



Caracterización de la cobertura vegetal en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes utilizando sistema de aeronaves pilotadas a distancia

Characterization of vegetation cover in Los Manglares de Tumbes National Sanctuary using a remotely piloted aircraft system

Caracterização da cobertura vegetal do Santuário Nacional Los Manglares de Tumbes com recurso a um sistema de aeronaves pilotadas remotamente

Yahaira Anabel Hinojosa Niquén^I
jhinojosan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8856-3005>

Yamira Anabelle Hinojosa Niquén^{II}
yahn0601@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-0899-2227>

Katherine del Pilar Niquén Tineo^{III}
k.niquen14@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-3373-5479>

Maria Isabel Niquen Inga^{IV}
miniqueni@untumbes.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-0057-4824>

Correspondencia: jhinojosan@gmail.com

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2024 * **Aceptado:** 12 de abril de 2024 * **Publicado:** 26 de septiembre de 2024

- I. Ingeniera Forestal y del Medio Ambiente; Maestra en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental; Universidad Nacional de Tumbes; Tumbes, Perú.
- II. Ingeniera Forestal y del Medio Ambiente; Estudiante de Maestría en la Universidad Nacional de Tumbes; Tumbes, Perú.
- III. Ingeniera Civil; Maestro en Ingeniería Civil; Universidad Nacional del Santa; Nuevo Chimbote, Perú.
- IV. Ingeniera Química; Doctora en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental; Universidad Nacional de Tumbes; Tumbes, Perú.

Resumen

En esta investigación, se llevó a cabo un análisis de la cobertura vegetal del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes mediante el empleo de un sistema de drones y software especializado, se generó un mapa de alta resolución que permitió cuantificar con precisión la superficie ocupada por cada especie de mangle presente en el área de estudio. El objetivo fue determinar los cambios en la distribución y abundancia de los manglares en respuesta a factores como la deforestación, el cambio climático y las actividades humanas. Para ello, se seleccionó una parcela de 4.2 hectáreas y se capturaron imágenes aéreas de alta resolución. Estas imágenes fueron procesadas utilizando algoritmos de visión por computadora para identificar y clasificar las diferentes especies de manglares. Los resultados obtenidos revelaron que el mangle negro es la especie dominante en el área de estudio, se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para evaluar la salud y vigor de la vegetación. El NDVI es un indicador ampliamente utilizado en teledetección para estimar la biomasa y la productividad de las plantas. Los valores obtenidos de NDVI permitieron identificar áreas con diferentes niveles de estrés hídrico y nutricional, lo que a su vez proporciona información valiosa sobre la dinámica de los ecosistemas de manglar. En conclusión, esta investigación ha proporcionado una caracterización detallada de la cobertura vegetal del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes. Los resultados obtenidos contribuyen a una mejor comprensión de la estructura y función de este ecosistema costero y sirven como línea de base para futuros estudios de monitoreo y evaluación.

Palabras Clave: Drones, Manglares, Cobertura vegetal, Sistema de Aeronaves, piloto a distancia.

Abstract

In this research, an analysis of the vegetation cover of the Manglares de Tumbes National Sanctuary was carried out using a drone system and specialized software, a high-resolution map was generated that made it possible to accurately quantify the surface occupied by each mangrove species present in the study area. The objective was to determine changes in the distribution and abundance of mangroves in response to factors such as deforestation, climate change and human activities. For this, a 4.2 hectare plot was selected and high resolution aerial images were captured. These images were processed using computer vision algorithms to identify and classify the different mangrove species. The results obtained revealed that the black

mangrove is the dominant species in the study area, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated to evaluate the health and vigor of the vegetation. NDVI is an indicator widely used in remote sensing to estimate plant biomass and productivity. The obtained NDVI values made it possible to identify areas with different levels of water and nutritional stress, which in turn provides valuable information on the dynamics of mangrove ecosystems. In conclusion, this research has provided a detailed characterization of the vegetation cover of the Manglares de Tumbes National Sanctuary. The results obtained contribute to a better understanding of the structure and function of this coastal ecosystem and serve as a baseline for future monitoring and evaluation studies.

Keywords: Drones, Mangroves, Vegetation cover, Aircraft System, remote piloting.

