



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN IQUITOS
METROPOLITANO POR AUMENTO DE ÁREAS URBANAS EN EL PERIODO 2018-
2022

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Ayala Meléndez, Luis Angel

Asesora:

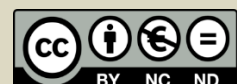
Paricoto Simon, Maria Mercedes
(ORCID: 0000-0002-7676-7558)

Jurado:

Garcia Vilca, Godilia Teresa
Mendoza Garcia, Jose Tomas
Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2023



EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN IQUITOS METROPOLITANO POR AUMENTO DE ÁREAS URBANAS EN EL PERIODO 2018 – 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN IQUITOS
METROPOLITANO POR AUMENTO DE ÁREAS URBANAS EN EL PERIODO 2018 – 2022

Línea de investigación: Procesamiento digital de imágenes y señales

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Ayala Meléndez Luis Angel

Asesora:

Paricoto Simon Maria Mercedes

(ORCID 0000-0002-7676-7558)

Jurados:

Garcia Vilca, Godilia Teresa

Mendoza Garcia, Jose Tomas

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima –Perú

2023

Dedicatoria

El siguiente informe está dedicado a mis padres; Teresa Meléndez, por su profundo amor y esmero, por ser mi sostén en toda mi etapa universitaria y en mi vida; también a mi padre Ángel Ayala, sé que desde el cielo me cuida y protege, por ser mi ejemplo a seguir en la vida.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 TRAYECTORIA DEL AUTOR	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
1.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	4
1.4 ÁREAS Y FUNCIONES DESEMPEÑADAS	4
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA.....	6
2.1 ANTECEDENTES.....	6
2.2 OBJETIVOS	7
2.2.1 <i>Objetivo general</i>	7
2.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
2.3 JUSTIFICACIÓN	8
2.4 BASES TEÓRICAS	8
2.4.1 <i>Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)</i>	8
2.4.2 <i>Teledetección</i>	9
2.4.3 <i>Espectro electromagnético</i>	9
2.4.4 <i>Imágenes de satélite</i>	9
2.4.5 <i>Sentinel MSI</i>	10
2.4.6 <i>NDVI</i>	10
2.4.7 <i>Clasificación de coberturas</i>	10
2.4.8 <i>cobertura vegetal</i>	11
2.4.9 <i>Cambio de cobertura vegetal</i>	11
2.4.10 <i>GPS</i>	11

2.4.11	<i>Google Earth Engine</i>	12
2.5	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	13
2.5.1	<i>Ámbito Temporal y espacial</i>	13
	Ámbito Temporal	13
	Ámbito especial	13
2.5.2	<i>Ubicación</i>	13
2.6	METODOLOGÍA.....	15
2.6.1	<i>Recopilación y procesamiento de información cartográfica y satelital de la zona del proyecto</i>	15
2.6.2	<i>Clasificación del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)</i>	15
2.6.3	<i>Validación de la clasificación del NDVI</i>	17
2.7	RESULTADOS.....	21
2.7.1	<i>Resultados de descarga y procesamiento del NDVI desde GEE</i>	21
2.7.2	<i>Resultados de la clasificación por umbrales</i>	22
2.7.3	<i>Dinámica de cambios (ganancias y pérdidas)</i>	24
2.7.4	<i>Pérdidas significativas</i>	25
2.7.5	<i>Calculo de puntos tomados en campo</i>	26
2.7.6	<i>Índice de Kappa</i>	27
2.7.7	<i>Valor de la validación</i>	28
III.	APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA	29
IV.	CONCLUSIONES	30
V.	RECOMENDACIONES	31
VI.	REFERENCIAS	33

VII. ANEXOS.....36

Índice de figuras

Figura 1 <i>Organigrama de la empresa</i>	4
Figura 2 <i>Mapa de ubicación del área del proyecto</i>	14
Figura 3 <i>Collage de fotos de toma de puntos en campo</i>	18
Figura 4 <i>Mapa de recorrido del GPS y toma de puntos en campo.</i>	19
Figura 5 <i>NDVI descargado desde la plataforma de GEE</i>	21
Figura 6 <i>clasificación del NDVI por umbrales para los años 2018 y 2022</i>	22
Figura 7 <i>Variación de la superficie de cobertura de tierras (CUT)</i>	23
Figura 8 <i>Superficies de pérdida y ganancia totales entre los años 2018 y 2022</i>	24
Figura 9 <i>Mapa de pérdidas significativas</i>	25
Figura 10 <i>Matriz de confusión</i>	27

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Límite de coordenadas del proyecto</i>	13
Tabla 2 <i>Colección de datos NDVI descargados en el GEE</i>	15
Tabla 3 <i>Classification de umbrales</i>	16
Tabla 4 <i>Muestreo a partir de una población finita</i>	17
Tabla 5 <i>Índice de Kappa</i>	20
Tabla 6 <i>Total de superficies por umbrales</i>	23
Tabla 7 <i>Tamaño de Población a partir de pixeles</i>	26
Tabla 8 <i>Tamaño de muestra para el proyecto</i>	26
Tabla 9 <i>Valores de la fórmula del índice de Kappa</i>	28
Tabla 10 <i>Significado de los resultados del índice de Kappa</i>	28

Resumen

Las ciudades amazónicas peruanas están experimentando un aumento de su área urbana, a expensas de las áreas boscosas periféricas. En particular, la ciudad de Iquitos ha visto una reducción en sus áreas verdes en los últimos cuatro años. A pesar de esto, aún falta información sobre cómo ha cambiado la cobertura vegetal. Con el propósito de abordar esta situación, este informe de suficiencia profesional se enfoca en analizar los cambios en la cobertura vegetal de Iquitos entre los años 2018 y 2022. Se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) aplicado a datos espectrales capturados por el satélite Sentinel 2 MSI, se clasificó el NDVI en cinco categorías de umbrales; vegetación densa, alta vegetación, moderada vegetación, poca vegetación y sin vegetación. Del análisis de categorías de umbrales, se obtuvo que el principal cambio para el año 2022 es la pérdida de “vegetación densa”, disminuyendo del 31.4% al 6.7% dando una pérdida total de 1140 ha. Luego se validó la clasificación para el año 2022, con datos obtenidos en campo con tecnologías de Sistema de Procesamiento Global, e imágenes de alta resolución, dando como resultado mediante un análisis estadístico, que los datos obtenidos son sustanciales, de una alta confiabilidad. Finalmente se concluye que gran parte de la pérdida de superficie de cobertura vegetal en la ciudad de Iquitos y su área de influencia metropolitana, es por influencia del crecimiento de áreas urbanas.

Palabras clave: cobertura vegetal, ndvi, sentinel 2, Iquitos

Abstract

Peruvian Amazonian cities are experiencing an increase in their urban area at the expense of peripheral forested areas. In particular, the city of Iquitos has seen a reduction in its green areas in the last four years. Despite this, there is still a lack of information on how the vegetation cover has changed. With the purpose of addressing this situation, this professional sufficiency report focuses on analyzing the changes in the vegetation cover of Iquitos between the years 2018 and 2022. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) applied to spectral data captured by the Sentinel 2 MSI satellite, NDVI was classified into five threshold categories; dense vegetation, high vegetation, moderate vegetation, little vegetation and no vegetation. From the analysis of threshold categories, it was obtained that the main change for the year 2022 is the loss of "dense vegetation", decreasing from 31.4% to 6.7%, giving a total loss of 1140 ha. Then the classification for the year 2022 was validated, with data obtained in the field with Global Processing System technologies, and high-resolution images, resulting in a statistical analysis that the data obtained is substantial, with high reliability. Finally, it is concluded that a large part of the loss of vegetation cover in the city of Iquitos and its metropolitan area of influence is due to the growth of urban areas.

Keywords: vegetation cover, ndvi, sentinel 2, Iquitos

I. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe de suficiencia profesional tiene como finalidad presentar el recorrido del autor a lo largo de más de cinco años de experiencia desde la obtención del grado de bachiller en el año 2017. Con este fin, se ofrece el presente documento, el cual relata la experiencia del autor en el campo de la teledetección, y los sistemas de información geográfica, dando su aporte a la empresa ASULGIS consultores, en donde el autor desempeñó funciones como el de especialista en teledetección, analista de datos espaciales y encargado de la planificación y levantamiento de información en campo con el uso de estación total, Sistema de Procesamiento Global “GPS” y vuelo de vehículos no tripulados, siendo el proyecto “Evaluación del cambio de cobertura vegetal en Iquitos metropolitano por aumento de áreas urbanas en el periodo 2018 – 2022” el cual se eligió para esta modalidad.

Esto se debe a la necesidad de obtener información sobre la cuantificación del cambio de cobertura vegetal y el cambio del uso de la tierra “CUT” específico, así como de su distribución espacial, para tener pleno conocimiento de cuanta vegetación se está perdiendo a lo largo del tiempo por fenómenos antrópicos; como el aumento de áreas urbanas, y así, las autoridades que administran el territorio, puedan tomar decisiones en pro de la protección y conservación de los recursos naturales en la región amazónica de Iquitos.

Cabe resaltar que esta iniciativa es promovida por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, brindado al autor, asesoría técnica para el desarrollo de esta metodología en gabinete, y apoyo logístico para validación en campo, con lo que se logró un trabajo multidisciplinario, en conjunto con sus especialistas.

1.1 Trayectoria del autor

Luis Angel Ayala Meléndez, en adelante el autor, es egresado de la carrera de ingeniería ambiental de la universidad Nacional Federico Villarreal, siendo el año 2017, donde obtuvo el grado de bachiller. El autor cuenta con más de cinco años de experiencia, en temas de Teledetección y Sistema de Información Geográfica, trabajando para diferentes empresas privadas. También se desempeñó en el ámbito de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, se puede resumir la trayectoria del autor en las siguientes líneas:

- Entre los años 2016 y 2017 se desempeñó como practicante de Sistemas Integrados de Gestión, en la empresa América Móvil Perú S.A.C. “Claro” Las prácticas se basaron en elaborar documentos (procedimientos, instructivos, normativas, etc.) relacionados a Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Así como la participación en inspecciones y planificación del monitoreo ocupacional, en todos los locales a nivel nacional.
- Entre los años 2017 y 2018 el autor se desempeñó como, consultor SSOMA, en la empresa SST CONSULTORES S.A.C. En donde estuvo encargado de la implementación del sistema de “Seguridad, y Medio Ambiente” en el proyecto REYEMSA. Donde se encargaba de la capacitación del personal de la empresa, en temas de seguridad industrial y residuos peligrosos, encargado del seguimiento de la implementación del sistema de seguridad, y coordinador de las capacitaciones, monitoreo ocupacional, e inspecciones en Seguridad, Salud Ocupacional, y Medio Ambiente.
- Entre los años de 2018 al 2019, se desempeñó como consultor para la empresa ASULGIS Consultores S.A.C. en donde se encargó de la actualización y digitalización de data cartográfica en el proyecto HUNOS, caracterizando cuencas hidrográficas mediante el análisis en campo y posteriormente la actualización de la cartográfica digital.

