior descripción mediante la investigación de la pérdida de cobertura encontrados en la zona de interés.

2.2 Población y muestra

2.2.3 Población

Para la presente investigación se consideró como población las imágenes satelitales que corresponden a las áreas de la superficie terrestre de la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. **(Ver Anexo 1)**

2.2.4 Muestra

La muestra para analizar el cambio de la cobertura vegetal está conformada por las imágenes que corresponden a los años 2013 al 2023 que corresponden a las áreas de la superficie terrestre de la provincia de Tambopata, distrito de Inambari del departamento de Madre de Dios.

Mapa Geográfico del distrito de Inambari



Fuente: Google Maps. Figura 1

Latitud: -13.1008

Longitud: -70.3678

Altitud: 355 m

Superficie de Inambari: 4.87800 km²

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.3.3 Técnicas

Este estudio se basó en la observación directa de las imágenes satelitales y para ello se utilizaron plataformas digitales, la técnica utilizada es la observación directa y la interpretación de las mismas para conocer las coberturas existentes en la zona de estudio, así como la recopilación de datos sobre la cobertura vegetal de dicha zona de estudio.

2.3.4 Instrumentos

El instrumento que se utilizó para la recolección de datos fue con la ficha de registro para comparar y organizar la información recopilada para posteriormente ejecutar el procesamiento de las imágenes satelitales. Se usó la plataforma Google Earth, ArcMap ya que mediante el uso de imágenes satelitales nos brinda información capturada por los sensores ubicados en las plataformas.

2.4 Procedimiento

En el presente estudio se utilizaron imágenes satelitales provenientes de la plataforma Google Earth, USGS, Copernicus y para procesarla en el software de ArcMap. Para eso lo que se hizo fue ubicar una de las provincias de Madre de Dios tomándolo en comparativa un año más actual con otro que este dentro del periodo 2013-2023. Se puede observar de manera abrupta como la deforestación ha aumentado a lo largo de los años.

- Fase inicial de gabinete:
- Recopilación y selección de la información
- Se reunió información cartográfica de la zona de estudio entre el periodo 2013-2023 para compararlas y determinar su cobertura vegetal.
- -Selección y descarga de imágenes satelitales (Ver anexos 2,3,4,5)
- Para seleccionar y descargar imágenes Landsat se hizo una búsqueda entre los diferentes programas de baja de imágenes satelitales.
- Tratamiento digital
- Análisis de los cambios de la Cobertura

Al combinar técnicas de teledetección con análisis espaciales e información remota en tiempo real permite obtener una comprensión más precisa de los cambios en los bosques amazónicos en Madre de Dios y sus efectos al ambiente.

Se seleccionó una imagen satelital siguiendo aspectos como sus condiciones físicas y su vegetación. Las fuentes de las cuales se sacaron las imágenes satelitales fueron de los siguientes buscadores en línea, como el, Google Earth y Landsat. Se escogieron las imágenes satelitales con mayor cambio visual que hay en el periodo 2013-2023 provenientes de la zona de La Pampa, Nueva Arequipa, Inambari aplicando el método de la fotointerpretación para su posterior comparación.

El buscador más usado para imágenes satelitales con diferentes componentes y a una calidad distinta y también de diferentes satélites es la que proporciona el USGS

El buscador permite también visualizar el cuadrante por el cual el satélite tomó las imágenes provenientes del satélite Landsat 8, además de poder filtrar la nubosidad, así como las imágenes por periodos de días, meses o hasta años. (Ver anexo 6)

Para trabajar algunas imágenes satelitales se utilizó el buscador online Copernicus para descargar imágenes satelitales Sentinel 2 de puntos de estudio en la zona de Madre de Dios, la imagen corresponde a las zonas de la Pampa y Nueva Arequipa con el fin de encontrar cambios significativos que logren determinar el grado y los impactos producidos por la minería ilegal y diversos factores que generen deforestación y cambios en su vegetación. Este buscador permite descargar imágenes satelitales directamente del cuadrante en el cual se organizó, esto quiere decir que al tener un panorama más amplio de la zona se podrá evaluar mejor y en tiempo actual el estado en el que se encuentra la zona de estudio, no obstante, dependiendo del tipo de análisis que se realice se podría utilizar otro satélite que cumpla con la medición de los parámetros dados. (Ver anexo 7)

Al realizar la descarga de las imágenes satelitales estas están compuestas dependiendo de su altura a la cual se tomaron además de las diferentes bandas que permitirán establecer un color que proporcione un mayor énfasis a la hora de analizar los cambios en el terreno. (Ver anexo 8)

El programa ArcGis nos permite gracias al ArcMap poder visualizar y modificar las bandas utilizadas en la imagen satelital para que al combinar específicamente las bandas nos proporcione el color de cada componente en la foto, no obstante, al ser una zona con demasiada densidad de nubes puede dificultar la visualización de las imágenes por lo cual se comparara con los días que tenga un cielo despejado para poder obtener los cambios e impactos además de otros parámetros que se puedan obtener debido al cambio en el ecosistema. (Ver anexo 9)

Para este último se utilizó imágenes satelitales provenientes del satélite Landsat 8 en el cual se puede visualizar una menor nubosidad además de poseer los colores más reales para lograr así encontrar la cantidad de efectos ocasionados por la minería ilegal en distintos puntos.

Se pasó a realizar el mismo procedimiento, pero con imágenes Sentinel 2 del buscador Copernicus con la diferencia que en este caso para realizar el cálculo se necesitan las bandas 8 y 4 de la data descargada, el beneficio que proporciona el satélite Sentinel 2 es la proximidad a la cual se encuentran las imágenes por lo que se puede alejar y tener una mejor resolución con respecto de las imágenes Landsat 8 pero este último posee un mayor panorama y mayores parámetros.(Ver anexo 14) Para este caso se utilizó imágenes a 10 metros de la superficie del año 2023 obteniendo los resultados de disminución de vegetación al igual que con el satélite Landsat 8.

2.5 Validez y confiabilidad de información

Se utilizaron imágenes satelitales de portales web confiables como USGS o Copernicus y programas especializados de forma oficial como el Arcgis, Google Earth, y por varias instituciones privadas y públicas como los repositorios institucionales.

2.6 Análisis de la información

Para el desarrollo y análisis de los datos recopilados se utilizarán programas de procesamiento y análisis de imágenes satelitales como ArcGIS, las cuales constan de las relaciones y superposiciones de todas las coberturas. Los resultados del proceso se analizan usando cambios de superficie y cobertura vegetal.

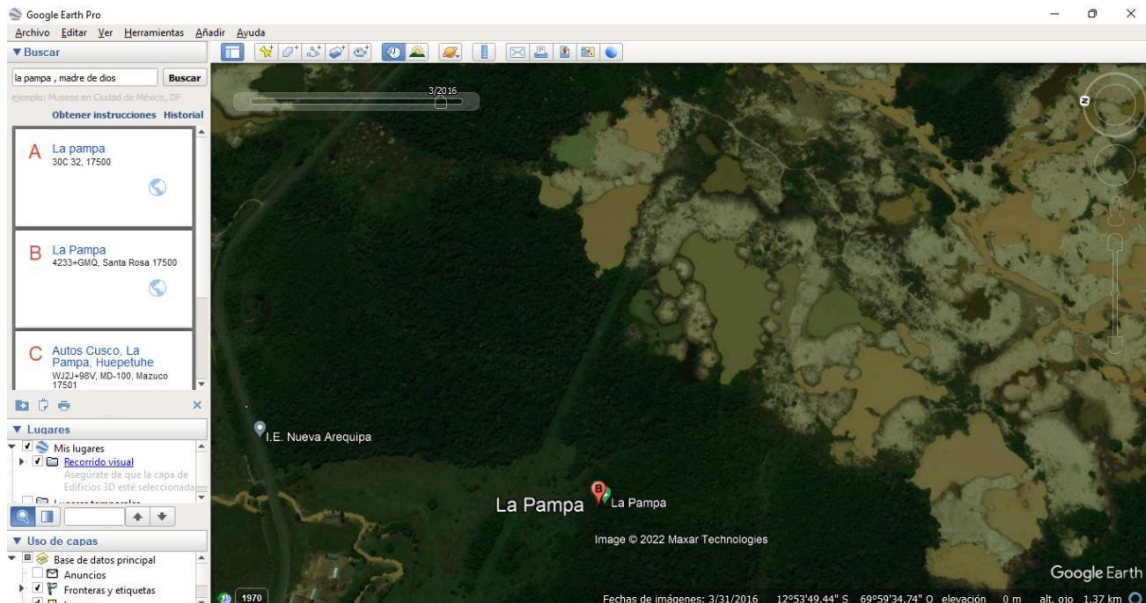
2.7 Aspectos éticos de la investigación

En el presente estudio se está citando fuentes confiables que han sido consideradas y consultadas, por otro lado, contamos con el respaldo de las referencias bibliográficas para que así verifiquen la veracidad de la presente investigación, así como se consideró con el correcto tratamiento de la información sin alterar los datos reales cumpliendo con el Reglamento de investigación y ética de la Universidad.

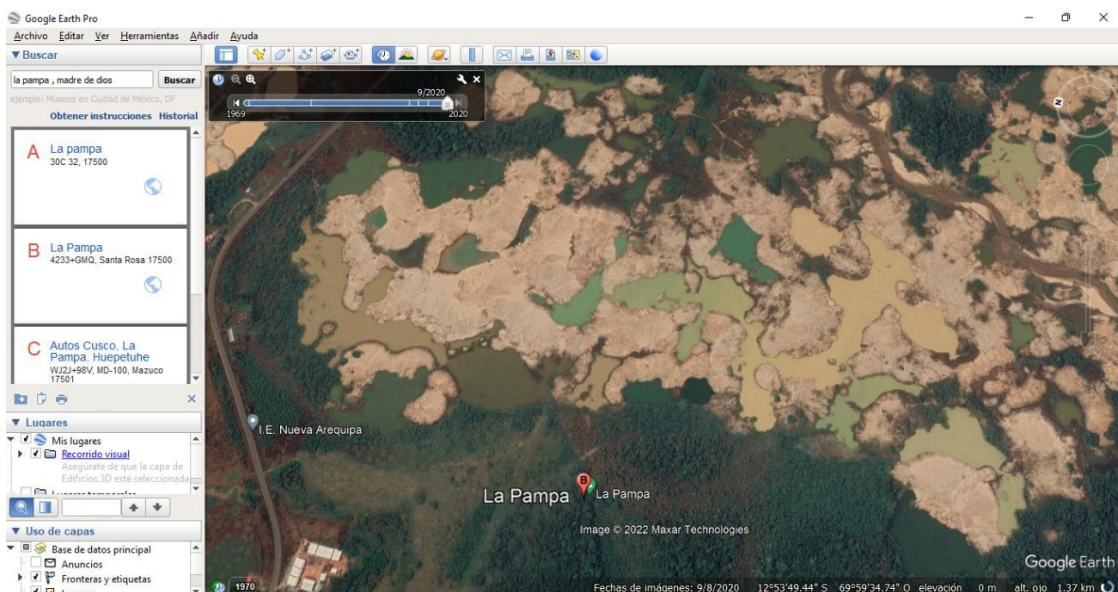
CAPÍTULO III: RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentarán mediante tablas por periodos para así poder observar la disminución o aumento en los años seleccionados.