Resumo

Nesta pesquisa foi realizada uma análise da cobertura vegetal do Santuário Nacional Manglares de Tumbes através de um sistema de drones e software especializado, foi gerado um mapa de alta resolução que permitiu quantificar com precisão a superfície ocupada por cada espécie de mangal presente na área de estudo. O objectivo era determinar as alterações na distribuição e abundância dos mangais em resposta a factores como a desflorestação, as alterações climáticas e as actividades humanas. Para tal, foi seleccionado um terreno de 4,2 hectares e captadas imagens aéreas de alta resolução. Estas imagens foram processadas através de algoritmos de visão computacional para identificar e classificar as diferentes espécies de mangais. Os resultados obtidos revelaram que o mangal negro é a espécie dominante na área de estudo, foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar a saúde e o vigor da vegetação. O NDVI é um indicador muito utilizado em detecção remota para estimar a biomassa e a produtividade vegetal. Os valores de NDVI obtidos permitiram identificar áreas com diferentes níveis de stress hídrico e nutricional, o que por sua vez fornece informações valiosas sobre a dinâmica dos ecossistemas de mangais. Concluindo, esta pesquisa proporcionou uma caracterização detalhada da cobertura vegetal do Santuário Nacional Manglares de Tumbes. Os resultados obtidos contribuem para uma melhor compreensão da estrutura e função deste ecossistema costeiro e servem de base para futuros estudos de monitorização e avaliação.

Palavras-chave: Drones, Mangroves, Cobertura Vegetal, Sistema de Aeronaves, Condução Remota.

Introducción

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes es actualmente la única área natural protegida en el Perú que protege el ecosistema manglar que abarca aproximadamente 5,000 hectáreas de las cuales 2,972 pertenecen a esta importante área natural protegida. En el ANP encontramos cinco especies de mangle (rojo, colorado, piña, negro y blanco).

El Clima, en el SNLMT se desarrollan en un clima semiárido, con influencia del sistema oceánico. Las precipitaciones anuales son generalmente inferiores a los 100 mm. La temperatura media oscila entre los 22 y 27°C. La humedad relativa media mensual se presenta entre los 72 y 86%. El periodo de lluvia se presenta entre enero y marzo, los demás meses del año corresponden al período seco; además, se dan cambios significativos durante los eventos de El Niño, ocurriendo precipitaciones abundantes

La Morfología y Fisiografía del SNLMT está ubicado en la unidad geomorfológica denominada planicie litoral, con una topografía uniforme y casi plana, con pendiente muy suave (1-5%) entre el mar y la carretera Panamericana, al sur del SNLMT (ONERN, 1992; CDC-UNALM, 1982). El relieve es ligeramente ondulado por las barreras litorales antiguas de forma alargada y dispuestas paralelamente a la orilla marina que se presentan.

La Hidrografía del SNLMT presenta el ecosistema manglar es un sistema abierto fluvial y marino, que depende de flujos de agua para el transporte de nutrientes y para la redistribución de la materia orgánica y sedimentos, así como para regular la salinidad.

La restauración de los ecosistemas es una herramienta común en la administración de las ANPs, y parece haber recibido mayor atención en las últimas 3 décadas, cuando grandes ecosistemas naturales, se vieron dramáticamente afectados ya sea por eventos naturales o por acción del hombre. Desde finales de la década de los 70 ya se hablaba de la necesidad de restaurar ecosistemas, y mención especial tienen los manglares, ya sea por explotación, degradación, o por ser sometidos a cambio de uso (agricultura y/o acuicultura). Incluso, para algunos ecosistemas es más urgente abordar aspectos de restauración que de preservación o conservación. Así mismo la restauración va más allá de la dimensión ecológica alcanzando lo político – institucional, social, y económico – financiero.

Para mitigar la degradación de los manglares se han realizado investigaciones por Ministerio del Ambiente del Ecuador, indicándose que a nivel mundial la cobertura de manglares en 1997 fue estimada en 181.000 Km², para el 2005 esta superficie disminuyó un 17.13% equivalente a 150.000 Km² de manglar (Vera Andrade, 2018).

La cobertura vegetal en el santuario nacional manglares de Tumbes ha disminuido a través de los años. El análisis de caracterización se realiza con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer su categoría en la asociación. La estructura permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del área a investigar. A través del muestreo de la vegetación que incluya todos los individuos enraizados dentro de la parcela con un diámetro a la altura de pecho (DAP) ≥ 2.5 cm para el bosque manglar, además de evaluar su identidad taxonómica, altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), georreferenciación de cada individuo identificado.