- Desde el año 2019 hasta la actualidad, se desempeña como, Analista GIS, en la empresa ASULGIS Consultores S.A.C., en donde utiliza herramientas y técnicas de análisis espacial para extraer información relevante de los datos geográficos. Esto puede incluir la realización de análisis de proximidad para proyectos mineros, análisis de redes como rutas optimas, análisis de interpolación y predicción de datos a partir de toma de puntos de control en campo, análisis de patrones espaciales y análisis de correlación espacial, dependiendo de las necesidades del cliente. Participó en el servicio profesional para la “Evaluación del cambio de cobertura vegetal en Iquitos metropolitano por aumento de áreas urbanas en el periodo 2018 – 2022”, tanto en la parte de gabinete, como en la validación en campo.

1.2 Descripción de la empresa

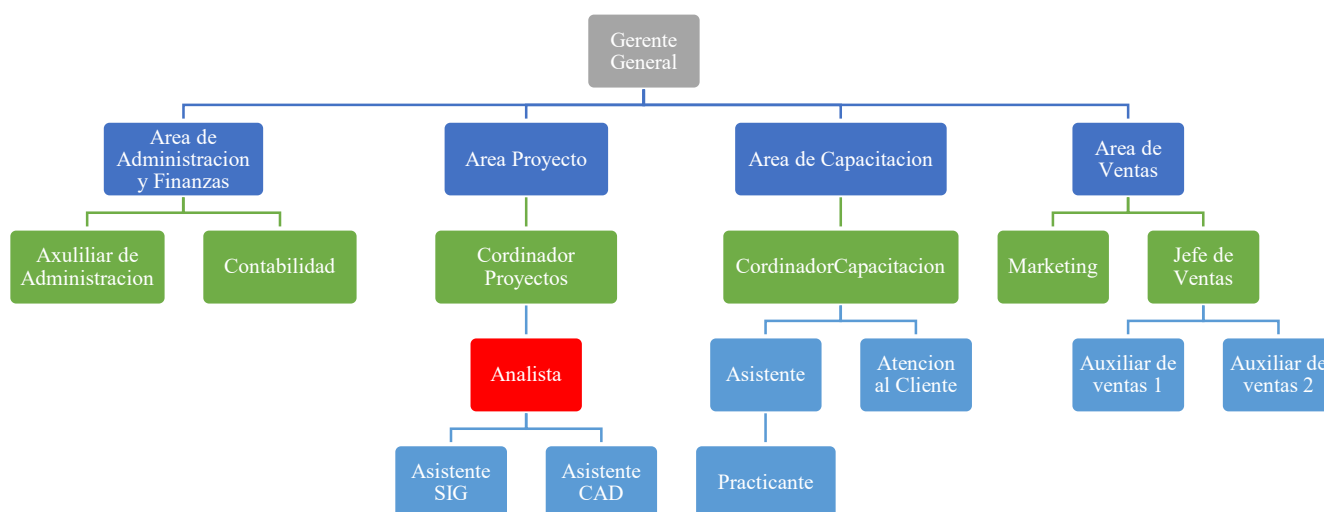
ASULGIS CONSULTORES S.A.C es una empresa líder en el campo de los servicios de Sistema de Información Geográfica (SIG), y actividades de ingeniería. Desde su fundación en el año 2018 en Perú, la empresa se ha especializado en ofrecer soluciones integrales en SIG, destacándose en servicios como levantamiento de puntos de control, mediante vuelos aéreos no tripulados (RPAS), procesamiento de imágenes de satélite y la elaboración de cartografía base para diversos proyectos. El éxito de ASULGIS CONSULTORES S.A.C se debe en gran medida a su equipo humano altamente capacitado y especializado. El equipo está conformado por ingenieros, bachilleres y técnicos especialistas, que poseen amplia experiencia en el campo de los SIG. Su eficiencia y alto desempeño laboral garantizan resultados óptimos en cada uno de los servicios que brindan tanto a entidades públicas como privadas. ASULGIS CONSULTORES S.A.C también ofrece asesoramiento especializado en la implementación de sistemas de información geográfica,

garantizando una correcta gestión y análisis de los datos geospaciales para la toma de decisiones estratégicas.

1.3 Organigrama de la empresa

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota. Fuente página web www.asulgis.com

1.4 Áreas y funciones desempeñadas

El autor ingreso a la empresa ASULGIS CONSULTORES SAC en el año 2019 desarrollándose en el área de sistema de información geográfica y teledetección participando en trabajos de campo como de gabinete en el desarrollo de planos topográficos, mapas temáticos y procesamiento de datos cartográficos. A continuación, un breve resumen de las áreas desarrolladas hasta llegar a dicha empresa.

- Encargado de la creación y gestión de bases de datos geográficas. En donde se incluye la creación de esquemas de bases de datos, el diseño de modelos de datos espaciales, la gestión de metadatos y la integración de datos provenientes de diferentes fuentes de acuerdo a las necesidades del cliente. Como por ejemplo la actualización de cartografía análoga como lo son los mapas impresos o pasivos fotográficos pasados a formatos digitales como mapas y archivos subidos a la nube.

- Participación en el proyecto de recuperación de áreas forestales degradadas como compensación eco sistémica por actividades realizadas en la línea de transmisión Carhuaquero - Cajamarca norte - Caclic - Moyobamba, específicamente en las comunidades campesinas de María y Tingo en Amazonas, desempeñando un papel fundamental en la digitalización de la información geográfica, y creación de 60 mapas temáticos que sirvieron como información base detallada de la cantidad de pérdida de cobertura vegetal del área del proyecto, así como la entrega de estadística detallada en informes finales técnicos.

- Especialista en uso y procesamiento de imágenes satelitales en ASULGIS CONSULTORES SAC, identificando las necesidades del proyecto y selecciona las imágenes satelitales más adecuadas para cumplir con los objetivos establecidos. Esto implica evaluar la disponibilidad de datos, la resolución espacial y espectral, así como los productos derivados ofrecidos por los proveedores de imágenes satelitales. Tales como georreferenciación de datos raster, creación de modelos con la herramienta model builder, y asesoramiento en metodologías para hallar cambios de coberturas (vegetación, hielo y cuerpos de agua).

- Encargado en el área de desarrollo y capacitación en software de sistema de información geográfica y teledetección ambiental, software como; ArcGIS, Envi, y software GIS libre.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

En el siguiente apartado el autor describirá la actividad de servicio profesional para la “Evaluación del cambio de cobertura vegetal en Iquitos metropolitano por aumento de áreas urbanas en el periodo 2018 – 2022” en el cual tuvo como participación como especialista en Sistema de información Geográfica y Teledetección.

2.1 Antecedentes

Según Delgado (2018) en su investigación utilizó los sistemas de información geográfica, visitas a campo, y cartografía participativa con la población de la comunidad campesina de Corosha, para evaluar los procesos de cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del Área de Conservación Privada (ACP) Comunal Hierba Buena-Allpayacku y su área circundante, Bongará, Amazonas. Asimismo, el autor determinó que en 1989 el territorio del ACP tenía el 78,2 % de superficie ocupada por bosque montano, lo que aumentó a 79,5 % para el 2003 y 79,89 % para el 2017. En tanto al área circundante el 55,89 % de superficie ocupada por el bosque montano en 1989 disminuye a 55,82 % para el año 2017. El autor demostró, que el cambio de cobertura vegetal natural es casi nulo dentro del ACP, este disminuye en su área circundante, generando fuertes presiones al ACP y a la biodiversidad asociada a este ecosistema.

En la investigación de Alegre realizada en el año 2017, evaluó el cambio en la cobertura vegetal del suelo de la provincia de Yauyos mediante el análisis multitemporal a través de datos satelitales. Obteniendo que la pérdida de cobertura vegetal se ha dado de manera negativa, con 39 492,3 ha, (10,5 % de la superficie total) desde los años 1997 al 2017. Concluyendo que la pérdida de la vegetación fue considerada como irrecuperable, ya que se necesita de varios años para el desarrollo de estos tipos de vegetación.

Según Murillo (2017) en su investigación, realizó un análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales Landsat, utilizando la metodología Corine land cover, propuesta por el Ministerio de Ambiente. El autor, identificó las siguientes categorías de cobertura: tejido urbano continuo, cultivos transitorios, pastos, bosques plantados, herbazal, arbustal, herbazal-arbustal y afloramiento rocoso. Así mismo, determinó que las diferentes clases de cobertura que conforman el paisaje del distrito de Llacanora, cambian en su cobertura en una extensión de 1 717,12 ha, equivalente al 33,52 % del área distrital; mientras que 3 405,26 ha permanece sin cambio con un 66,48 %.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Analizar el cambio de cobertura vegetal en Iquitos metropolitano por aumento de áreas urbanas en el periodo 2018 – 2022

2.2.2 Objetivos específicos

- Descarga y procesamiento de información cartográfica y satelital de la zona de estudio para los años 2018 y 2022 del satélite Sentinel 2 MSI,
- Clasificación de la cobertura vegetal mediante el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) utilizando la técnica de umbrales estratificados.
- Validación de la clasificación por umbrales para el año 2022.
- Análisis de cambio y cuantificación de confianza mediante índices estadísticos.

2.3 Justificación

Técnicamente, el aporte del siguiente informe, le sirve como información preliminar y de línea base al “IIAP”, por lo que esta información del comportamiento de cambio de la cobertura vegetal, y su distribución a través del tiempo, es fundamental para posteriormente generar modelos de predicción de pérdidas de cobertura por presencia antrópica en años futuros, esto como parte de su función como Instituto de investigación científica, de los recursos amazónicos de nuestro país.

Sin lugar a dudas, la expansión urbana es uno de los factores más importantes e influyentes en el retroceso de cobertura vegetal y remoción de suelos en la ciudad de Iquitos. Sin embargo, es de muy poco conocimiento, por la falta de información que existe sobre el tema. En este sentido, el presente informe busca generar un impacto en la población de concientización, sobre el papel que ellos tienen en la preservación de los recursos naturales de su ciudad.

Político institucional, el siguiente informe, aporta información detallada, a las personas encargadas de tomar decisiones (representantes regionales, alcaldes provinciales y distritales), que desconocen del grado de afectación que viene sufriendo el área vegetal de la ciudad y su área de influencia metropolitana, y posiblemente será un precedente para la toma de cartas en asuntos para detener o amortiguar la degradación parcial o total, del bosque de esta ciudad amazónica.