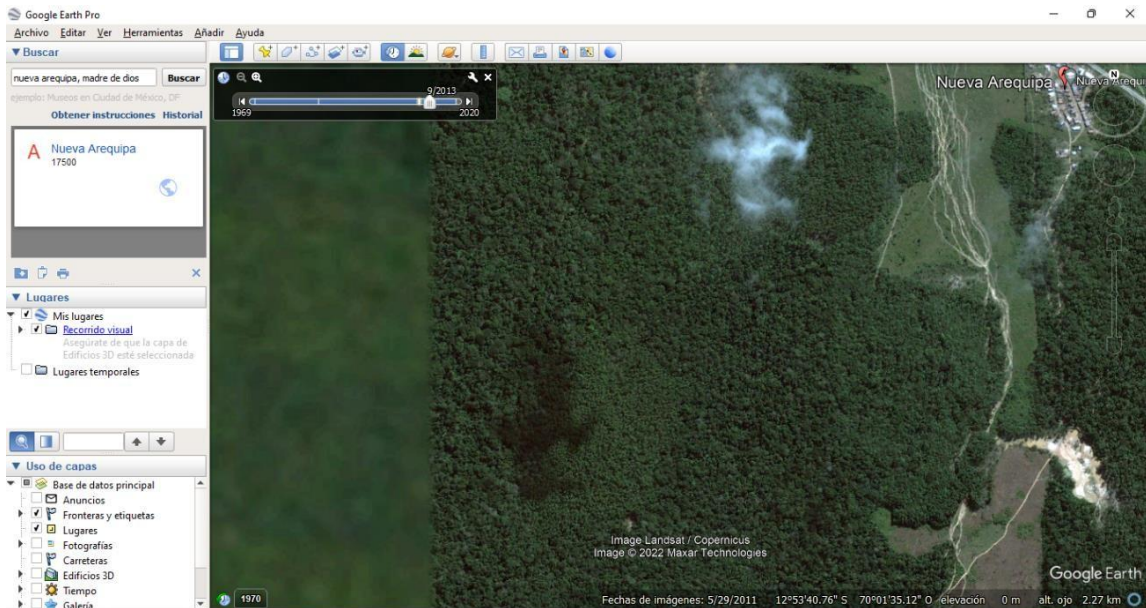
El primer paso fue escoger el área de estudio donde se pueda observar que en un periodo de 10 años hubo disminución de la vegetación, se utilizó Google Earth ya que permite retornar hacia años posteriores y ver como se encontraba un paisaje en un determinado momento.



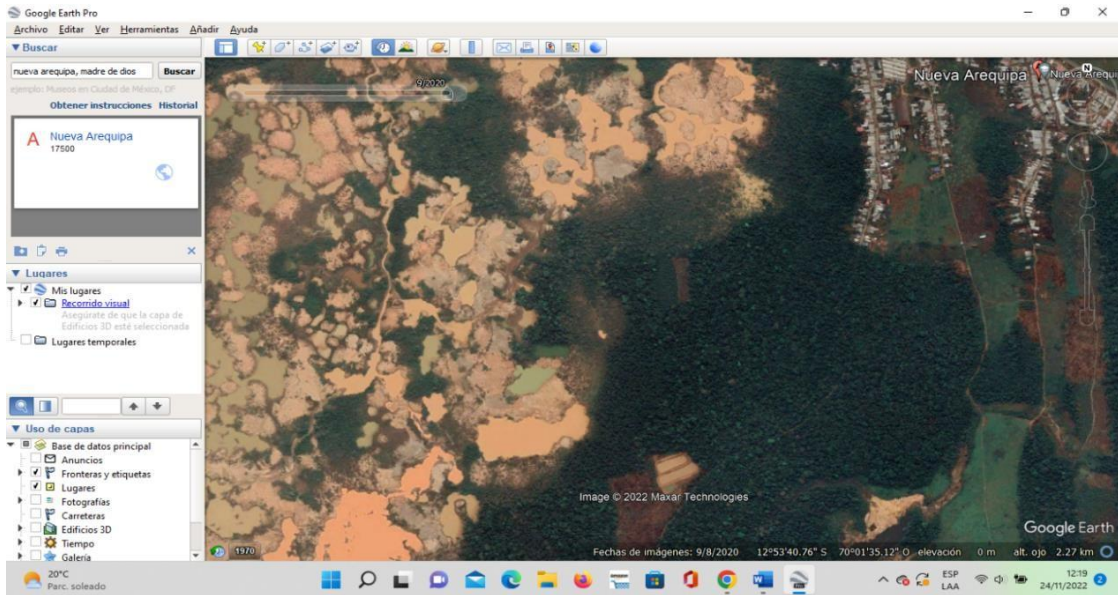
La imagen es perteneciente a Las Pampas para el año 2016 donde ya se observa una extensión de área vegetal que esta en disminución por alguna acción que ocurra de manera progresiva en la zona de estudio.



Esta imagen corresponde al año 2020, donde claramente se puede observar que no solo aumento la disminución de las áreas verdes, también ya existe mayor extensión de suelo desnudo el cual genera aumento de la temperatura.



De igual manera se procedió con un análisis visual de la siguiente área de estudio que es Nueva Arequipa, esta imagen pertenece al año 2013 donde se observa un paisaje boscoso e incluso lleno de árboles lo cual sugiere que para estos momentos no existía alguna acción que genere la disminución de la vegetación.



La foto presentada es del año 2020 en Nueva Arequipa donde se ve de manera grave que la disminución de las áreas verdes ha sido de manera progresiva, lo cual sugiere que actividades que promuevan a esta pérdida en años posteriores al 2013.

Siguiendo la fórmula para el cálculo del NDVI

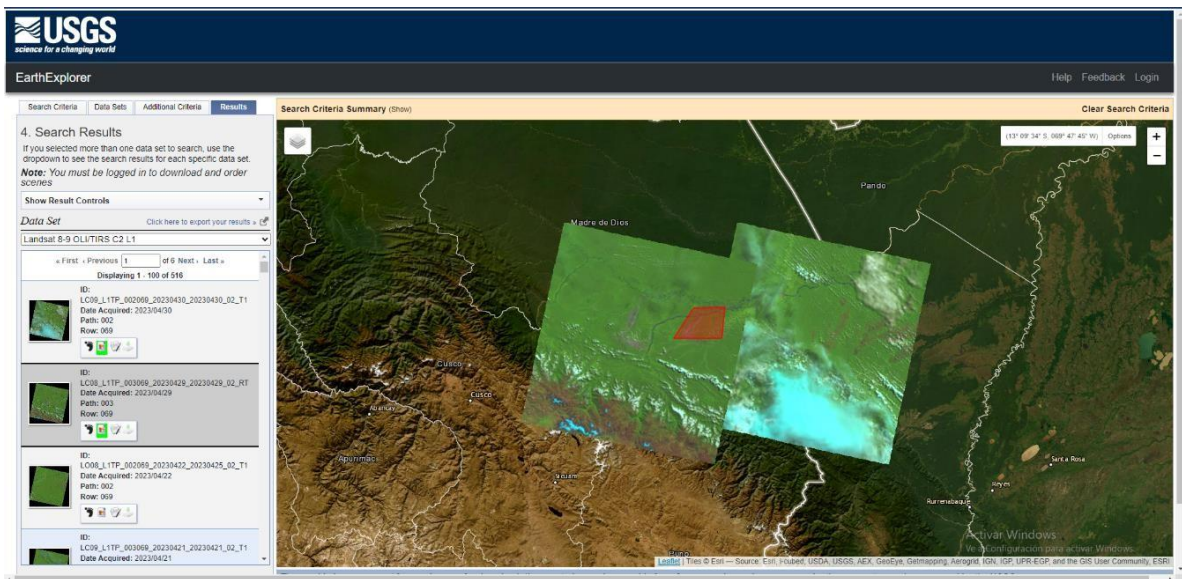
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Tenemos que:

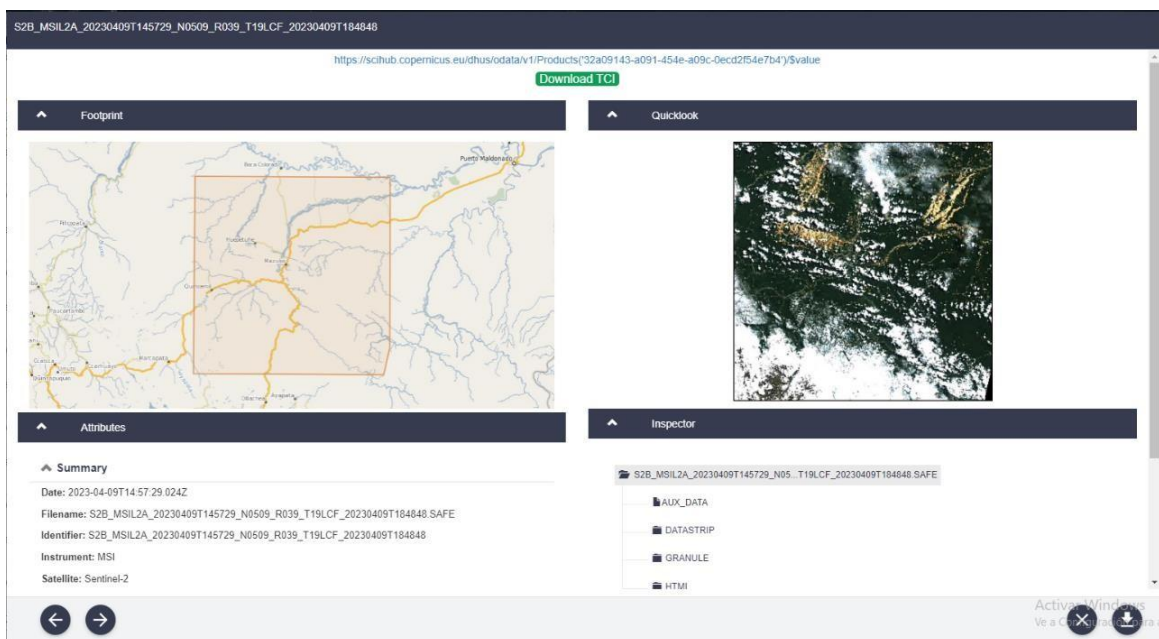
NIR = Banda de luz del infrarrojo cercano.

RED = Banda de luz roja del espectro visible.

Se procedió obtener los datos para el cálculo en la ecuación, estos valores se obtienen mediante la descarga compilada de las imágenes satelitales en la base de datos presentada. Una vez ya obtenido el archivo con la información de las imágenes satélites procedemos a trabajarlas dentro de ArcGIS, donde, al añadir la data esta permite verificar las bandas que esta posee ya que es una imagen compuesta por diferentes colores y cada banda proporciona cada una de ellas para formar una imagen completa.