El Sistema de aeronaves pilotadas a distancia-RPAS, es un conjunto de elementos configurables por una aeronave pilotada a distancia, estaciones de piloto remoto y equipos necesarios para su control. (NTC-001-2015, 2015) este sistema ha de ser utilizado para la presente investigación.

Un Aeronave pilotada a distancia (RPA) o dron es una aeronave pilotada por un piloto remoto, emplazado en una estación de piloto remoto ubicada fuera de la aeronave (es decir en tierra, en banco, en otras aeronaves, en el espacio) quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene la responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo (NTC-001-2015, 2015; RPASDrones, 2020).

Por su parte la fotogrametría es la técnica cuyo fin es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto.

La Fotogrametría es una de las actividades que comprende la fotografía aérea y la obtención de modelos de elevaciones, siendo información de referencia básica para la realización de la cartografía y la obtención de información geográfica en general: ocupación del suelo, urbanismo, ordenación del territorio, catastro, gestión forestal, hidrología, Etc.

Para realizar un proyecto es necesario el Diseño o plan de vuelo el plan inicial del

proyecto debe especificar los datos de la cámara, distancia focal, los sensores, escala de imagen, altura de vuelo entre otros. En este se incluye las coordenadas de llegada y de salida del área de estudio, en el que el VANTe sigue una trayectoria. Para realizar el plan de vuelo se debe introducir una polilínea en el programa Pix4D, introduciendo también a que altura se debe realizar el vuelo. El software realiza las correcciones necesarias conociendo las especificaciones de la cámara y el lente fotográfico (Rodríguez García, 2021).

Los puntos de apoyo son puntos del terreno claramente identificados en la fotografía, de los que se conocen sus coordenadas, estos puntos de apoyo son necesarias para obtener la orientación absoluta del modelo y tienen que estar distribuidos de forma regular (Rodríguez García, 2021)

La metodología para la toma de puntos de apoyo es saber el área que cubrirá el vuelo, así calculamos el número de puntos de apoyo necesarios para dicha área, estos puntos de apoyo se usan siempre y cuando el VANTe no cuente con un posicionamiento cinemático en tiempo real (RTK) incorporado el cual requiere un punto de apoyo de comprobación.

Con el Modelo digital de elevación se obtiene la información de la altitud de cada punto del área de estudio, y por medio de la clasificación de colores se interpretan las altitudes mayores y menores; lo cual permite determinar cómo se encuentra la superficie del terreno actual.

La representación fotográfica de la superficie del terreno del área de estudio se conoce como Ortofoto, a partir de la toma de fotos con el equipo RPA, con esta imagen se puede observar clara y detalladamente la zona de extracción del material, la topografía del terreno, las vías de acceso, y el área de afectación a la cobertura vegetal (Matías, 2020).

Zabaleta, (2017) describe el Software Pix4D que es de origen suizo creado por Christoph Strecha proveniente de la Universidad de Laussane y con gran trayectoria en la investigación en fotogrametría digital. Esta herramienta tiene la capacidad de procesar una gran cantidad de datos e interpretarlos juntamente, con la finalidad de obtener ortomosaicos, modelos digitales en 3D en tiempo real, con alta resolución y precisión, además permite tener una mejor visibilidad en la fase de campo de algún proyecto. Una de las ventajas de este programa se adapta a diferentes terrenos y se puede incluir los puntos de control y referencia en el área estudiada para mejorar la precisión.

Alonso Sarría, (2016) define el Sistemas de Información Geográfica como una herramienta que permite la integración de bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos. Por tanto, cualquier actividad relacionada con el espacio, puede beneficiarse del trabajo con el SIG.