2.4 Bases teóricas

2.4.1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Es una institución de característica pública, adscrita al Ministerio del Ambiente, en donde se promueve la investigación y la corroboración in situ de los recursos naturales de la Amazonía de nuestro país, siguiendo los lineamientos del método científico el instinto cubre las necesidades de obtención de información

acerca de los pueblos originarios, sus costumbres y legado, promoviendo una armonía entre la participación de las comunidades indígenas y las nuevas tecnologías en las regiones amazónicas. (IIAP, 2021)

2.4.2 Teledetección

De manera general la teledetección, significa adquirir información sin estar en contacto con esta, sin embargo, se entiende como el análisis y captura de imágenes digitales tomadas de satélites artificiales. Los inicios de la teledetección están dados en los años 1960, siendo el precursor los viajes espaciales, el uso militar, luego se dio para el uso civil; conforme el paso de los años hasta la actualidad se demostró un gran avance y una mejora de la calidad de los productos gracias a los sensores (Perez & Muñoz, 2006).

2.4.3 Espectro electromagnético

Según (Chuvienco, 1995, p, 48), el espectro electromagnético es *“La organización de las bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina espectro electro magnético. Comprende, en un continuo, desde las longitudes de ondas más cortas (rayos gamma, rayos X), hasta kilómetros (Telecomunicaciones)”*.

2.4.4 Imágenes de satélite

Las imágenes de satélite son el producto de la captura del espectro electro electromagnético expulsada de la superficie terrestre, capturados por el sensor de un determinado satélite. Hay infinidad de imágenes de satélite las cuales son utilizadas para distintos propósitos de acuerdo a sus características como; los colores, la elevación, profundidad, y el tamaño de pixel, todas estas características dependen del tamaño y la calidad del sensor. La resolución y calidad de las

imágenes de satélite, depende de las condiciones climáticas y el tiempo en cuando han sido capturadas. (Sánchez, 2012).

2.4.5 Sentinel MSI

Las imágenes de satélite Sentinel-2, están conformada por dos satélites gemelos que se encuentran en la misma órbita, las cuales han sido diseñados para emitir una frecuencia cada cinco días al nivel ecuatorial. “El satélite Sentinel-2A se lanzó al espacio el 23 de junio de 2015 y el Sentinel-2B el 7 de marzo de 2017”. (ESA, 2012, p, 5).

2.4.6 NDVI

El Índice de vegetación de diferencia normalizada “NDVI” es el cálculo de fórmula matemática que incluye las restas del infrarrojo cercano con la banda roja, dividido por la suma de ambas bandas espectrales, y se reflejan en valores que van desde el rango del -1 al +1. (Rouse et al., 1973)

2.4.7 Clasificación de coberturas

La característica principal de la clasificación de imágenes, es la discriminación de una característica de la imagen, como por ejemplo la detección de una firma espectral de las clases de cobertura de la tierra. La cual se logra mediante la interpretación asistida por computadora de una imagen tomada a distancia (Velásquez, 2002). Por otro lado Melo y Camacho (2005) indican que: *“La clasificación establece la identidad de las superficies u objetos delineados por la interpretación. En el caso de objetos directamente reconocibles, la clasificación puede ser hecha por la naturaleza misma de los objetos (casas, carreteras, canales, ríos, árboles, detalles geomorfológicos)”*.

2.4.8 cobertura vegetal

Se entiende por cobertura vegetal, a la gran biomasa vegetal que contiene la tierra, la cual tiene características similares en estratos geográficos bien definidos que pueden ser desde objetos de estudios pequeños, hasta de mayor dimensión, como por ejemplo desde los pastizales hasta los grandes bosques naturales (GARCIA, 2008).

2.4.9 Cambio de cobertura vegetal

La observación permanente de parcelas, es la forma más eficaz de demostrar variación de la vegetación, mediante la delimitación y mapeo se evalúan individuos en intervalos de tiempo. La frecuencia de la observación se determina a través de la edad relativa de las especies y la tasa de cambio. A veces las razones del mayor cambio, no pueden ser muy claras, por lo que se necesita un estudio prolongado de la causal de la ecología del cambio de vegetación.

Como se reproducen las plantas depende de la dispersión y la germinación de las semillas. Ya que son las principales variables que se necesita estudiar, para saber las causas del cambio de vegetación. Sin embargo; hay ciertos factores que limitan la observación constante del cambio, como, por ejemplo; la corta vida del observador, la falta de precisión en los registros, la falta de datos, y la poca continuidad en la observación, esto debido a que la vida del observador es corta, en relación al tiempo que demora la vegetación en presentar cambios significativos (Burrows, 1990).

2.4.10 GPS

El Sistema de Posicionamiento global fue creado por la necesidad de contar con un sistema que brinde de forma precisa y en tiempo real, la posición de un objeto en la tierra a través de los satélites y un sistema de coordenadas. Cabe resaltar que ahora se le brinda muchas aplicaciones,

pero su creación fue impulsada para realizar objetivos militares por el departamento de Defensa de los Estados Unidos, (Pozo-Ruz et al., 2000).

2.4.11 Google Earth Engine

La plataforma de Google Earth Engine “GEE” es una de las herramientas más potentes disponibles de forma gratuita hoy en día, gracias a su combinación de la disponibilidad de datos de colecciones de distintos satélites, en conjunto con el uso de códigos de lenguaje de programación, le permite al usuario final obtener datos en tiempo real, hacer filtros, colección de datos y te permite descargarlos con tan solo contar con una cuenta en google, y lo mejor de todo es que no necesitas ser un programador profesional para ingresar la sintaxis de código, ya que la misma plataforma te brinda distintos códigos ya realizados y probados. (Gorelick et al., 2017).

2.5 Descripción del proyecto

2.5.1 *Ámbito Temporal y espacial*

Ámbito Temporal.

Las etapas del proyecto se realizaron en tres meses, de mayo a Julio del 2022.

Ámbito especial.

El presente informe se realizó en la ciudad de Iquitos, la cual está ubicada en la región de Loreto, en el noreste de Perú. geográficamente, se encuentra en la selva amazónica, cerca de la confluencia de los ríos Amazonas, Nanay y Itaya. Iquitos es la capital de la provincia de Maynas y se sitúa aproximadamente a 125 kilómetros al sur de la frontera con Colombia.

2.5.2 *Ubicación*

Para fines prácticos del desarrollo del presente informe, se ha realizado una delimitación del área del proyecto (Figura 2), que toma como referencia a la ciudad de Iquitos y área de influencia metropolitana, la cual queda definida entre las siguientes coordenadas:

Tabla 1

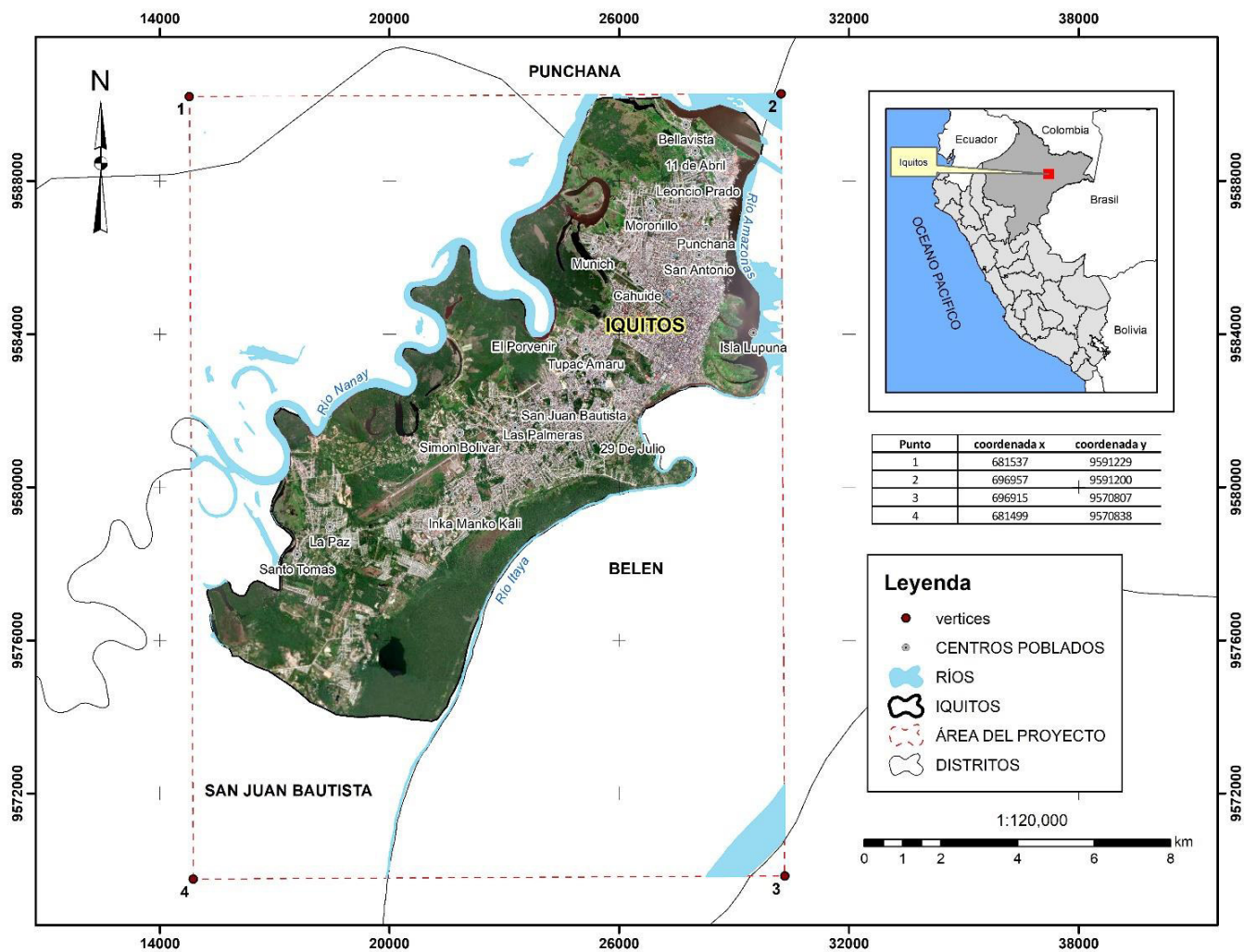
Límite de coordenadas del proyecto

Puntos	Coordenada x	Coordenada y
1	681537	9591229
2	696956	9591199
3	696915	9570806
4	681498	9570838

Nota: los puntos se encuentran en el sistema de referencia WGS84, Proyección UTM – Zona 18S.

Figura 2

Mapa de ubicación del área del proyecto



Nota: Los puntos (1,2,3, y 4) encierran el área del proyecto, estos puntos se encuentran en el sistema de coordenadas UTM

2.6 Metodología

El siguiente informe se desarrolló tanto en etapas de gabinete y de campo las cuales se detallan a continuación:

2.6.1 *Recopilación y procesamiento de información cartográfica y satelital de la zona del proyecto.*

El desarrollo del procesamiento y recopilación de información cartográfica y de satélite del siguiente informe, se realizó a través de la interfaz del Software Google Earth Engine, desde la sección de lectura de código, y con la ayuda de una sintaxis de programación, se descargó la colección de datos de NDVI del sensor Sentinel-2 MSI, para los años 2018 y 2022 respectivamente. Todos estos datos han sido tomados de acuerdo al área de proyecto, con un filtro de cantidad de nubes del 10% y se tomó solo la imagen con mejores píxeles.