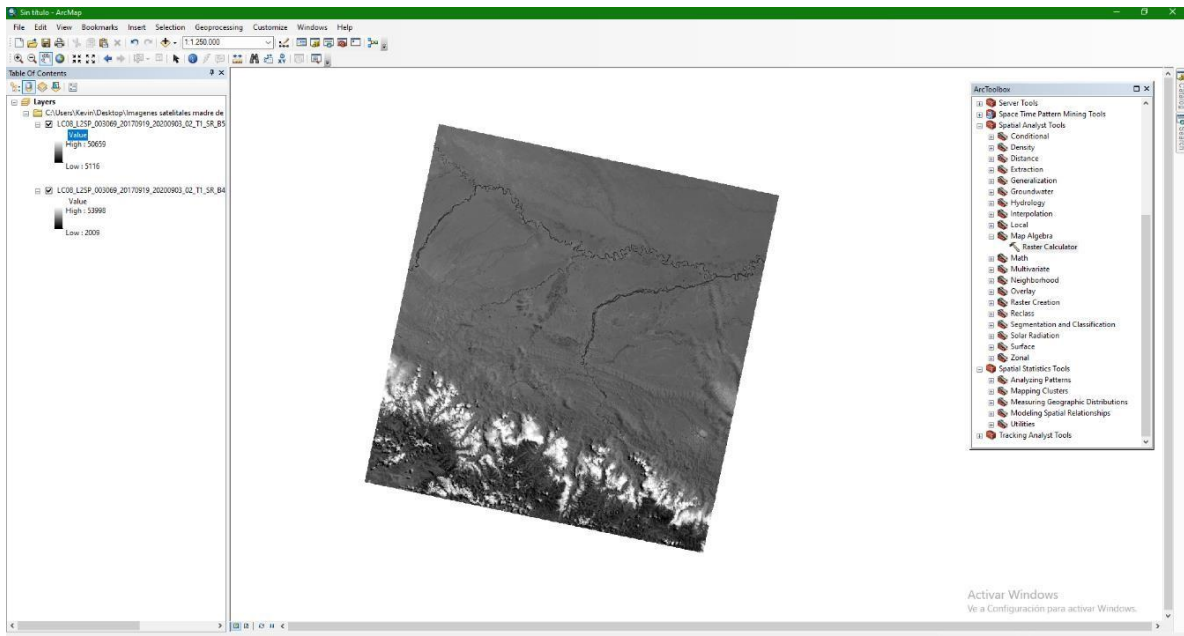


En la imagen se puede observar la interfaz de la base de datos USGS en la cual permite no solamente la descarga directa de las distintas bandas que establece una imagen satelital sino, además, permite verificar como fue visualmente en años posteriores además de intervenir antes de tomar alguna imagen con nubosidad lo cual dificultaría mucho calcular un índice.

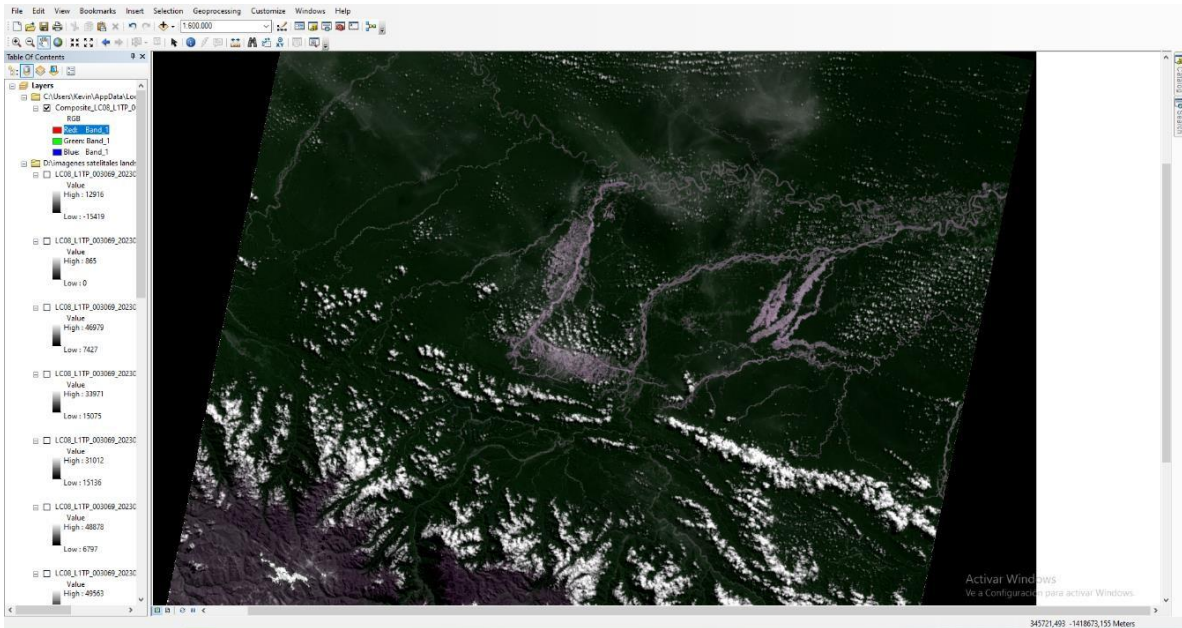


De la misma manera sería si se utilizaría el satélite de Sentinel para lo cual existe la base de datos de Copernicus la cual también muestra una interfaz didáctica de el área de estudio que se busca analizar además de también sirve para hallar índices similares al satélite Landsat.

Al utilizar ArcGIS nos permitirá realizar cálculos específicos con la data ya descargada, en este caso se utilizará la herramienta de Calculadora Raster ya que permite incluir desde su archivo base el contenido interno de información y parámetros a utilizar para hallar el NDVI.



Observamos que al añadir una capa de nuestro archivo descargado automáticamente se plasma en ArcGIS para su análisis, esta en escala de grises.



Para poder añadir color o algún indicador para índices o medición se necesita hacer una composición de bandas, en la imagen se puede observar que al añadir las capas y utilizar la opción propia del ArcGIS de composición de bandas esta la combina y logra una coloración mas directa y precisa dependiendo de su naturaleza.

Una vez dentro de la calculadora esta nos podrá permitir colocar la formula, al haberse utilizado ArcGIS común y no el pro la fórmula para el cálculo del NDVI está dada de la siguiente manera:

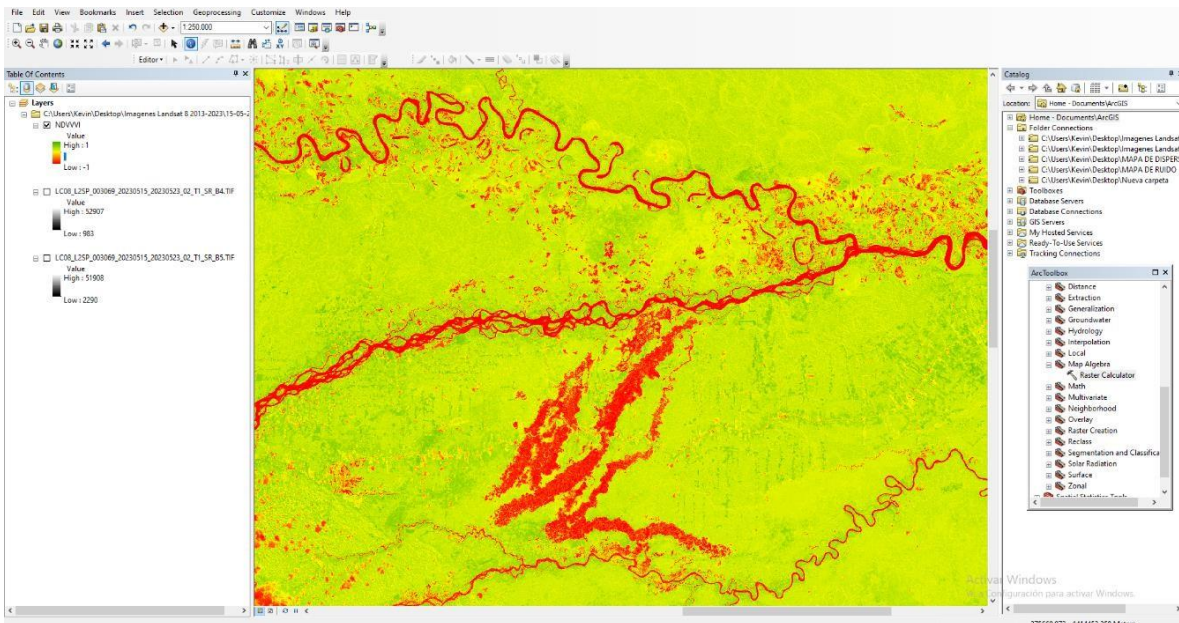
En el caso de Landsat 8:

$$NDVI = ("Landsat_B5" - "Landsat_B4") / ("Landsat_B5" + "Landsat_B4")$$

En el caso de Sentinel 2 :

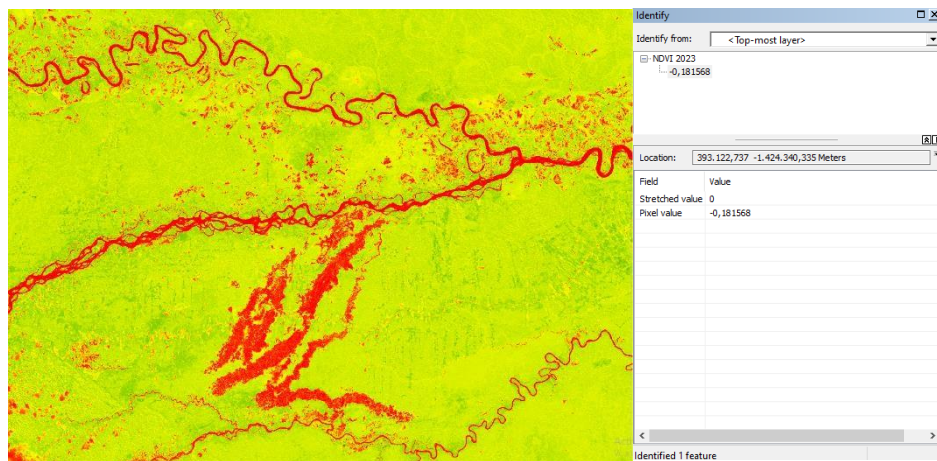
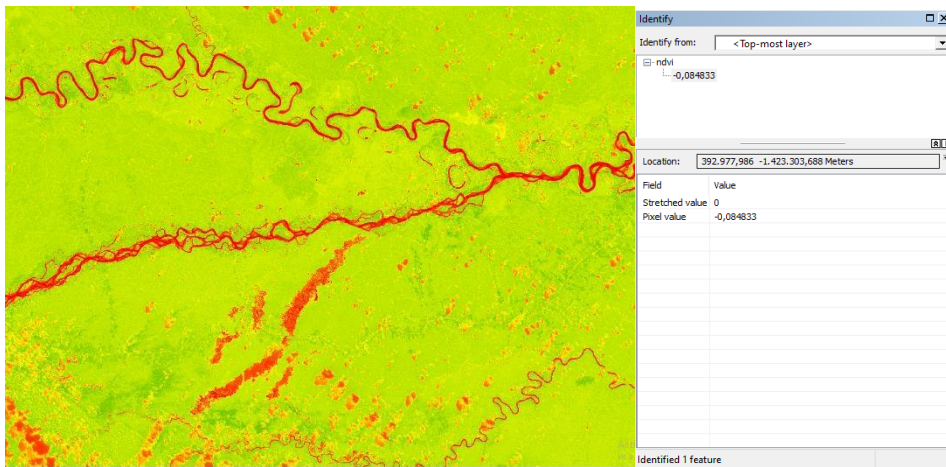
$$NDVI = ("Sentinel2_Band8" - "Sentinel2_Band4") / ("Sentinel2_Band8" + "Sentinel2_Band4")$$

Las bandas a utilizar que se encuentran dentro de la tabla de contenidos descargada de la base de datos para imágenes satelitales, se pueden añadir directamente desde su carpeta mediante Arcgis para que sea un proceso más práctico, al finalizar este proceso obtendremos una nueva banda y le colocamos NDVI. Una vez añadidos todos los datos esperamos el procesamiento del cálculo y posterior a ello cambiamos la rampa de colores ya que por defecto saldrá en escala de grises por un color que nos facilite identificar cambios en el área de estudio en cuanto a vegetación como se aprecia en los anexos.