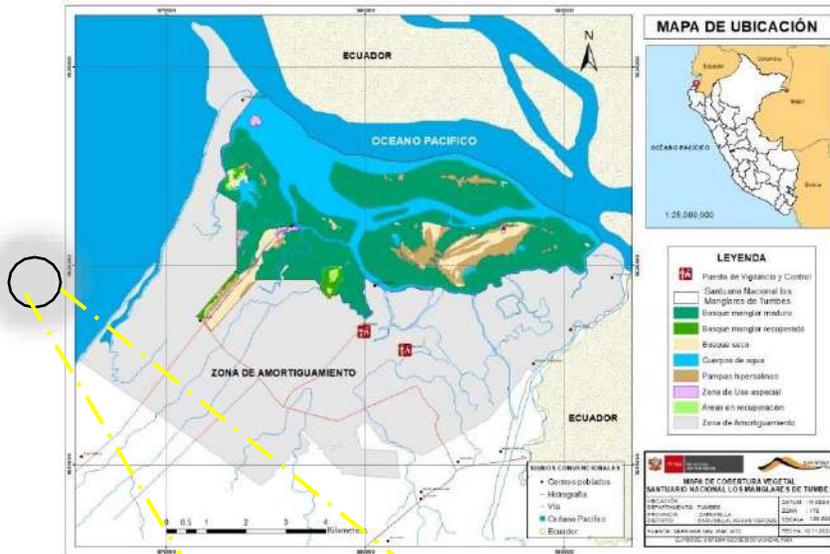
Con los elementos antes descritos se pretende realizar una clasificación de caracterización detallada de la cobertura vegetal del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes.

Metodología

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) se localiza en la provincia y distrito de Zarumilla del departamento de Tumbes. Geográficamente se ubica en la intercuenca de los ríos Tumbes y Zarumilla, entre los paralelos 3°24' y 3°27' de latitud sur y entre los meridianos 80°13' y 80°19' de longitud oeste (sistema de coordenadas WGS 84).

Figura 1.

Área de investigación de 100.00 Has del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes (SNLMT).



Nota. Comprende Bosque de Manglar recuperado, área de recuperación y bosque seco.

Parámetros de caracterización de Cobertura Vegetal

El área de recuperación denominado LAN ZARUMILLA del SNLMT para la presente investigación comprende la siguiente georreferenciación:

Tabla 1.

Georreferenciación de Área de recuperación SNLMT.

Vértice	Lado	Distancia (m)	Angulo	Coordenadas	
				Sistema de Proyección	
				UTM	
				Datum: WGS 84 - Zona 17S	
				Este	Norte
P1	P1 - P2	33.03	112°15'13"	579323	9619903
P2	P2 - P3	70.11	139°46'14"	579295	9619920
P3	P3 - P4	120.1	167°6'41"	579226	9619907
P4	P4 - P5	21.56	136°42'10"	579116	9619860
P5	P5 - P6	66.13	149°57'20"	579107	9619840
P6	P6 - P7	27.4	211°3'34"	579115	9619774
P7	P7 - P8	35.9	149°18'0"	579103	9619749
P8	P8 - P9	28.51	152°19'55"	579107	9619713
P9	P9 - P10	60.31	81°17'37"	579123	9619690
P10	P10 - P11	64.6	187°50'53"	579168	9619731
P11	P11 - P12	7.26	252°53'34"	579221	9619768
P12	P12 - P13	103.47	265°20'39"	579226	9619763
P13	P13 - P14	25.61	56°16'19"	579169	9619677
P14	P14 - P15	59.85	290°34'15"	579195	9619677
P15	P15 - P16	14.03	140°32'37"	579174	9619621
P16	P16 - P17	58.01	80°53'25"	579179	9619607
P17	P17 - P18	131.87	151°42'23"	579230	9619635
P18	P18 - P1	159.67	154°9'10"	579302	9619745