Tabla 2

Colección de datos NDVI descargados en el GEE

Sensor	colección	periodo	dato
Sentinel-2 MSI	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED	01/01/2018 – 31/12/2018	NDVI
Sentinel-2 MSI	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED	01/01/2022 – 31/12/2022	NDVI

2.6.2 *Clasificación del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).*

El NDVI se calculó utilizando los datos del satélite Sentinel- 2 MSI. Se aplicó la siguiente fórmula: $NDVI = (ICR - R) / (ICR + R)$, donde el valor de ICR representa la banda ocho correspondiente al infrarrojo cercano, y R representa la banda cuatro, que corresponde a la banda roja. Luego de tener como producto dos capas raster de NDVI para los años 2018 y 2022, se realizó la clasificación de umbrales del NDVI en cinco categorías, las cuales se detalla a continuación:

- Sin vegetación: corresponde a cuerpos de agua, áreas erosionadas, áreas construidas, y arena.
- Poca vegetación: corresponde a pastizales y cultivos.
- Moderada vegetación: Corresponde a áreas con vegetación arbustiva.
- Alta vegetación: Corresponde a áreas con una vegetación de árboles medianos junto con arbustos.
- Vegetación Densa: Corresponde a áreas con una vegetación de árboles de gran tamaño y juntos.

Tabla 3*Classification de umbrales*

umbral	Rango	Descripción
1	-1 a 0.1	Sin vegetación
2	0.1 a 0.25	Poca vegetación
3	0.25 a 0.35	Moderada vegetación
4	0.35 a 0.45	Alta vegetación
5	0.45 a 1	Vegetación densa

Nota: los umbrales se encuentran en valores de NDVI, que van desde el -1 al 1.

2.6.3 Validación de la clasificación del NDVI.

Se calculó la cantidad de lugares a muestrear utilizando la formula estadística de muestreo a partir de una población finita, el tipo de muestreo fue aleatorio estratificado, en donde cada estrato corresponde a una categoría de cobertura vegetal.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Tabla 4

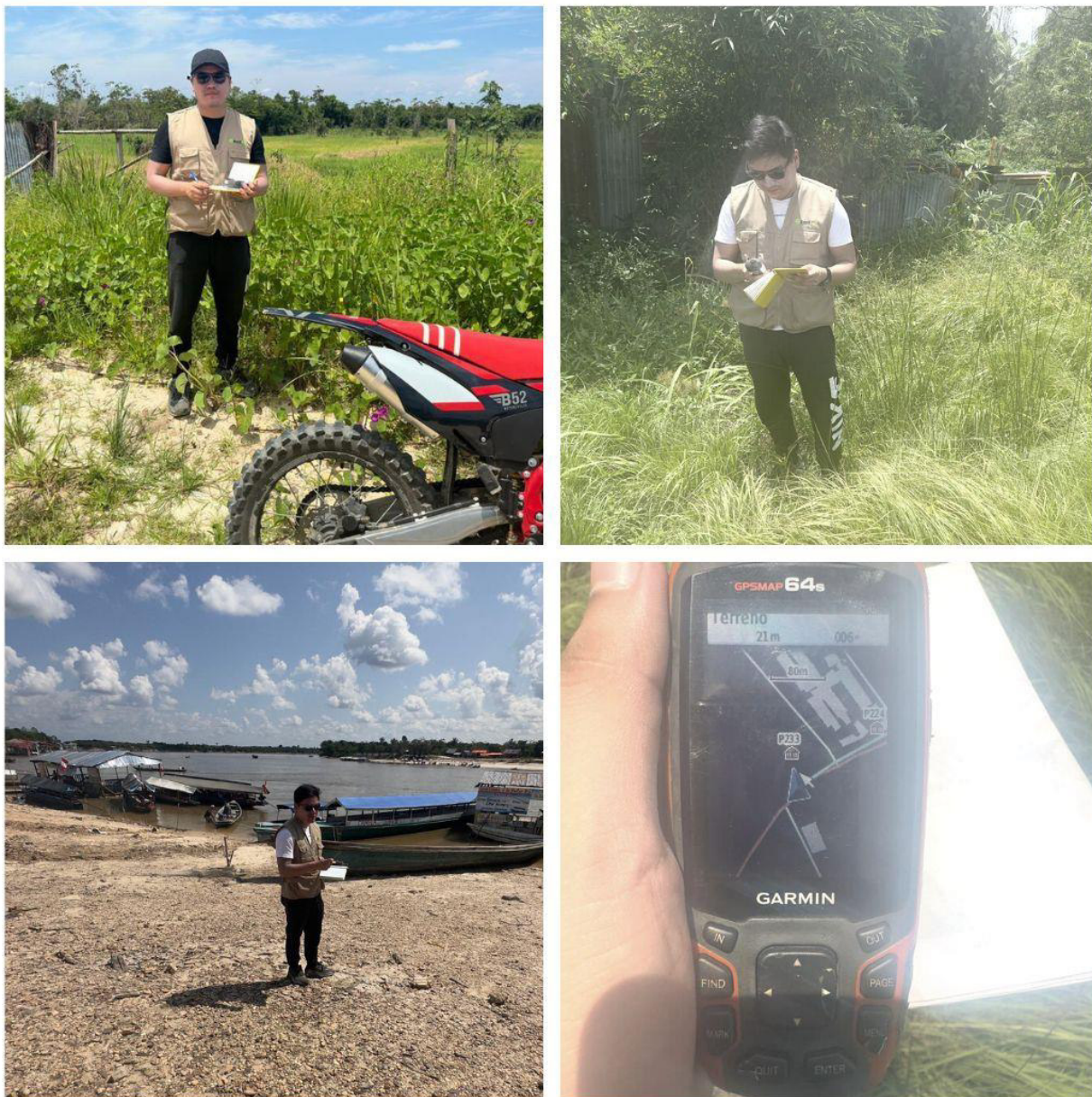
Muestreo a partir de una población finita

N = tamaño de la población
Z = nivel de confianza
p = probabilidad a favor
e = margen de error deseado
n = tamaño de muestra

La clasificación del NDVI se validó para el año 2022 con puntos de control tomados en campo con la ayuda del GPS Garmin GPS Map 64s. y libreta de campo en donde el autor anotaba la descripción de la vegetación de acuerdo a los umbrales establecidos.

Figura 3

Collage de fotos de toma de puntos en campo

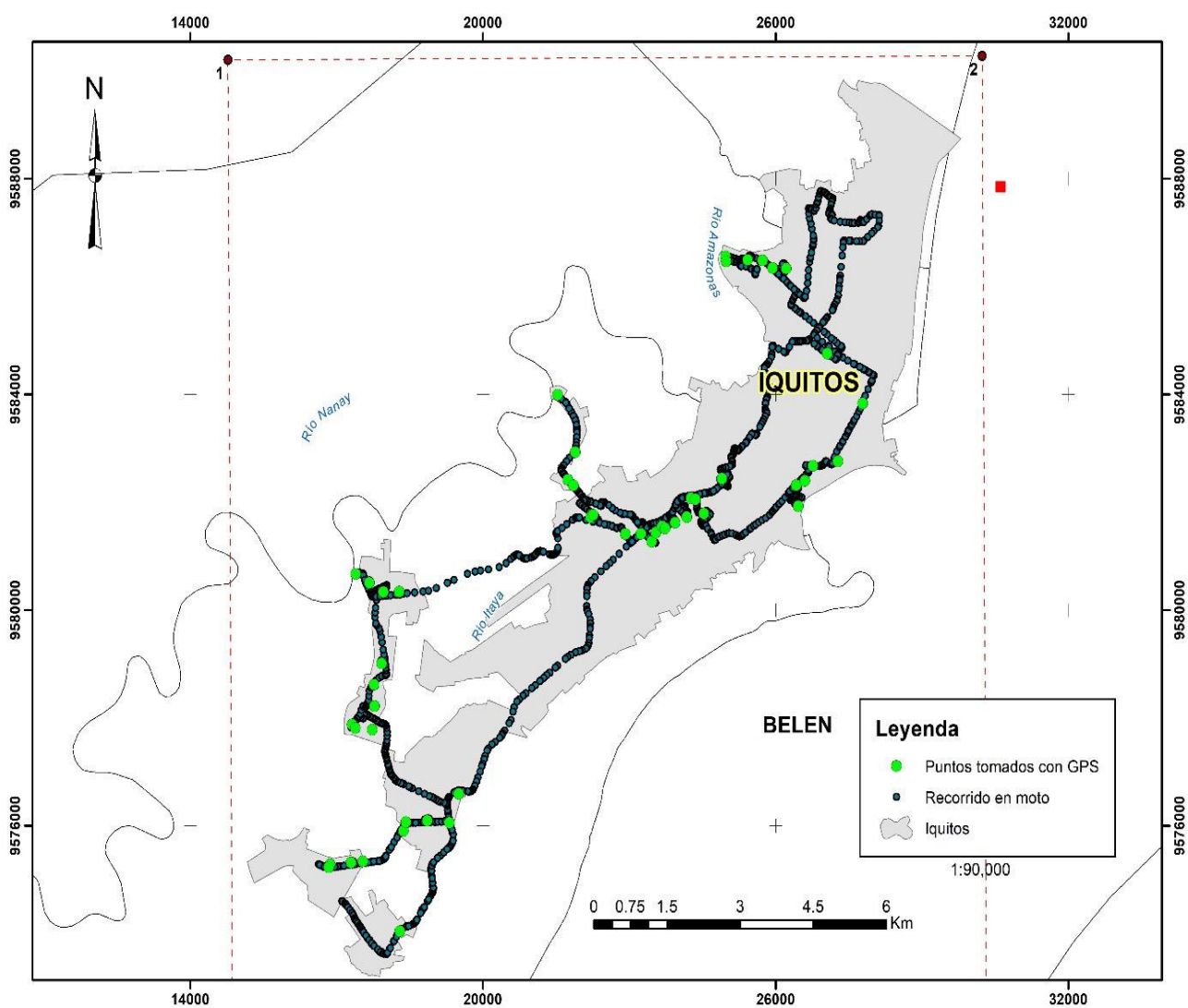


Nota: las tomas de puntos en campos se realizaron en nueve días

Para llegar a los puntos ubicados en diferentes estratos y sectores el autor tuvo que viajar a lo largo del área de estudio en una moto lineal. Se registraron 25 puntos en promedio por día.

Figura 4

Mapa de recorrido del GPS y toma de puntos en campo.



Nota: el recorrido se hizo con una moto lineal y un GPS Garmin Map 64s.

Luego para los puntos que se encontraban en zonas de difícil acceso, se tuvo que utilizar la ayuda de imágenes de alta resolución actualizadas a Julio del 2022 del programa Google Earth Pro. Se validó la clasificación aplicando el índice de Kappa, el cual permite medir la concordancia y evaluó la precisión de los resultados de una clasificación obtenida a través del procesamiento de imágenes de satélite.