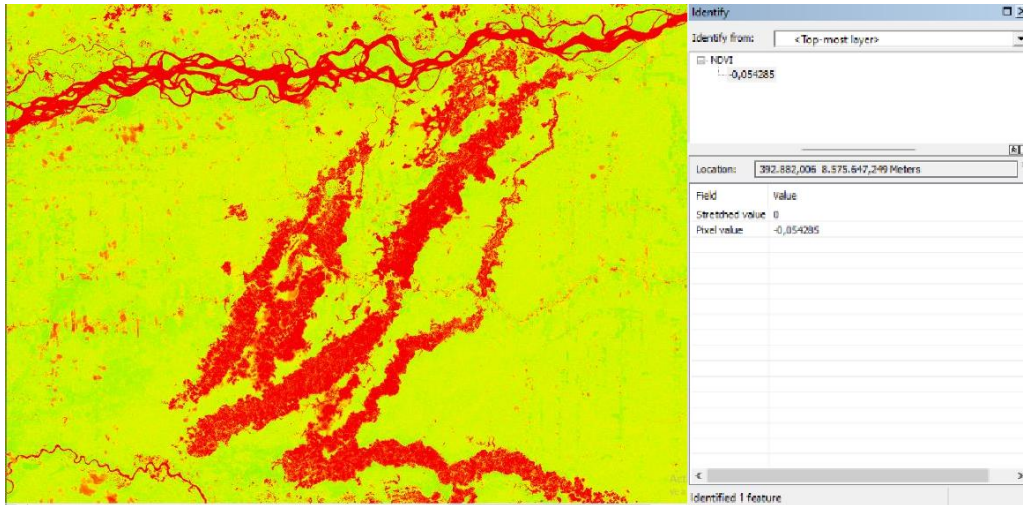


En la imagen se puede observar a las bandas 4 y 5 del satélite Landsat la zona de interés de Madre de dios para su posterior composición de bandas y determinar la cobertura vegetal mediante el NDVI. La imagen satelital descargada de USGS del satélite Landsat 8 posee una dimensión muy amplia que se acortara con las herramientas del ArcMap para poder determinar los valores del índice de vegetación de diferencia normalizada en cada año en este caso como ejemplo se utilizó una imagen del año 2017 del mes de setiembre por lo despejado que se encontraba con respecto a otros meses.

Tras realizar el cálculo del NDVI con la fórmula determinada y utilizando la herramienta de Calculadora Raster que nos proporciona el programa ArcGIS el programa nos crea un nuevo layer el cual es el resultado del cálculo entre las bandas 5 y 4 de la data descargada de la zona de interés del satélite Landsat 8. Se configuró la simbología en las propiedades del nuevo ráster creado con una escala de colores para que vayan desde 1 en verde para vegetación alta con alto estado fotosintético, amarillo vegetación media y en color rojo cuerpos de agua y zonas urbanas o con vegetación baja y muerta.



Se presenta el resultado del NDVI para el año 2013 y 2023 respectivamente en las imágenes en la zona de Nueva Arequipa.



En la imagen se puede observar el resultado en la zona de las pampas para el año 2023. Las imágenes resultantes se puede observar cuerpos de agua con amarillo así como las zonas con disminución de vegetación de color rojo menos intenso a más. En cada imagen se puede observar el resultado obtenido con respecto al índice de NDVI.

El valor obtenido en la zona de interés para el año 2023 con respecto al NDVI es de -0,18 acercándose al -1, lo que indica una fuerte reducción en la cobertura vegetal respecto al año 2013. Esto puede deberse a deforestación, minería ilegal, incendios forestales u otras actividades antrópicas que afectan la salud de la vegetación, además, este suceso coincide con un probable incremento de la temperatura superficial terrestre, lo cual es coherente con la teoría de la disminución de cobertura vegetal incrementa la temperatura del suelo debido a menor sombra y evapotranspiración.

Para el cálculo de la temperatura se utilizo la siguiente forma siguiendo la misma metodología para hallar el NDVI en Arcgis:

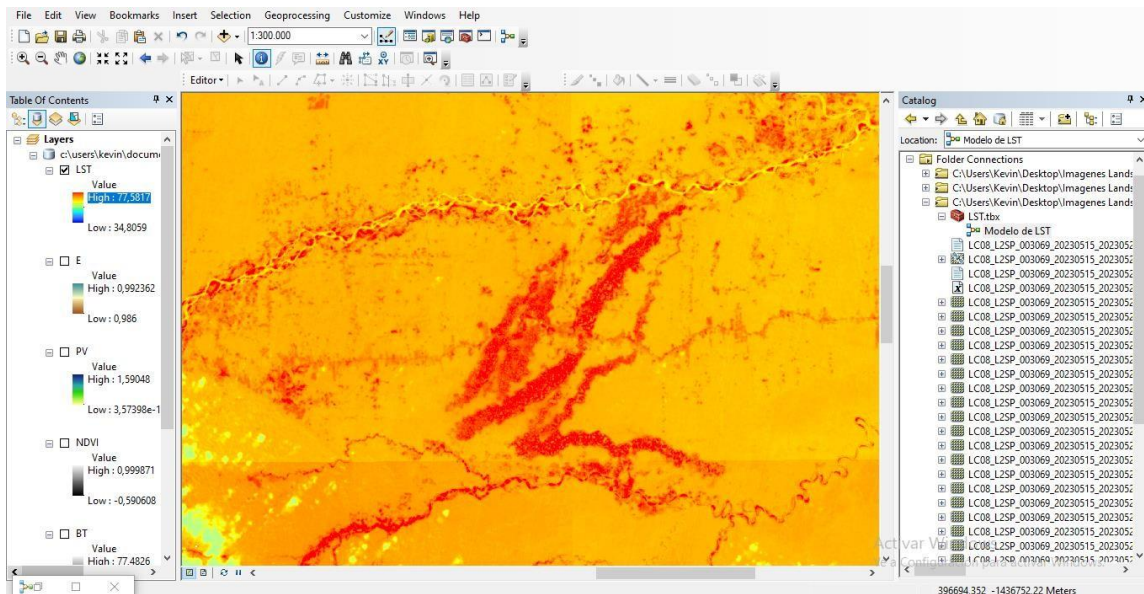
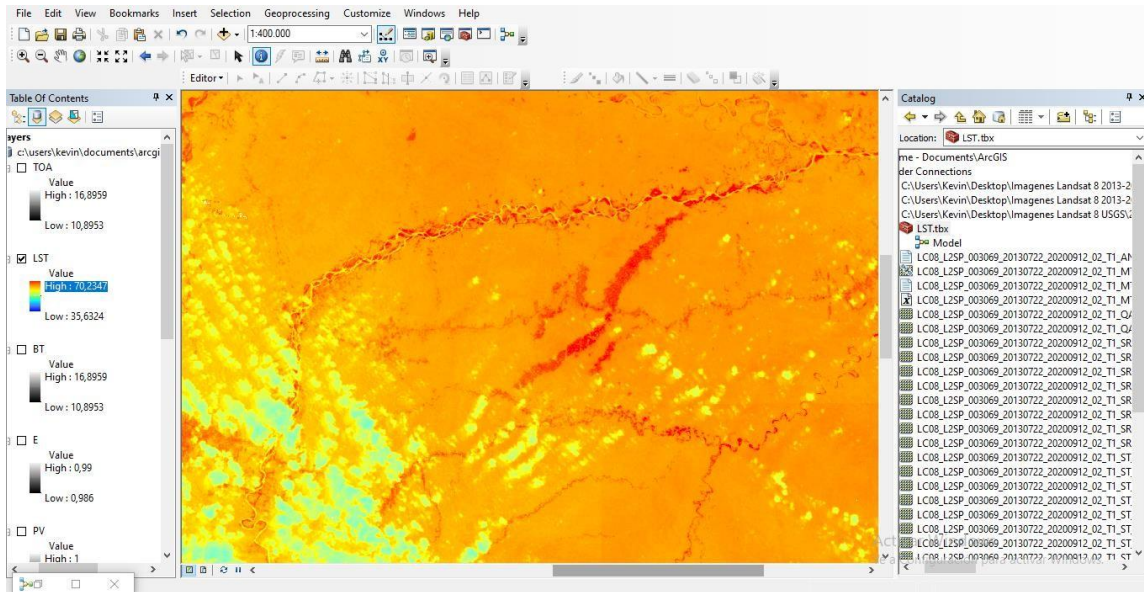
$$TS = BT / (1 + (\lambda * BT / \rho) * \ln(\varepsilon))$$

Donde:

λ = longitud de onda efectiva ($\approx 10.895 \mu\text{m}$ para Band 10)

$\rho = \text{constante de Planck} \times \text{velocidad de la luz} / \text{constante de Boltzmann} (\rho \approx 1.438 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K})$

$\epsilon = \text{emisividad estimada}$



En las imágenes puede observar el resultado de hallar la temperatura de la superficie en el área de estudio, específicamente en Las Pampas, como se puede observar en las franjas rojas es donde la zona boscosa se ha reducido hasta un suelo desnudo lo cual aumenta la temperatura progresivamente.

Tabla 1

Comparación del NDVI periodo 2013-2023 (elaboración propia)

NDVI	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023
LAS PAMPAS	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,15	0,12	0,16	0,18
NUEVA AREQUIPA	.42	.22	.253	.35	.10	.19	.08	.11	.05	.07	.03

Nota: Los cálculos demuestran una pérdida de vegetación constante para Las Pampas y una disminución gradual en Nueva Arequipa.

Al analizar los resultados obtenidos en el periodo 2013–2023 revela diferencias significativas entre las zonas evaluadas. En Las Pampas se observa una fluctuación leve en tendencia de disminución al comienzos de sus primeros años y aumento en los últimos, pasando de un NDVI de 0.08 en 2013 a 0.18 en 2023, cabe resaltar que gráficamente en la zona de estudio mientras hay recuperación de algunas áreas verdes también otras se van debilitando, pero específicamente en el área de estudio se comenzó a regenerar, no obstante, faltaría determinar y detallar si este aumento no es en una zona no afectada o nueva. En Nueva Arequipa si se puede ver una clara reducción que podría ser crítico del NDVI de 0.42 en 2013 a 0.03 en 2023, esto solo responde que si está en fase de disminución progresiva la vegetación.