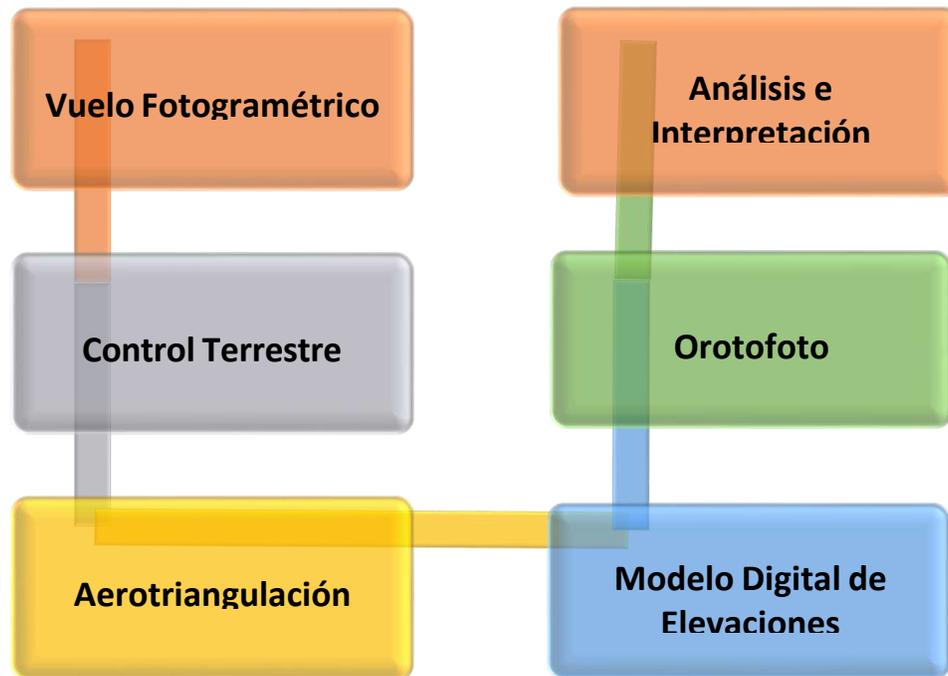
Área= 4.18 Has / 41781.61 m²

Perímetro (ml) =1087.42

Metodología para la obtención, procesamiento y análisis de imágenes por drone

Figura 2.

El diagrama de flujo de las fases de los trabajos necesarios para la obtención de cartografía y ortofoto a partir de vuelos fotogramétricos.



Con el objetivo de obtener coordenadas geográficas precisas, se emplearon técnicas de posicionamiento geodésico estático diferencial. Se utilizó un receptor GPS de alta precisión, Leica System 530, de doble frecuencia, el cual fue conectado a la estación de referencia Tumbes 2. Esta estación, clasificada como de orden 0 y parte de la REGPMOC, se encuentra en las instalaciones de la Dirección Regional de Agricultura de Tumbes y es gestionada por el IGN.

Tabla 4.

Características técnicas de equipo.

Especificaciones técnicas	03 equipos Leica System 530
Tipo de Receptor	Doble frecuencia Geodésico RTK
Modo de Lecturas	Estático, Kinematico, RTK
Doble Frecuencia	L1/L2-CA-P Code-Carrier-GPS

Antena	AT 502
Precisión en modo Dif. Estático	$\pm 0.003\text{m} + 1 \text{ ppm rms}$
Intervalo de Registro/Observación	1 seg.
Número de Canales	12/12
Constelaciones	NAVSTAR GPS
Número de Satélites Visibles	> 5
GDOP/PDOP	<6
Conversión Data	Rinex
SNR Mascara	10°

Figura 3.

Estación de Rastreo Permanente.

<u>DATOS GENERALES:</u>	
Preparado por:	Departamento de Procesamiento Geodésico
Realizado:	30 de noviembre de 2020
Versión:	3.2.0
<u>INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GNSS:</u>	
Nombre:	Tumbes 2
Código Nacional:	TU02
Código Internacional:	En gestión
Inscripción:	Sin placa
Orden de la estación:	"0"
Fecha de monumentación:	10 de abril de 2019
<u>INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN:</u>	
Departamento:	Tumbes
Provincia:	Tumbes
Distrito:	Tumbes
Ubicación de la estación:	Dirección Regional de Agricultura Tumbes - Gobierno Regional de Tumbes.



Las operaciones de campo se realizaron el día 19/11/2023, desde la Estación de Rastreo Permanente del Instituto Geográfico Nacional (IGN), denominado Tumbes 02, de orden "0"., el cual se encuentra ubicado en la Dirección Regional de Agricultura – Gobierno Regional de Tumbes, este punto sirvió como base, para Georreferenciar por método Estático los puntos GPS 01 Y GPS 02 ubicados en el área de estudio denominado LAN ZARUMILLA.

Toma de imágenes

Se empleó un dron Mavic 2 Pro para capturar imágenes aéreas del área de estudio. Antes del vuelo, se realizaron mediciones de viento, temperatura y presión atmosférica para optimizar la configuración de la cámara y minimizar las distorsiones en las imágenes. Las fotografías obtenidas fueron sometidas a un riguroso proceso de procesamiento en el software Agisoft Metashape, el cual incluyó la alineación de imágenes, la generación de una nube de puntos y la creación de un modelo 3D texturizado.

Tabla 2.

Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

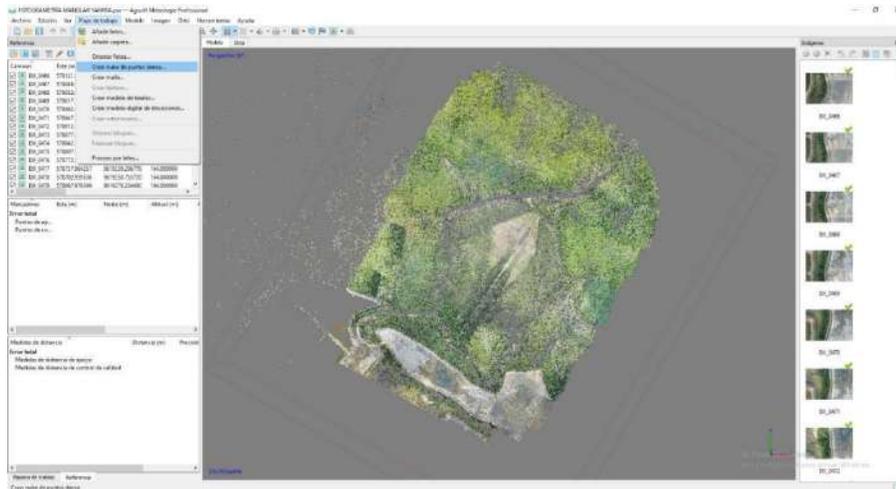
Número de imágenes:	457	Imágenes alineadas:	456
Altitud media de vuelo:	154 m	Puntos de paso:	368,538
Resolución en terreno:	3.55 cm/pix	Proyecciones:	986,224
Área cubierta:	1.89 Km ²	Error de Re- proyección:	1.52 pix

Procesamiento de información.

Con ayuda del programa Agisoft Metashape, hemos obtenido el OrtoMosaico del Proyecto, Área obtenida y luego procesados con los programas Global Mapper y Autocad Civil 3D.

Figura 4.

Importación de imágenes y orientación.



Posteriormente se realiza la creación de nube de puntos densa de las fotos y así generar los mapas de profundidad de la zona en estudio. Cuenta con un tamaño promedio de puntos característicos 9.57 pix.

Mediante el cálculo del NDVI se ha obtenido la clasificación de los valores presentes en el área de investigación (LAN ZARUMILLA), donde se puede visualizar la presencia de suelo sin vegetación (SV) debido a que en la zona existen área de recuperación y reforestación, además de cuerpos de agua (NA) y vegetación alta (VA) por la presencia de Bosque manglar maduro y recuperado.

Tabla 3.

Valores para el NDVI para la clasificación:

Clasificación	Valor
Cuerpo de Agua (NA)	<0,01
Suelo sin vegetación (SV)	0,01 – 0,1
Vegetación Ligera (VL)	0,1 – 0,2
Vegetación Mediana (VM)	0,2 – 0,4
Vegetación Alta (VA)	>0,4

Nota. López-Pérez, Martínez-Menes, & Fernández-Reynoso, 2015)

Tabla 4.

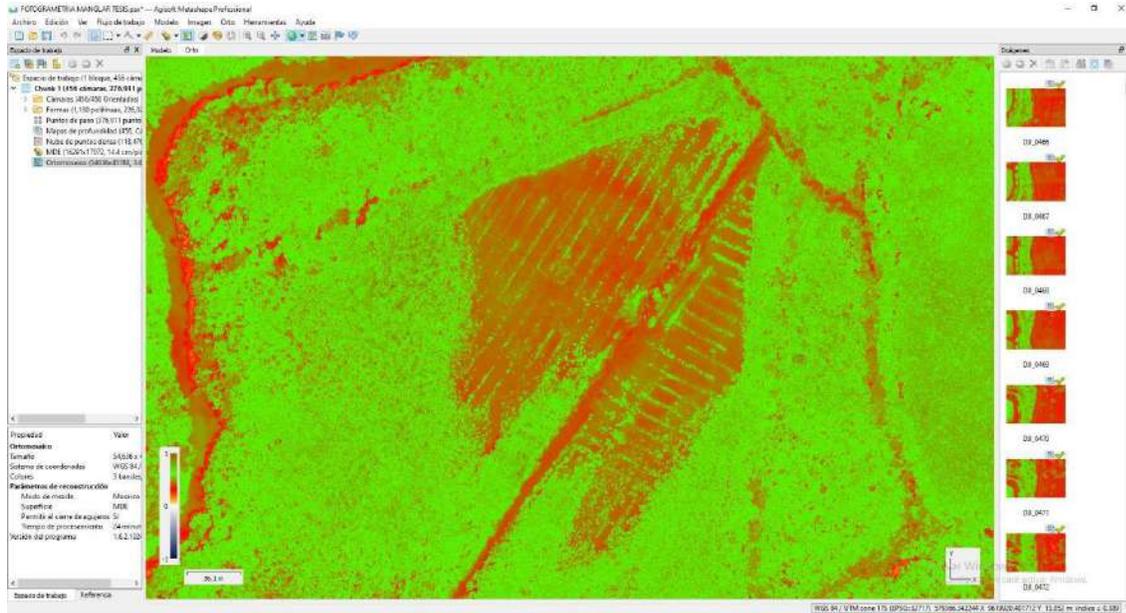
Clasificación de índice de vegetación diferenciado normalizado (NDVI).