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

Tabla 5

Índice de Kappa

Po	Porción de acuerdos observados
Pe	Porción de acuerdos esperados en la hipótesis de independencia entre los observadores
K	La porción de coincidencia observada más allá del azar

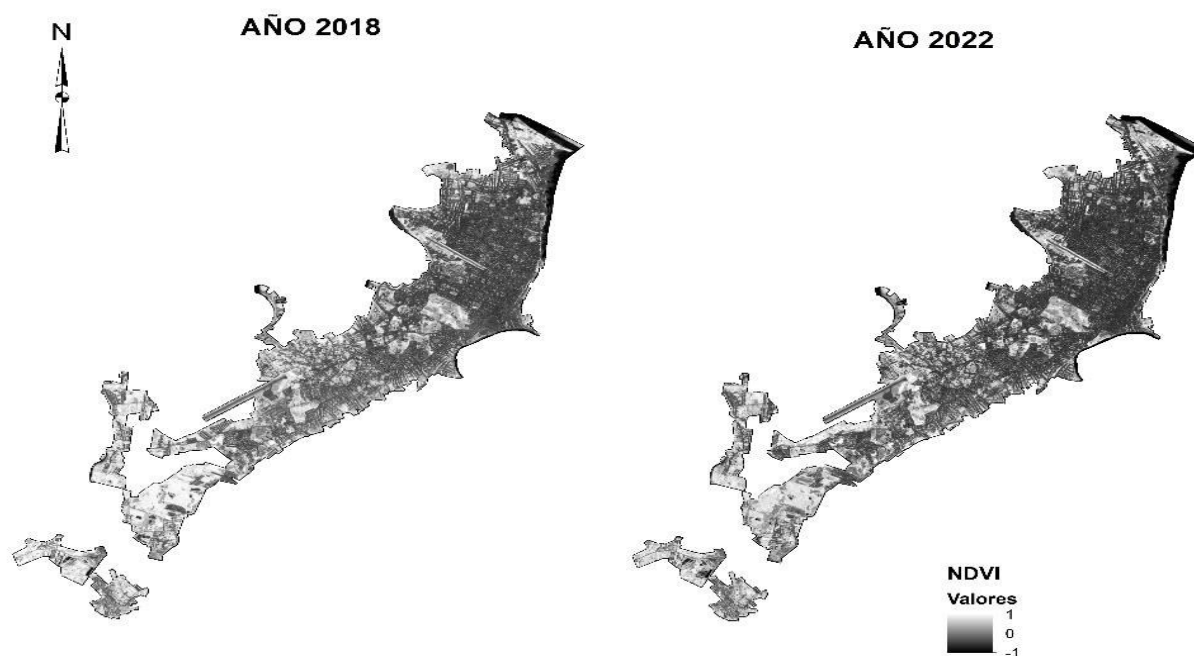
2.7 Resultados

2.7.1 Resultados de descarga y procesamiento del NDVI desde GEE

Al aplicar la sintaxis de programación, nos dio como resultado el NDVI con los mejores píxeles para los años 2018 y 2022, también el programa hace un filtro de nubes menores al 10% (Figura 5).

Figura 5

NDVI descargado desde la plataforma de GEE



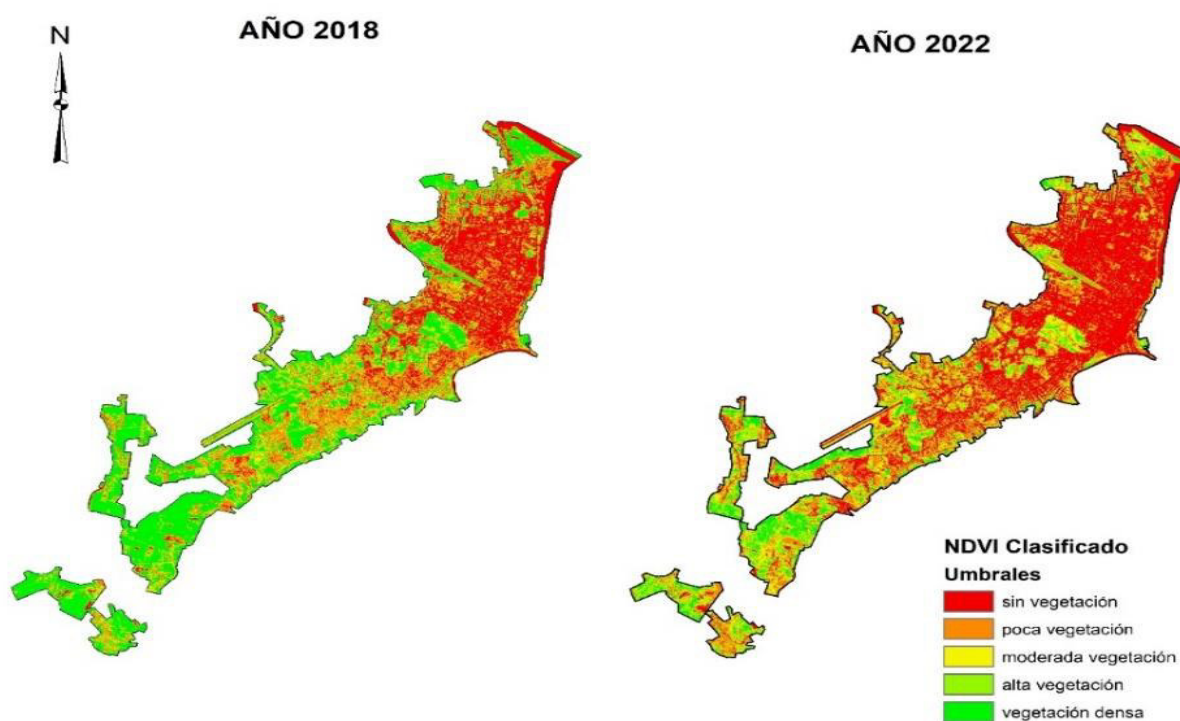
Nota: Los valores de NDVI se encuentran desde el -1 al 1

2.7.2 Resultados de la clasificación por umbrales

El área total evaluada del proyecto es de 4772.6 ha, y de acuerdo con la aplicación de la clasificación se determinó, cinco umbrales: sin vegetación, poca vegetación, moderada vegetación, alta vegetación, y vegetación densa.

Figura 6

clasificación del NDVI por umbrales para los años 2018 y 2022

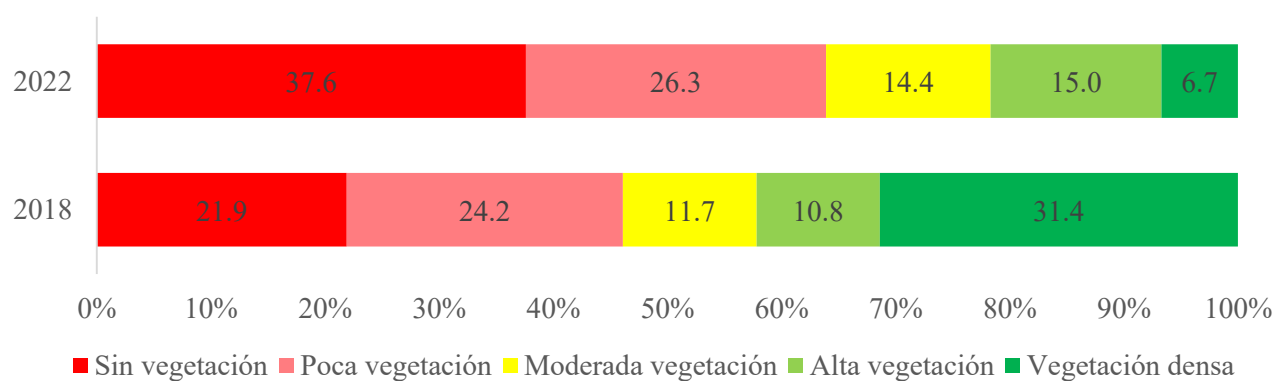


En el año 2018 el umbral con mayor superficie fue el de “vegetación densa” con 1496 ha, pero para el año 2022 la superficie con mayor tamaño es el umbral “sin vegetación” con 1794.8 ha. (Tabla 6).

Tabla 6*Total de superficies por umbrales*

	Superficie ha	Superficie ha
Umbrales	2018	2022
Sin vegetación	1045.8	1794.8
Poca vegetación	1156.6	1256.2
Moderada vegetación	560.3	686.9
Alta vegetación	513.4	717.0
Vegetación densa	1496.4	317.6
Total (ha)	4772.6	4772.6

De igual manera los resultados detallan que la categoría “vegetación densa” ha sufrido la mayor cantidad de pérdida, pasando del 31.4% en el 2018 a 6.7 % de superficie para el año 2022, caso contrario, se refleja umbrales “sin vegetación” que registran aumentos de 21.9% a 37.6% entre el año 2018 al 2022 (figura 7).

Figura 7*Variación de la superficie de cobertura de tierras (CUT)*

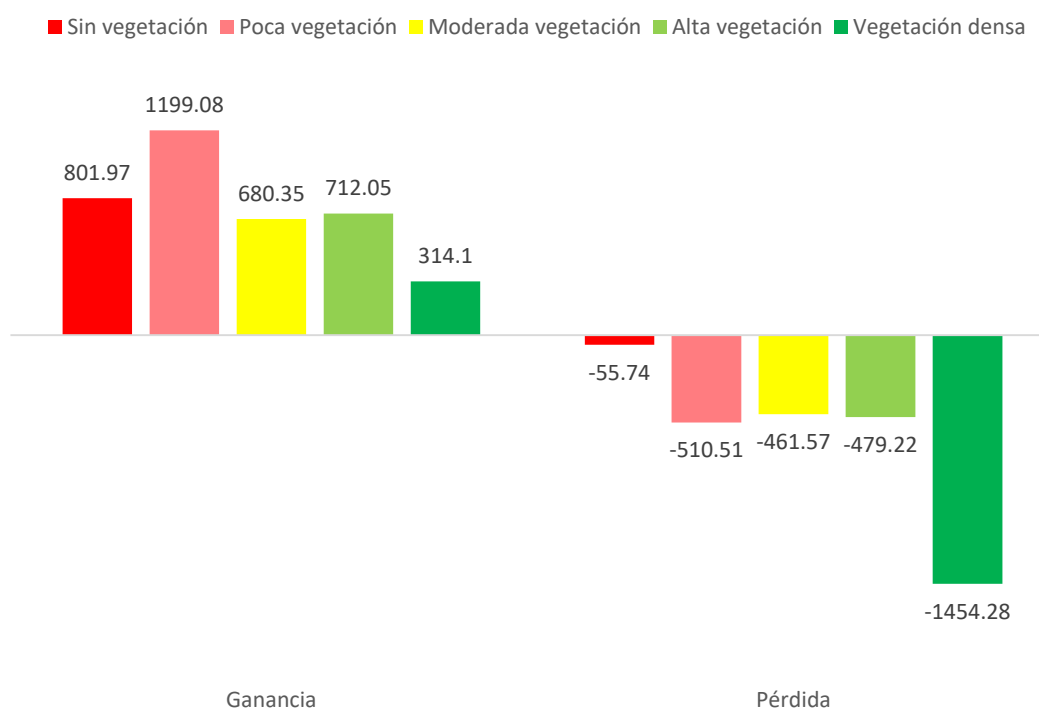
Nota: Los CUT fueron obtenidos de la clasificación NDVI para los años 2018 y 2022, su superficie se encuentra porcentajes.