Tabla 2

Temperatura de la superficie de la Tierra (°C) 2013-2023 (elaboración propia)

	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023
LAS PAMPAS	2,82	2,50	2,25	3,50	1,28	3,59	3,60	4,01	4,12	5,09	5,59
NUE VA AREQUIPA	0,02	0,12	0,10	0,15	0,25	0,30	0,23	0,35	0,39	0,43	0,57

Nota: Promedio entre la temperatura máxima y mínima hallada en cada imagen periodo 2013-2023 medido en grados Celsius (°C)

Los resultados provenientes de la temperatura muestra un incremento en ambas zonas de estudio, en su mayoría en Las Pampas, donde se observa que pasa de 2,82°C en el año 2013 a 5.59°C en 2023, estos cambios podrían estar relacionados con la transformación al nivel del paisaje además de la pérdida de cobertura vegetal en etapas anteriores entre zonas como también la exposición al suelo con menor vegetación lo cual incrementa la absorción de la radiación solar, por otra parte, en Nueva Arequipa se puede observar una pérdida menor creciente, lo cual explicaría y relacionaría con la pérdida significativa de vegetación en algunos años y en espacios dentro de la zona de estudio. Estos resultados sugieren una degradación ambiental no solo de su cobertura vegetal, sino además de que también impacta en otros factores como el clima el cual eleva la temperatura y puede intervenir en los ciclos normales y la vegetación de la zona,

REFERENCIAS

- Anto, M. (2020) Impacto de la minería y tala ilegal en el desarrollo y la Seguridad Nacional. *Revista de ciencia e investigación en defensa -CAEN*, 1 (2), 49-63.
<https://recide.caen.edu.pe/index.php/Recide/article/view/12>
- Anto, M. (2020) Impacto de la minería y tala ilegal en el desarrollo y la Seguridad Nacional. <https://recide.caen.edu.pe/index.php/recide/article/view/23/22>
- Asner, G. P., Clark, J. K., Mascaró, J., & Galindo García, A. (2010). High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38), 16738-16742.
<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1004875107>
- Awange, J. L., & Kiema, J. B. K. (2013). *Environmental geoinformatics: Monitoring and management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7>
- Bense, T. (2007) Introducción a la Percepción Remota. Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur y Primeras Uruguayas, noviembre 2007.
<https://es.scribd.com/document/457781928/introduccion-a-la-percepcion-remota>
- Cantero, M., y Moreno J., (2015) Determinación de la degradación de suelos por minería aurífera aluvial en la ribera del río San Pedro, Puerto Libertador. *Unicorba*. (1441).
<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/download/790/903/>
- Cerón, L., Miranda, N. y Rubin-de-Celis, E. (2021). Deforestación por actividad minera en el departamento de Madre de Dios-Perú para los años 2000 y 2017. *Anales Científicos*. 82(1),122-129. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v82i1.1748>
- Condori-Luna, Ismael Junior, Loza-Murguía, Manuel Gregorio, Mamani-Pati, Francisco, & Solíz-Valdivia, Hugo. (2018). *Análisis multitemporal de la cobertura boscosa*

empleando la metodología de teledetección espacial y SIG en la sub-cuenca del río Coroico - provincia Caranavi en los años 1989 - 2014. Journal of the Selva Andina Research Society, 9(1), 25-44.
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000100003&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000100003&lng=es&tlng=es)

De Echave, J.(2016). La minería ilegal en Perú. Nueva Sociedad, 263(2), 131–144.

https://www.minjus.gob.pe/wp-content/uploads/2018/03/07_Mineria-ilegal-Articulo-Peru-06.pdf

Denman, K. y G. Brasseur. 2007. Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Cambridge Press, United Kingdom and New York, NY, USA.

Espectro Geo. (2014). *Tipos de resolución empleados en teledetección*. Espectro Geo.

<https://espectrogeo.com/tipos-de-resolucion-teledeteccion/>

FAO. (2007): Situación de los bosques del mundo 2007. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 51 pp.

FAO. (2012): El estado de los bosques del mundo 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 157 pp.

FAO (2014): El estado de los bosques del mundo 2014 Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 146 pp.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/542dc735-5ab6-41e0-9ea6-1e492ee4afda/content/cd1211es.html#gsc.tab=0>

FAO.(2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Food and Agriculture

Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Finer, M., & Mamani, N. (2020). *Deforestación y minería ilegal en la Amazonía peruana: Un análisis de impactos recientes*. Centro para la Ciencia y conservación Amazónica.

<https://www.amazoniaciencia.org>

Gond, V., Fayolle, A., Penneç, A., Cornu, G., Mayaux, P., & Dubois, M.-A. (2013).

Monitoring forest cover and deforestation in the Congo Basin forests using multitemporal high-resolution imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 34(12),4418-

4445.<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425724004061?via%3DIihub>

Gonzales Alarcón, G. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000–2016*. Madre de Dios.

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/2277>

Hancock L. (2019) La degradación de los bosques: por qué afecta a las personas y la vida

silvestre.<https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>

KOMMAREDDY, A. EGOROV, L. CHINI, C.O. JUSTICE y J.R.G. TOWNSHEND (2013).

«High-resolution global maps of 21-st-century forest cover change». *Science*. 342:850-853.

Hernández-Sampieri et al. (2013) Metodología de la investigación. 6ta Ed. /

INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México.<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernández-Sampieri et al. (2014) Metodología de la investigación. 6ta Ed. /

INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernández-Sampieri et al. (2015) Metodología de la investigación. 6ta Ed. /

INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

World Wildlife Fund.(2023) La degradación de los bosques

<https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>

LA GRAN AMAZONÍA SURAMERICANA. (n.d.). Org.co. Retrieved April 8, 2023, from

<https://sinchi.org.co/la-gran-amazonia-suramericana>

Lepers, E., E. F. Lambin, C. Janetosanthony, R. DeFries, F. Achards, N. Ramankutty & R.

Scholes. 2005. A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981–2000. *BioScience* 55(2): 115-124

Lozada, J. (2017). Opciones para una minería de oro que cumpla con las normas ambientales, en

la Guayana venezolana. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2), 464-483. ISSN: 1012-1617. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347753793012>

López, M. (2015). "Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal y uso de la tierra

en el cantón Gualaquiza 1987-2015". <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7166>

Medina, et al, (2007) Minería Artesanal/Informal e Ilegal en el Perú. Trabajo de Investigación

de la XXVIII Convención Minera. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.

Medio Ambiente (2015) ¿Que es la dimension ambiental? [https://www.medio-](https://www.medio-ambiente.cl/medio-ambiente-2/dimension-ambiental/)

[ambiente.cl/medio-ambiente-2/dimension-ambiental/](https://www.medio-ambiente.cl/medio-ambiente-2/dimension-ambiental/)

- Meza, C. y Diaz, A. (2011). Evaluación de la deforestación y sus impactos ambientales: provincia de Padre Abad. *Investigaciones Sociales*, 15(27), 121–131.
<https://doi.org/10.15381/is.v15i27.7665>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Reportaje de la minería ilegal en Madre de Dios. [Video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=6da3mkYmDiA>
- Mulligan, M. (2019). Deforestación y cambio de uso del suelo en Madre de Dios: Una mirada integral. *Revista de Ciencias Ambientales*, 12(2), 45-60.
- Orozco, O., (2016). Laminería artesanal en el Perú Instituto redes de desarrollo social. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12800/la_mineria_artesanale_en_el_perupdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pachas (2013) Conflictos Sociales en Madre de Dios. El caso de la minería en pequeña escala de oro y la ilegalidad. Reporte 1. USAID, Catholic Relief Services (CRS) y Comisión Episcopal de Acción Social (CEAS). https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/informe_alvarado.pdf
- Perez, E. N. y J. Nuñez. (2010). La responsabilidad civil por la deforestación como daño ambiental puro en el Perú. Tesis (Abogado). Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. 262 p
- Quintanilla, T., & Maguiña, K. (2008). Evaluación preliminar del impacto social de la minería aurífera aluvial en las zonas de Huepetuhe, Pukiri y Cabecera de Malinowsky, de la región Madre de Dios. Pro-Naturaleza y Movimiento El Pozo
- Sade-Beck, L. (2004). Internet ethnography: Online and offline. *International Journal of Qualitative Methods*, 3(2). Artículo 4. <http://www.ualberta.ca/~iiqm/>

[backissues/3_2/pdf/sadebeck.pdf](#)

Salvador, A., Alcaide, A., Sánchez, C. C., & Salvador, L. G. (2005). Evaluación de impacto ambiental (pp. 55-65). Pearson Educación. <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/07/Evaluacion-impacto-ambiental-Garmendia-PDF-1.pdf>

SPDA (2016) Políticas de pequeña minería y deforestación: El caso de Madre de Dios. <https://hdl.handle.net/20.500.12823/282>

Subia Tito, Y. (2020). *Análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso de suelos en el Parque Nacional Bahuaja Sonene y su zona de amortiguamiento* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14781>

Toribio (2019) NDVI, ¿qué es y para qué sirve? Recuperado de <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>

UNFCCC. 2001. COP-7: The Marrakech accords. (Bonn, Germany: UNFCCC Secretariat). Recuperado de <http://www.unfccc.int>.

Vento, C. (2017) El impacto de la minería ilegal del oro y el desarrollo sostenible en la Región de Madre de Dios. [Tesis de Doctorado, Universidad Inca Garcilaso De La Vega. <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1732/DOC.MEDIO.AMB.SOST.%20CARLOS%20ENRIQUE%20VENTO%20RODR%C3%8DGUEZ.pdf?sequence=2>

21 st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology (2023, del 17 al 21 de octubre) “Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development”, Hybrid Event, [conferencia] Buenos Aires, Argentina

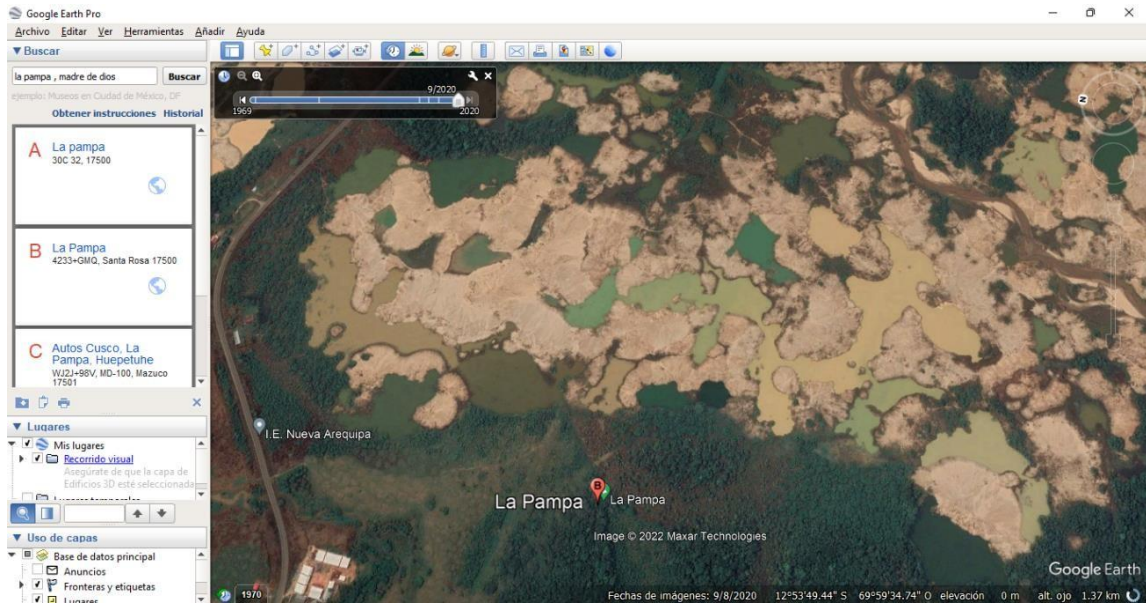
ADICIONAL

ANEXOS: Instrumentos que se utilizaron

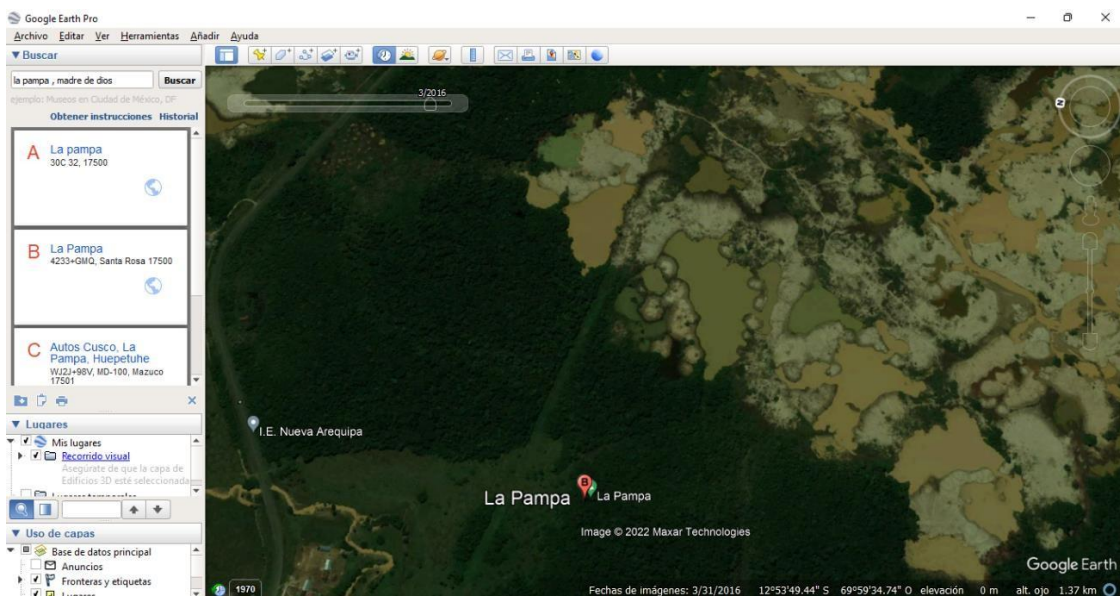
Anexo 1: Mapa de Provincia de Tambopata



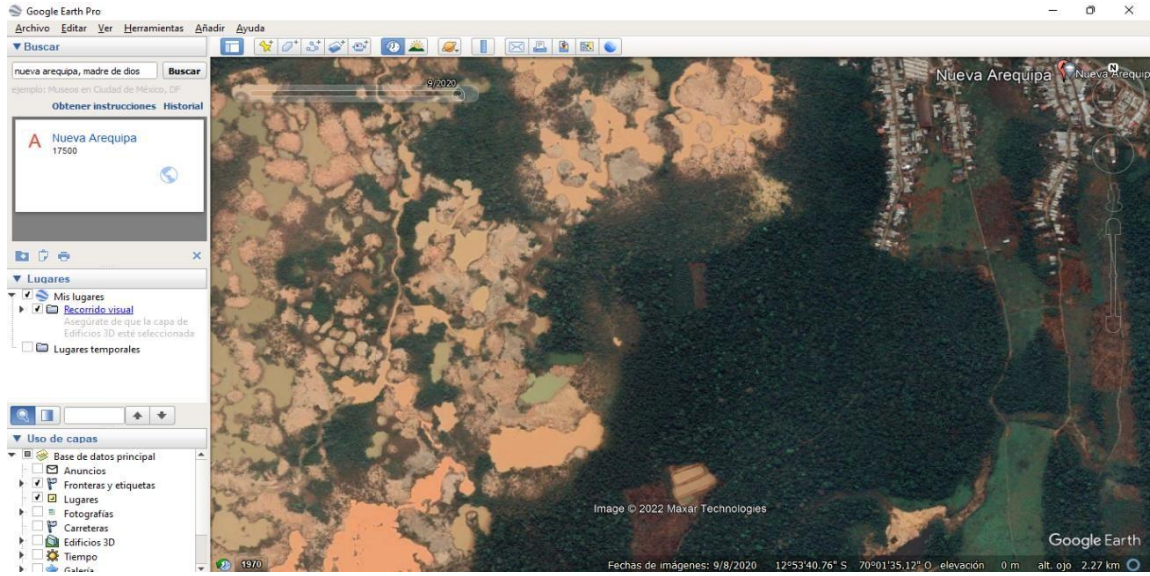
Anexo 2: La Pampa (2020)



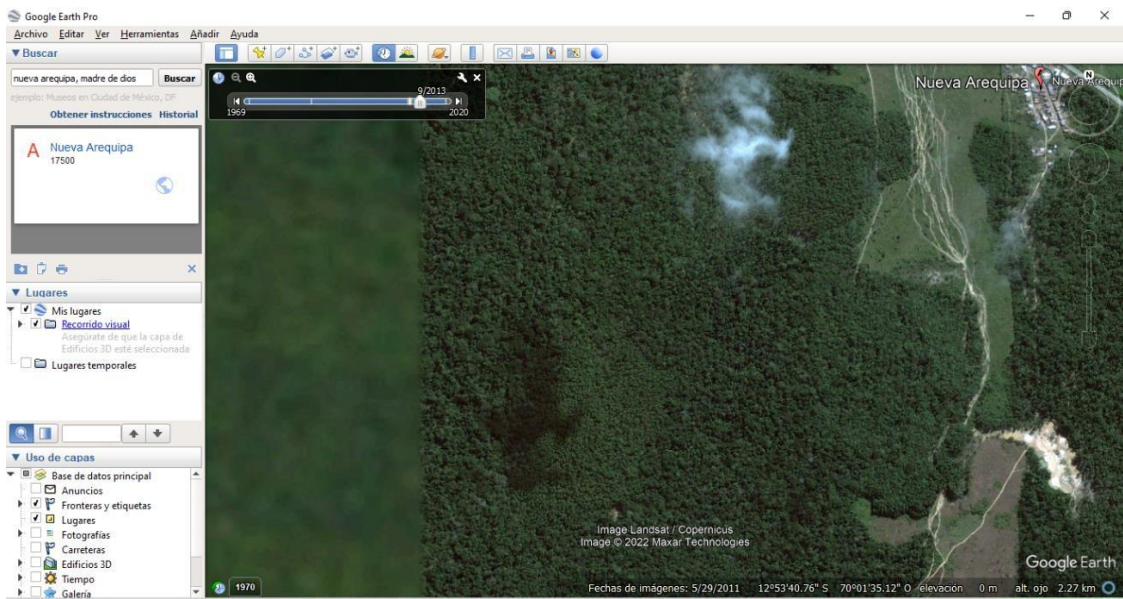
Anexo 3: La Pampa (2016)



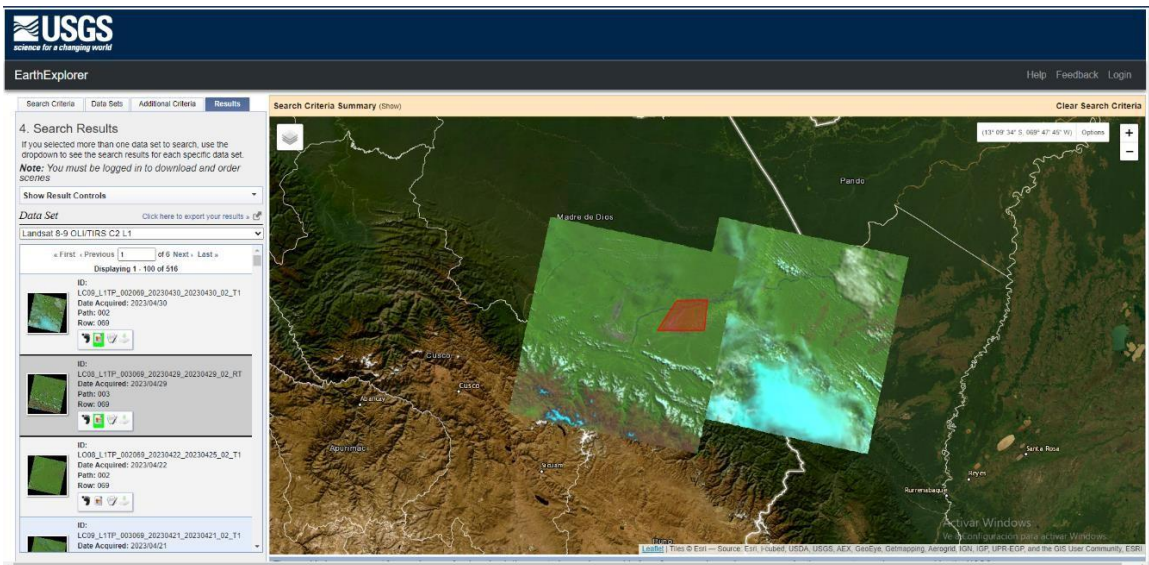
Anexo 4 : Nueva Arequipa (2020)



Anexo 5: Nueva Arequipa (2013)