2.7.3 Dinámica de cambios (ganancias y pérdidas)

Así mismo se pudo calcular las ganancias y pérdidas de superficie por categoría totales en hectáreas. Según la (Figura 8). El umbral que ganó mayor superficie fue “poca vegetación” con una ganancia de 1199.08 ha, y el que obtuvo mayor pérdida fue “vegetación densa” con una pérdida de 1454.28 ha. También se puede hallar la ganancia o pérdida total realizando una suma y resta de ambos valores, como, por ejemplo, se resuelve que el umbral “Vegetación densa” obtuvo una pérdida total de 1140 ha de superficie.

Figura 8

Superficies de perdida y ganancia totales entre los años 2018 y 2022



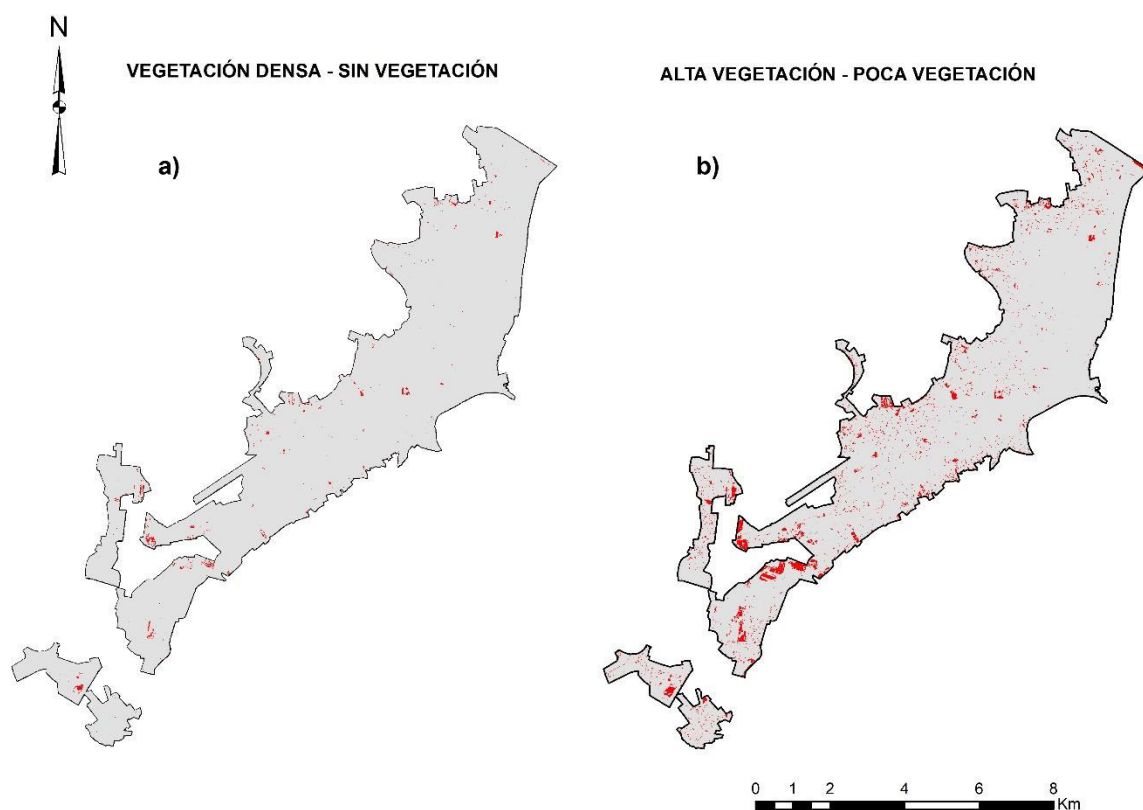
Nota: la figura refleja la dinámica de cambio totales por categorías en hectáreas

2.7.4 Pérdidas significativas

Existen cambios significativos en los resultados, como por ejemplo el cambio del umbral “vegetación densa” hacia “sin vegetación”, esto quiere decir que el bosque denso ha perdido 34.7 ha y ha pasado a ser en su mayoría zonas construidas. Por otro lado, se refleja significativa de 210.95 ha de “alta vegetación” que han pasado a ser “poca vegetación”; esto concluye que ahora son cultivos y pastos de menor tamaño. (figura 9).

Figura 9

Mapa de pérdidas significativas



Nota: a) expresa el cambio de vegetación densa a sin vegetación; b) refleja el cambio de poca vegetación a sin vegetación

2.7.5 *Calculo de puntos tomados en campo*

Luego de haber obtenido los umbrales de la clasificación para el NDVI, se validó la clasificación para el año 2022, mediante la fórmula muestreo a partir de una población finita se determinó que son 230 puntos de validación, que se tomaron en campo en distintos estratos.

Tabla 7

Tamaño de Población a partir de pixeles

<i>Categoría NDVI</i>	<i>Número de pixeles</i>	<i>Proporción categoría</i>	<i># muestras x estrato</i>
1	12284	0.03	10
2	167363	0.35	59
3	95232	0.20	77
4	130278	0.27	30
5	68621	0.14	54
	473778	1.00	230
<i>Población</i>	52642		

Nota: Adaptada de la fórmula de caculo de muestra a partir de una población finita

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Tabla 8

Tamaño de muestra para el proyecto

<i>N = tamaño de la población</i>	52642
<i>Z=Nivel de confianza</i>	1.96
<i>p=probabilidad a favor</i>	0.5
<i>e=margen de error deseado</i>	0.05
<i>n = tamaño de muestra</i>	230

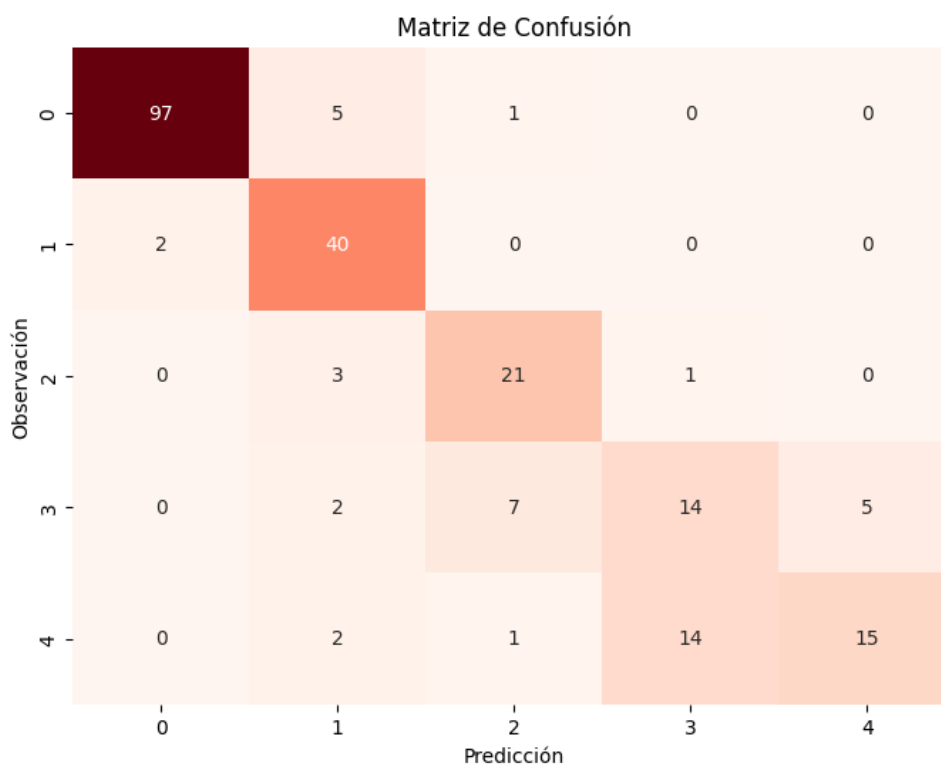
Nota: El número de muestra nos indica que son 230 puntos a tomar en campo para la validación de la clasificación

2.7.6 Índice de Kappa

El siguiente paso, luego de tomar los 230 puntos en campo, se reemplaza los valores en una tabla de doble entrada (figura 10). En donde refleja los valores de NVDI tomados por los umbrales de la clasificación para el año 2022, versus los valores del NDVI clasificado y validados en campo, de esta matriz se puede concluir que 97 puntos que fueron umbrales “sin vegetación” se mantienen, otro valor significativo son los 40 puntos que se mantienen en “poca vegetación”.

Figura 10

Matriz de confusión



2.7.7 Valor de la validación

Reemplazamos los valores en la fórmula del índice de Kappa y se obtuvo un valor de 74%, concluyendo según (Abraira, 2001) que nuestra validación en campo es “sustancial” (tabla10). Que nuestros datos tomados en campo y con imágenes de alta resolución son altamente confiables.

Tabla 9

Valores de la fórmula del índice de Kappa

<i>N</i>	230	$\kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$
<i>P_o</i>	0.81304348	
<i>P_e</i>	0.27567108	
<i>k</i>	0.74189002	

Tabla 10

Significado de los resultados del índice de Kappa

Kappa (κ)	Grado de acuerdo
< 0,00	Sin acuerdo
0,00-0,20	Insignificante
0,21-0,40	Mediano
0,41-0,60	Moderado
0,61-0,80	Sustancial
0,81-1,00	Casi perfecto

Nota: Fuente (Abraria, 2000).

III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA EMPRESA

El aporte más destacado a la empresa ASULGIS consultores es, la reducción de costos de operación, antes de ingresar a la empresa se necesitaba de dos personas, que realicen la descarga y procesamiento de información cartográfica en gabinete previo a salir a campo, esta labor normalmente por proyecto, tomaba un lapso de una semana. Gracias a la implementación de uso de códigos de programación, se logró automatizar estos dos procesos, y se disminuyó a una persona que realiza el proceso en tan solo un día, esto le permite a la empresa un ahorrar dinero.

Por otro lado, el uso de la estadística, como parte de los procesos de validación, es uno de mis aportes en la empresa, estas técnicas nos brindan un respaldo a nuestro trabajo, tanto en la etapa de gabinete como en campo, y nos brinda la posibilidad de explicar de una forma más amigable y precisa que tan confiable es la información que le brindamos a los clientes.