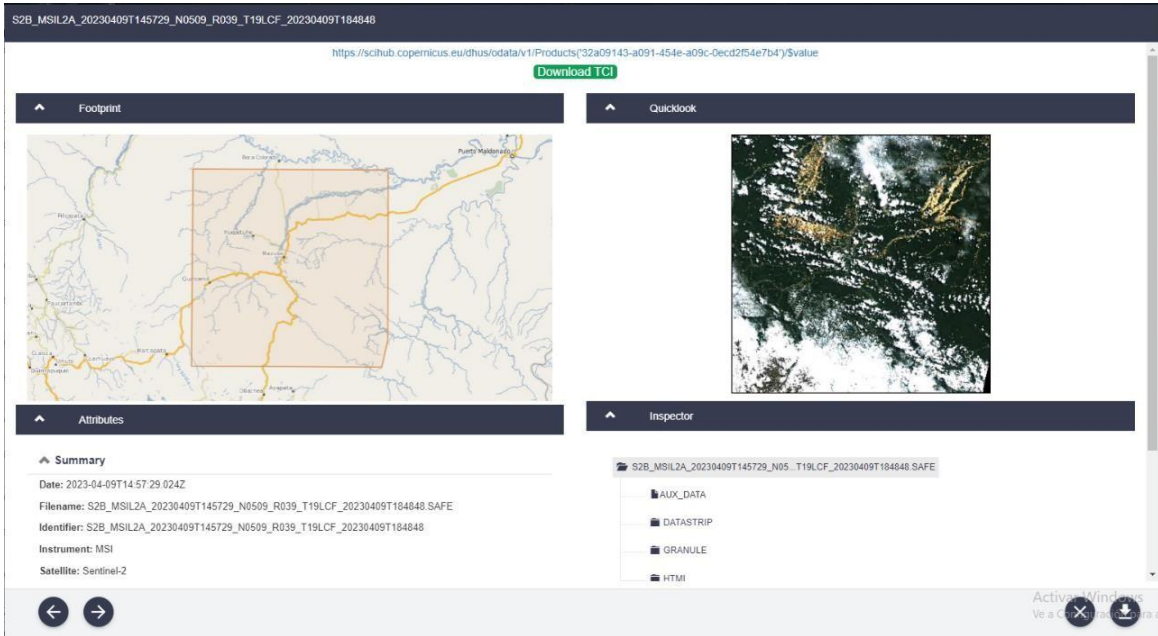


Anexo 6: USGS – United States Geological Survey

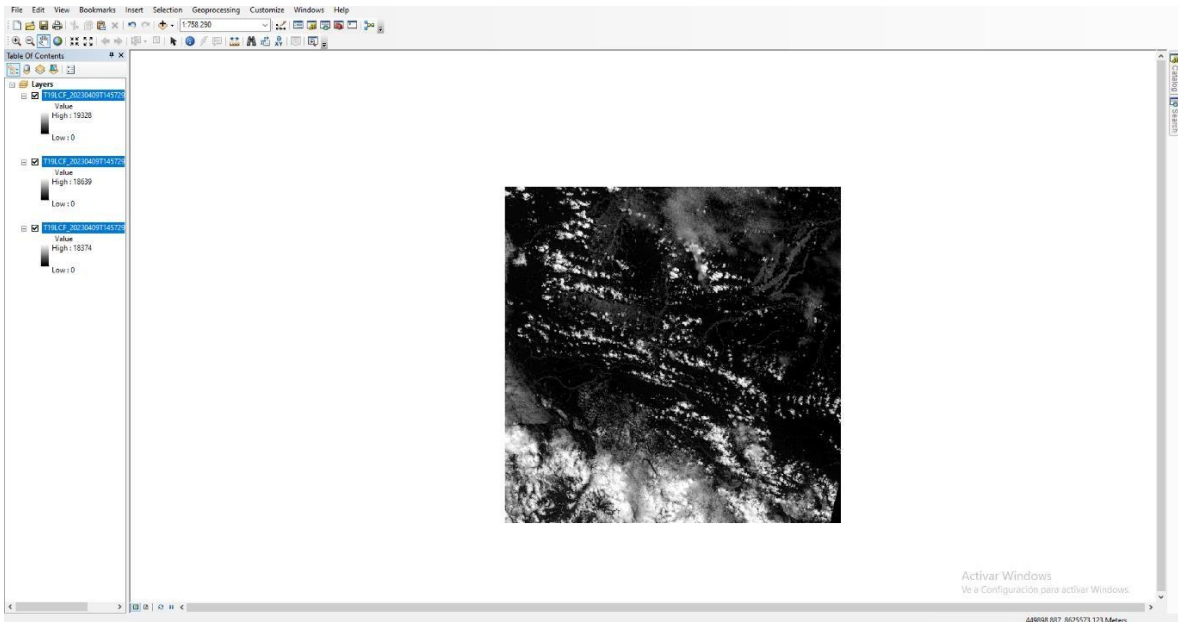


The screenshot displays the USGS EarthExplorer interface. At the top, the USGS logo and 'science for a changing world' tagline are visible. The main navigation bar includes 'Search Criteria', 'Data Set', 'Additional Criteria', and 'Results'. The 'Results' tab is active, showing '4. Search Results'. A note states: 'If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set. Note: You must be logged in to download and order scenes.' Below this, there are controls for 'Show Result Controls' and 'Data Set'. The 'Data Set' dropdown is set to 'Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L1'. A list of search results is shown, including data set IDs, acquisition dates, paths, and rows. The main map area shows a topographic view of a region with several data overlays in green and cyan. Labels on the map include 'Majra de Dios', 'Pando', 'Espejo', 'Cacha', 'Rurrenabaja', 'Hoyas', 'Sera e Rod', and 'Rurrenabaja'. The bottom of the interface contains a 'Disclaimer' and 'Terms of Use' link.

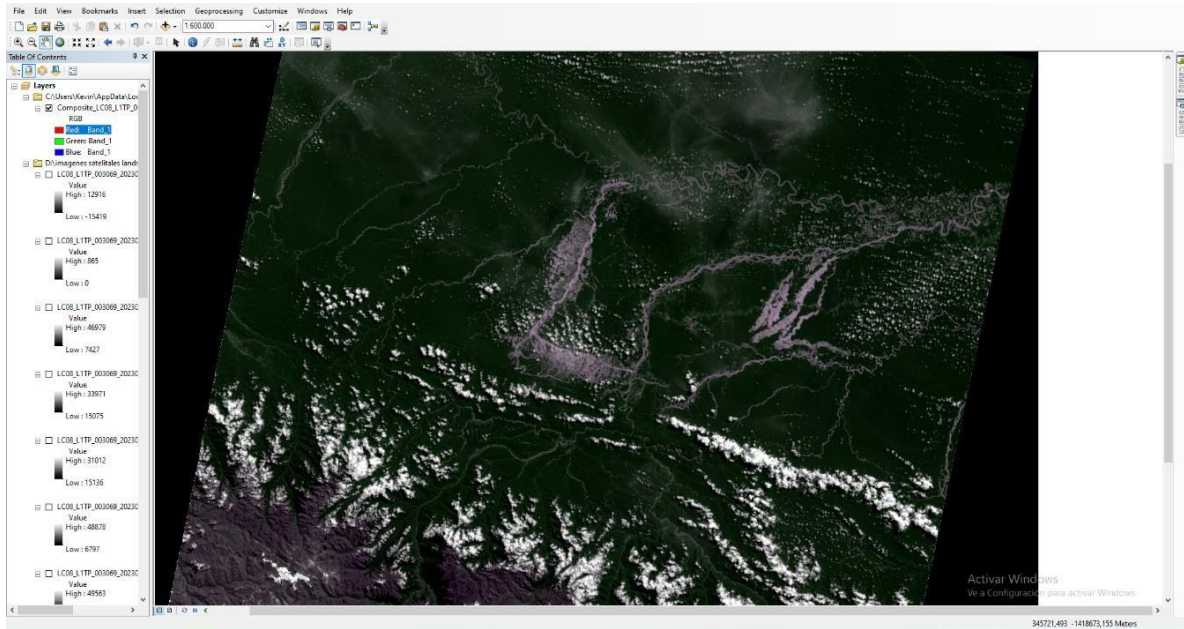
Anexo 7: Copernicus



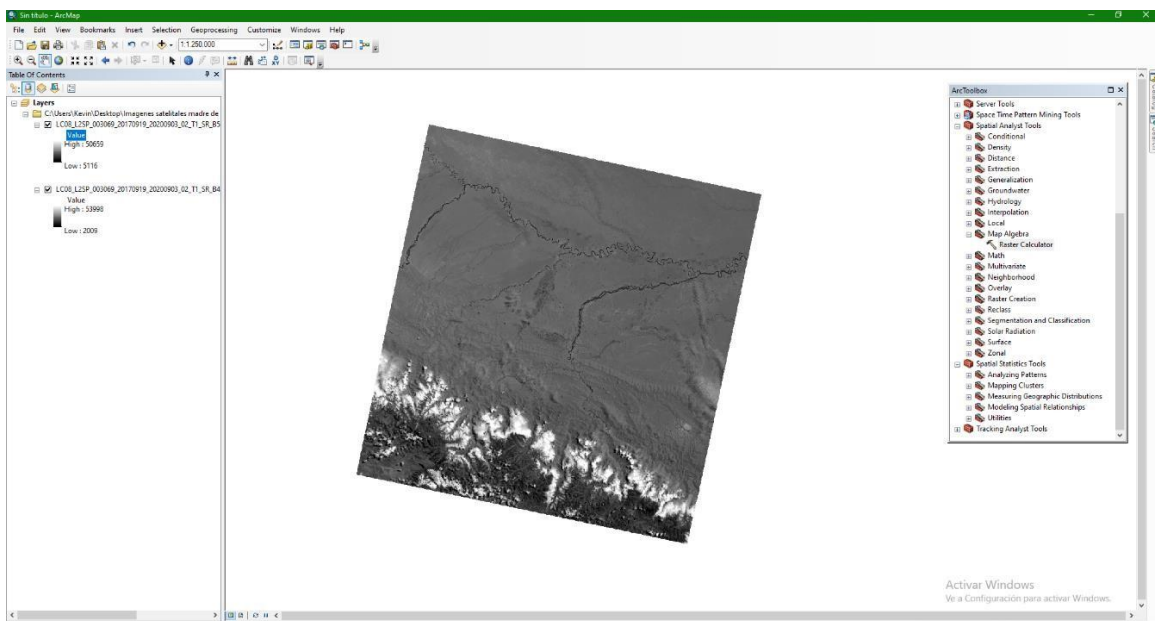
Anexo 8: ArcMap – Imagen satelital



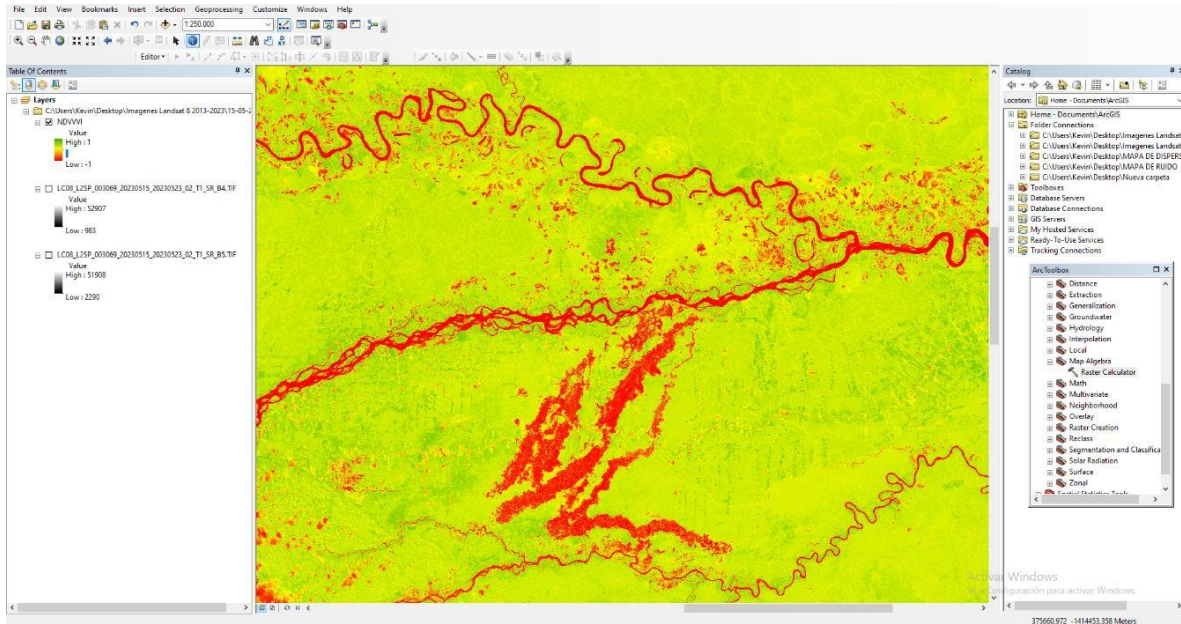
Anexo 9: ArcMap – Composición de bandas



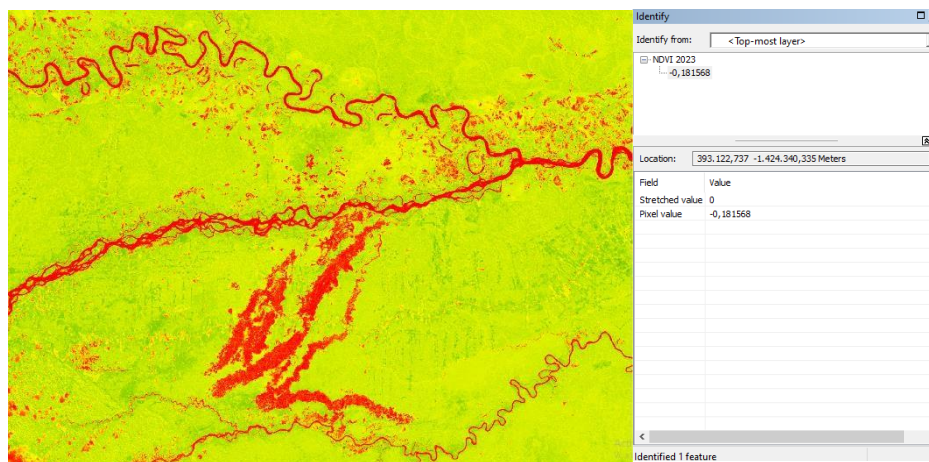
Anexo 10: ArcMap – Calculo del NDVI con la calculadora Raster



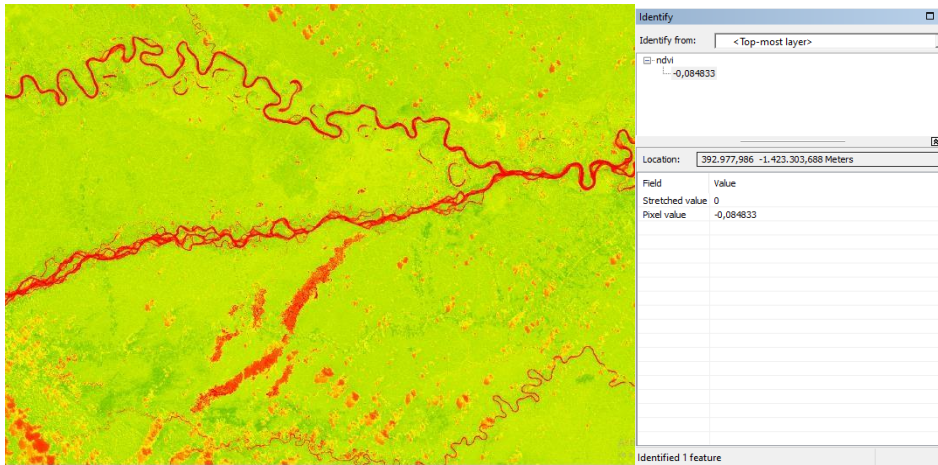
Anexo 11: NDVI Landsat 8



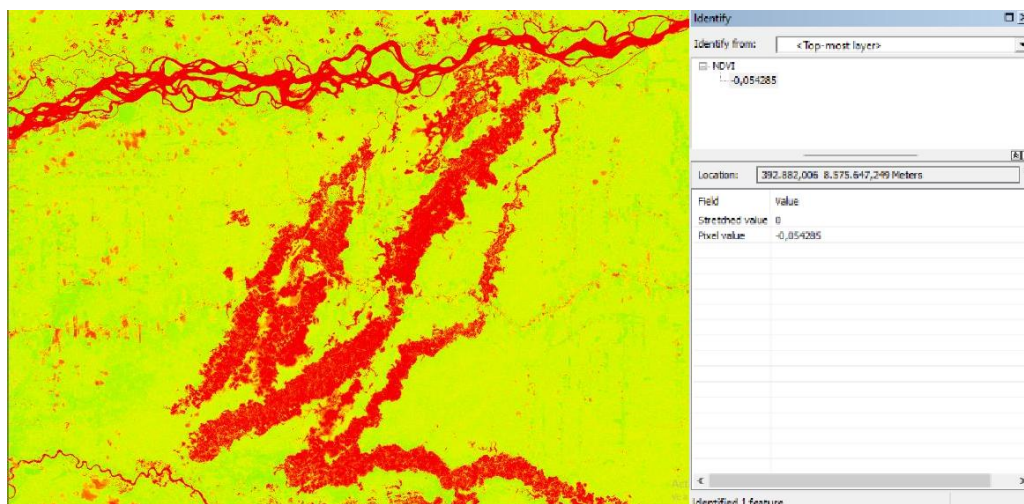
Anexo 12: Resultado del cálculo de NDVI para el año 2023 proveniente del satélite Landsat 8 en Nueva Arequipa



Anexo 13: Resultado del cálculo de NDVI para el año 2013 proveniente del satélite Landsat 8 en Nueva Arequipa

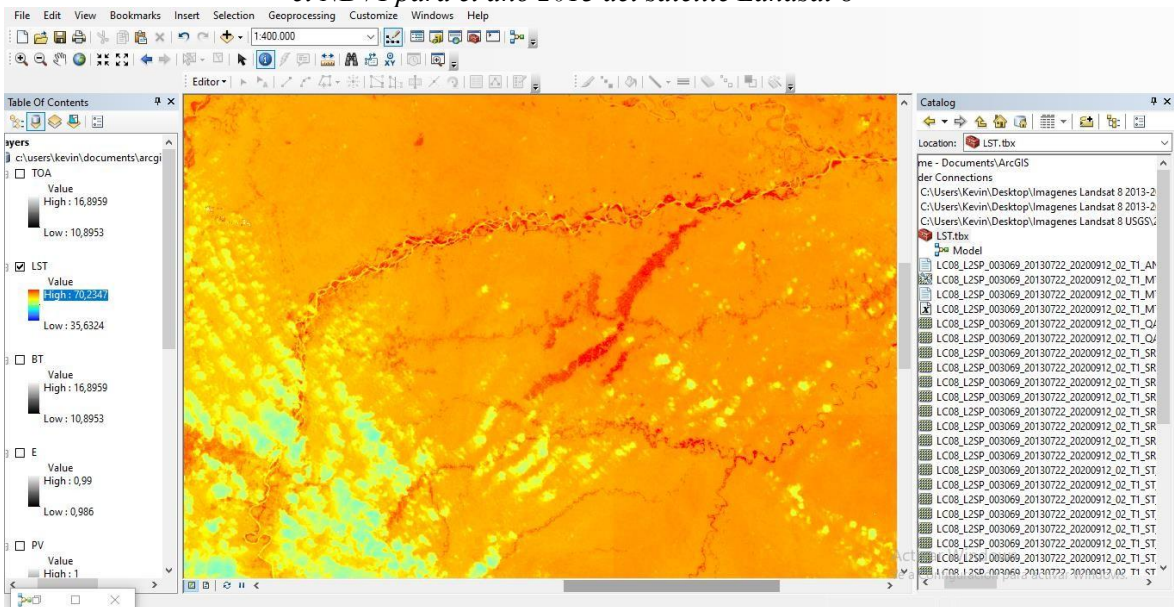


Anexo 14: Resultado del cálculo de NDVI para el año 2023 proveniente del satélite Landsat 8 en zonas de las Pampas

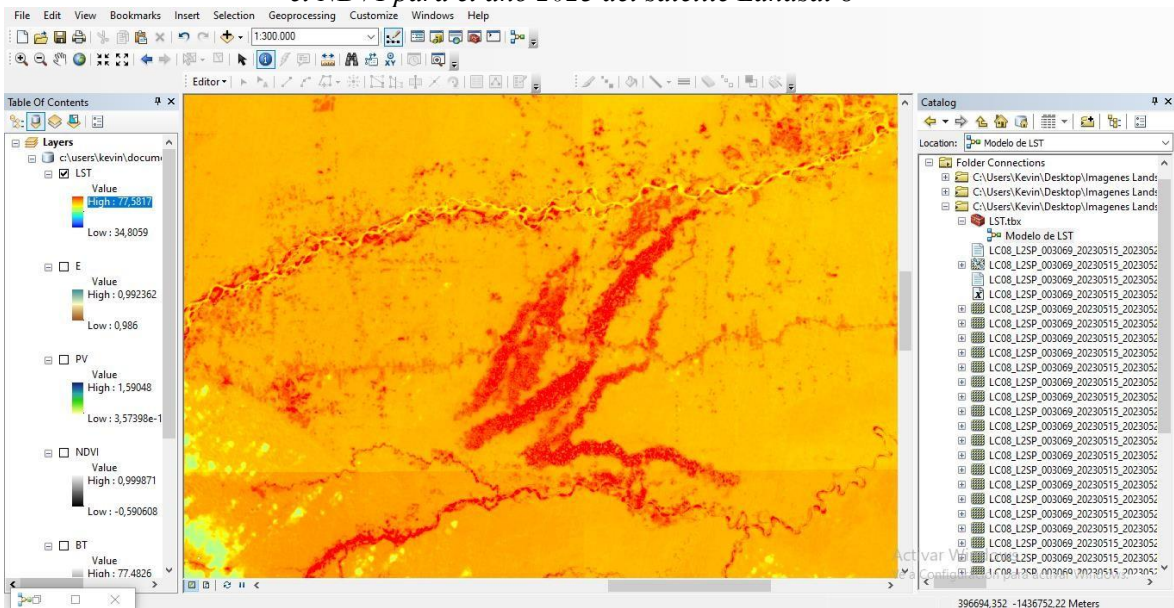


Anexo 15: Resultado del cálculo de la Temperatura de la superficie Terrestre utilizando

el NDVI para el año 2013 del satélite Landsat 8



Anexo 16: Resultado del cálculo de la Temperatura de la superficie Terrestre utilizando el NDVI para el año 2023 del satélite Landsat 8



Anexo 18: Modelo para el cálculo de la Temperatura en ArcGIS