Otro aporte que vale la pena destacar es, la implementación nuevos productos y servicios, lideré el equipo de capacitación y asesorías en software de sistema de información geográfica y teledetección como lo son ArcGIS, Qgis y Envi. Este servicio es destinado a alumnos y empresas que quieren aprender las técnicas que utilizamos día a día en nuestros trabajos de consultorías. El área de capacitaciones, es el departamento que más ha crecido en los últimos dos años en la empresa.

IV. CONCLUSIONES

En resumen, el siguiente informe concluye: el incremento de áreas urbanas, brinda una influencia negativa, hacia la cobertura vegetal de la ciudad de Iquitos, y su área de influencia metropolitana, entre los años 2018 al 2022, según los resultados obtenidos en gabinete y validados en campo.

Por otro lado, gracias al presente informe se deduce, que la descarga y procesamiento de información cartográfica y satelital, del Satélite Sentinel 2 MSI, en formato de NDVI, en la plataforma del programa de Google Earth Engine, es precisa y eficiente, ya que simplifica y acorta el tiempo de obtención de productos, gracias a su gran capacidad y velocidad de procesamiento.

También se infiere, que la técnica de clasificación del NDVI, por umbrales estratificados, reflejan con gran exactitud las áreas de evaluación del proyecto, ya que, al momento de hacer la validación en campo, la mayoría de puntos de control coincidían con la clasificación hecha en gabinete. Así mismo, los resultados de este informe, son confiables, esto se deduce, gracias a la prueba estadística del índice de kappa, la cual nos indica que los resultados, son de tipo “sustancial”.

Por último, El cambio de cobertura vegetal por aumento de áreas urbanas, es un desafío el cual no podemos dejar de lado ni postergar. Los recursos como los bosques son finitos, y depende de las decisiones que tomamos el día de hoy, las cuales van afectar a las generaciones futuras. La toma de conciencia de todos en conjunto como sociedad, es un factor fundamental para abordar este problema, y cambiar el rumbo del futuro, con respecto a una convivencia en armonía entre la presencia antrópica y el medio ambiente.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades encargadas de la protección de la biodiversidad y recursos naturales de la ciudad de Iquitos, tomar cartas en el asunto de carácter urgente, promoviendo proyectos de “construcción sostenible”, la disminución de la cobertura vegetal a causa del crecimiento poblacional va seguir en aumento, y puede llegar a la pérdida completa de los servicios ecosistémicos, que brindan estas áreas de bosque, esto puede llegar a generar una pérdida irremediable en nuestra amazonia.
- Para la descarga y procesamiento de información de información: se recomienda revisar sección de lectura de códigos del software GEE, en donde la plataforma te brinda una serie de sintaxis de programación abiertas al público, la cual va permitir al usuario final, ahorrar una gran cantidad de tiempo de descarga y procesamiento de la información.
- Para la clasificación de los umbrales: Es necesario tener pleno conocimiento del área del proyecto, de lo contrario, es recomendable hacer una visita previa a campo, con puntos aleatorios para cada estrato y así lograr una buena identificación de categorías, generalmente la división de estos rangos, son únicos e irrepetibles para cada caso. Se tiene que verificar si la clasificación hecha por el software describe lo que se ve en campo, de lo contrario se ajusta los decimales, hasta llegar al umbral más adecuado.
- Para la validación en campo: Es recomendable realizar una planificación antes de salir a campo, por ejemplo: hacer una ruta de puntos por día, la cual debe incluir

como mínimo cinco puntos por categoría, de esta forma, contar con una visión amplia de la nuestra muestra.

- Para la toma de puntos en campo: Se recomienda realizar la toma de puntos en GPS en horario de la mañana, en donde las condiciones climáticas sean las más favorables, de esta forma se podrá aprovechar al máximo la señal de los satélites.
- Para llegar a los puntos de validación: Es necesario, por la geográfica del área del proyecto, utilizar una moto lineal. Ya que facilita llegar con rapidez a los puntos en donde no hay carretera, y de difícil acceso. Otra recomendación es utilizar una libreta de campo y una cámara para el registro fotográfico, de esta forma se podrá describir y analizar posteriormente en gabinete el tipo de cobertura que hemos visitado en campo
- Para la validación de puntos inaccesibles: es necesario contar con imágenes de alta resolución para validar los puntos que no se puede llegar, para ello es de suma importancia tener la fecha de las imágenes, ya que tienen que ser las más actuales.

VI. REFERENCIAS

Abraira, V. (2001). El Índice de Kappa. *Sermergen*, 249.

Alegre Valeriano, K. V. (2017). *Cambios en la cobertura vegetal del suelo de la provincia de Yauyos, durante el transcurso de los años 1997 al 2017, a partir del comportamiento del desarrollo vegetal*, [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10803/Alegre_VKV.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Burrows, C. J. (1990). Processes of vegetation change. *Springer Netherlands*, 359-419.

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (2da Edición ed.). Madrid, España.

Delgado Florían, C. (2018). *Cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en el área de conservación privada Hierba Buena-Allpayacku y su área circundante, Amazonas, 2017*, [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1464/DELGADO%20FLORIAN%20ELLEN%20CLAUDETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ESA. (2012). *www.ign.es*. Recuperado el 04 de 09 de 2023, de : https://sentinel.esa.int/documents/247904/349490/S2_SP-1322_2.pdf.

GARCIA, E. E. (2008). *El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación en el municipio de Juárez, Chihuahua* [Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Norte]. repositorio institucional, Tijuana, México. Obtenido de

<https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1014/203/1/TESIS%20-%20Garcia%20Estarron%20Erika%20Julieta.pdf>

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Análisis geoespacial a escala planetaria para todos. *Teledetección y Medio Ambiente*, 202, 18-27.

IIAP. (09 de 07 de 2021). *Plan estrategico isntritucional 2020 - 2024*. Recuperado el 04 de 09 de 2023, de iiap.org.pe: www.iiap.org.pe/Archivos/Publicaciones/Publicacion_2222.pdf

Melo, L., & Camacho, M. A. (2005). *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la Tierra*. Bogotá: (No. Doc. 22525) CO-BAC,.

Murillo Sangay, A. (2017). *Análisis de cambio de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanaora periodo 2001-2016. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1687/TESIS_TEORIA_CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ordoñez, J. L. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. *Manuela formativo de Acta*, (62) 17 - 31.

Perez , C., & Muñoz, A. L. (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones*.

Pozo-Ruz, A., Ribeiro, A., García-Alegre, M., García, L., Guinea, D., & Sandova, F. (2000). SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS. *ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga*, 1-9.

Rouse, J., Haas, R., Well, J., & Deering, D. (1973). MONITORING VEGETATION SYSTEMS IN THE GREAT PLAINS WITH ERTS. *Third ERST Symposium, NASA SP351, 1*, 309-317.

Sánchez, P. (2012). *LA TELEDETECCIÓN ENFOCADA A LA OBTENCIÓN DE MAPAS [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

Velásquez, G. (2002). *Introduccion a los sensores remotos y procesamiento de imagenes. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE*. Obtenido de <http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/GIS%20RRNN/manuales/Introduccion%20a%20la%20Teledeteccion/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Teledeteccion.pdf>, 26, 12.

VII. ANEXOS

Anexo 1 panel fotográfico

Clasificación de umbrales



Vegetación densa

Esta categoría describe arboles de gran tamaño y juntos



Alta vegetación

Esta categoría describe arboles de mediano tamaño



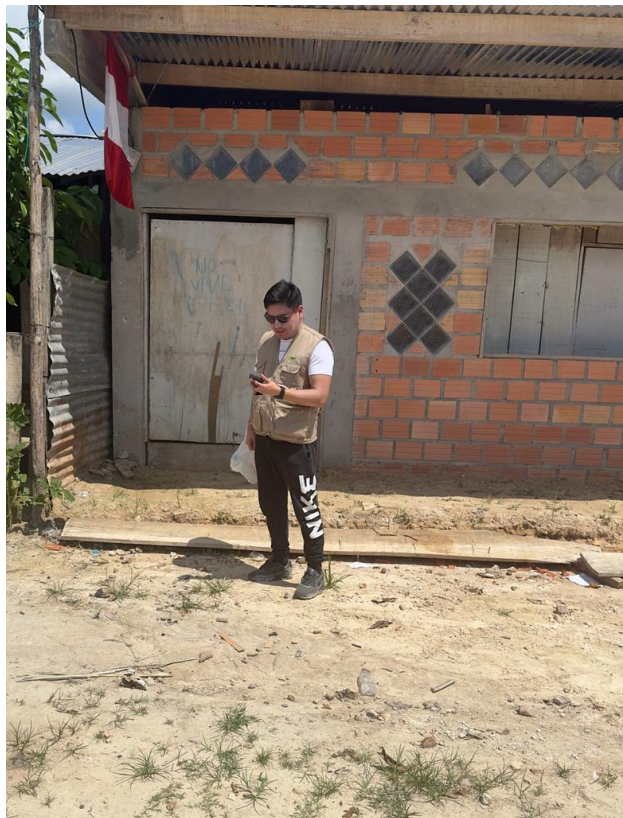
Moderada vegetación

Esta categoría describe arbustos junto con algunos pastos.



Poca vegetación

Esta categoría describe las áreas de pastos y los cultivos



Sin vegetación

Esta categoría describe las áreas sin vegetación que engloba: agua, arena y áreas construidas.

Trabajo de campo – Validación de puntos



Planificación previa

Se realiza una planificación previa a la salida de campo, se obtienen los mapas de NDVI de las zonas a visitar y se cargan los puntos en el GPS.



Toma de puntos de GPS

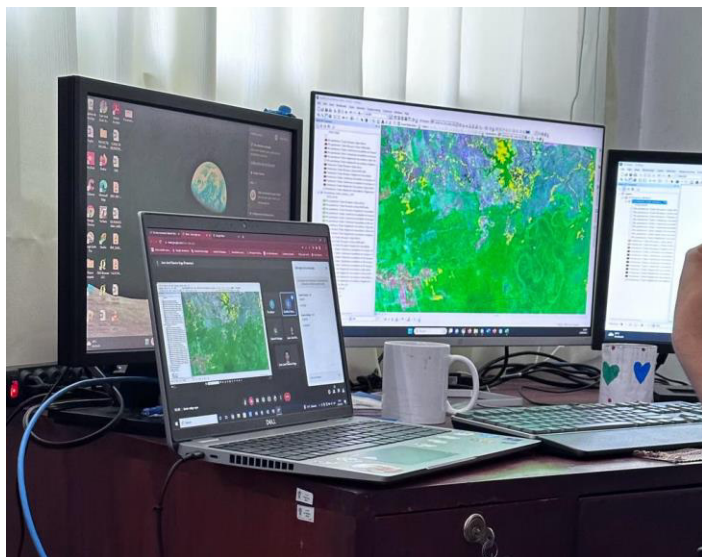
Una vez que se llega a los puntos de control, se hace anota en la libreta de campo, una descripción del lugar, la categoría y una fotografía.

Trabajo de gabinete dentro de las instalaciones del IIAP



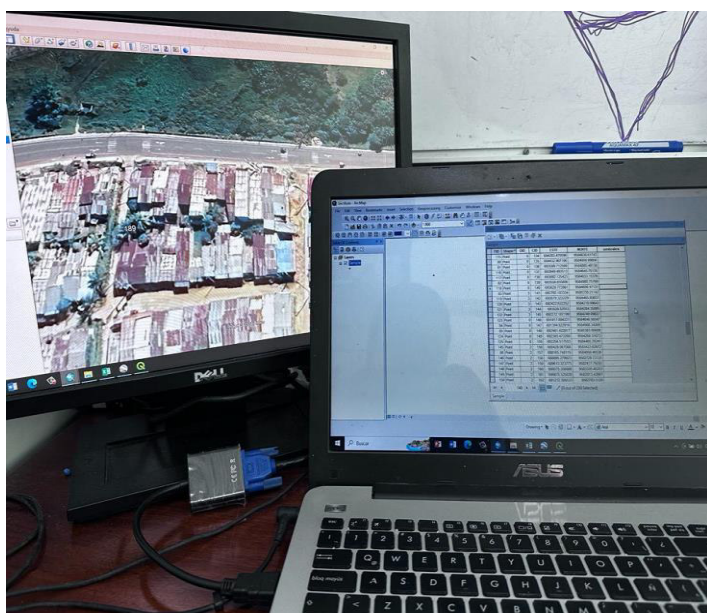
Dentro de las instalaciones del IIAP

Fotografía tomada dentro de las instalaciones del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana.



Descarga y procesamiento de imágenes

Fotografía tomada dentro del gabinete, realizando el procesamiento y descarga de imágenes de satélite.

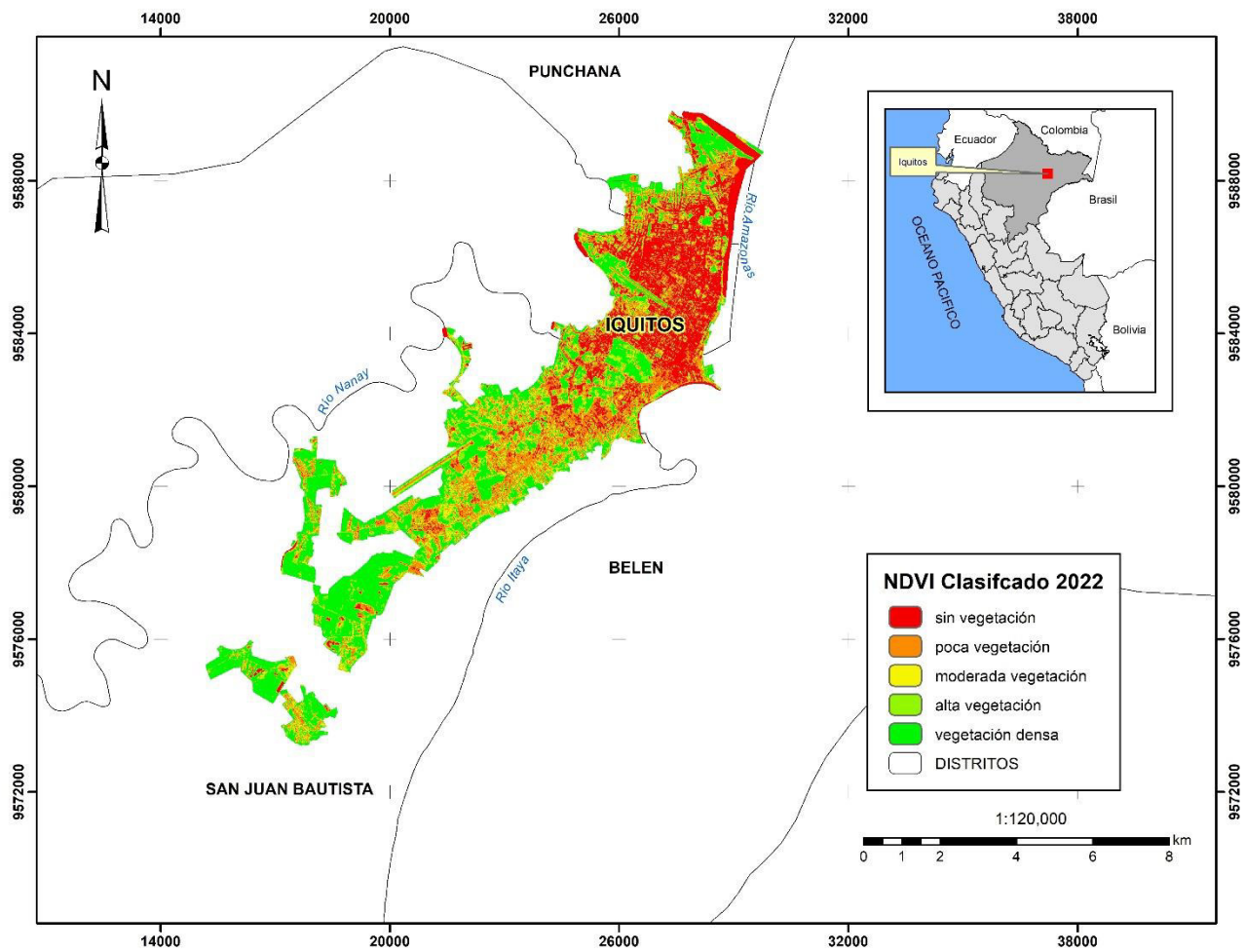


Validación de puntos inaccesibles

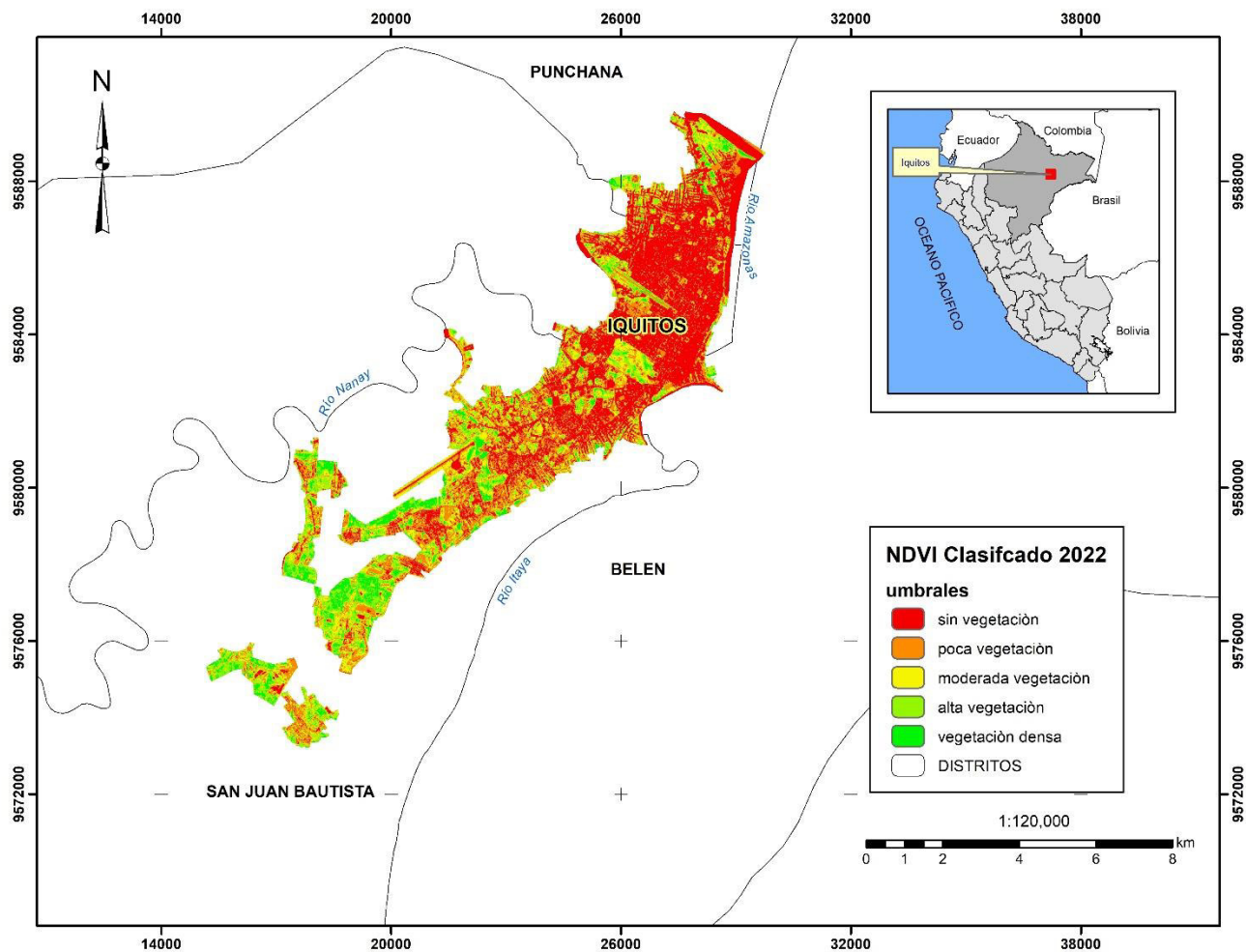
Fotografía tomada dentro del gabinete, realizando el proceso de validación de puntos inaccesibles con imágenes de alta resolución.

Anexo 02 MAPAS DE NDVI


Mapa NDVI clasificado por umbrales para el año 2018



Mapa NDVI clasificado por umbrales para el año 2022



Anexo 03 Constancia de trabajo legalizada

 **AsulGIS**
CENTRO DE CAPACITACIÓN

Jiron Bolognesi 125 - Miraflores- Lima
contacto@asulgis.com

CONSTANCIA DE TRABAJO

El que suscribe, en representación de ASULGIS CONSULTORES S.A.C con RUC N° 20603812957



CONSTA:

Que, la Sr. LUIS ANGEL AYALA MELENDEZ identificado con DNI 47067003 es trabajador de la empresa, desde enero del 2019 hasta la fecha, ocupa el cargo Analista del área de Sistema de Información Geográfica, de los proyectos de consultoría que ejecuta dentro de la empresa.

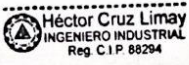
Ha demostrando durante su permanencia responsabilidad, honestidad y dedicación en las labores que le fueron encomendadas.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima, 26 de Junio del 2023

Hector Cruz Limay
Jefe de proyectos



Héctor Cruz Limay
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. C.I.P. 88294

www.asulgis.com



La Legalización no garantiza la autenticidad del documento original

CERTIFICO: Que la presente copia fotostática es reproducción exacta del documento, que consta de 01 foja(s) que tengo a la vista.

Lima, 27 JUN 2023



Mercedes Cabrera Zaldivar
NOTARIA DE LIMA



CERTIFICACION
AL DORSO