Tipo de Cobertura	de	Calcificación	Valores NDVI (López-Pérez, Martínez-Menes & Fernández-Reynoso, 2015)	Valores NDVI obtenidos con el procesamiento mediante el software Agisoft Metashape.	Superficie (Has)
Cuerpo de agua		Cuerpo de Agua (NA)	de <0,01	0.005	10.50
Zona salitrosa – Banco de Arena		Suelo vegetación (SV)	sin 0,01 – 0,1	0.1	0.50
Zona de Langostinera existente		Suelo vegetación (SV)	sin 0,01 – 0,1	0.1	8.80
Bosque Manglar Maduro		Vegetación Alta (VA)	>0,4	0,6	52.00
Bosque Manglar Recuperado		Vegetación Mediana (VM)	0,2 – 0,4	0.3	24.00
Área en recuperación		Vegetación Ligeras (VL)	0,1 – 0,2	0.1	4.20

Total 100.00

Figura 5.

Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Área en Recuperación”, como vegetación ligera.



Para la planificación del vuelo fotogramétrico se realizó en un área de 100.00 has que comprende Cuerpo de agua, Zona salitrosa – Banco de arena, Zona Langostinera Bosque de manglar maduro, Bosque de Manglar recuperado y Áreas de recuperación.

Para la determinación de la cobertura vegetal se localizará en el área de recuperación que comprende una superficie de 4.20 Has que se encuentra ubicada dentro de la planificación del vuelo .

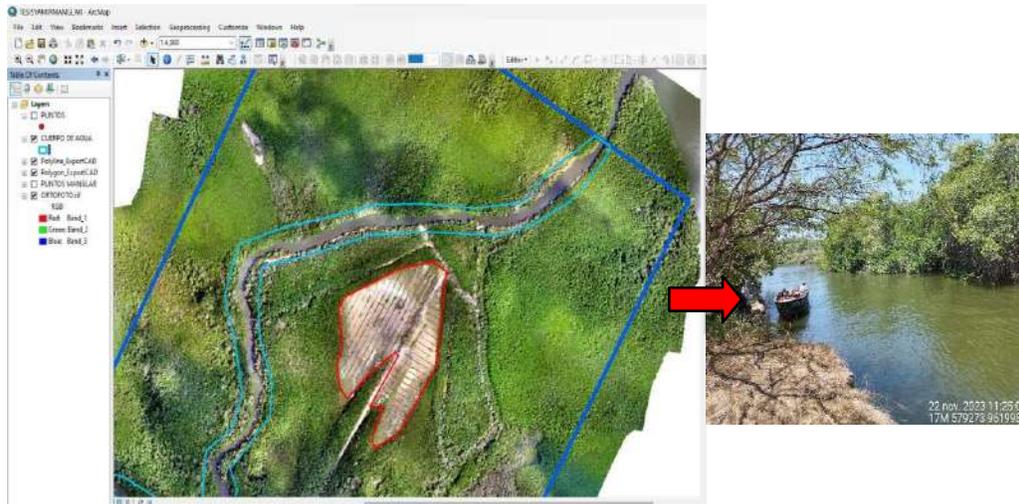
Se georreferenció el área de vuelo drone y el área de análisis de especies en recuperación dentro del área del santuario nacional Los Manglares de Tumbes.

A partir del ortomosaico obtenido por la fotogrametría se procedió a realizar la clasificación del tipo de cobertura en el área de investigación.

Con la clasificación del tipo de cobertura se obtuvo el análisis del “Cuerpo de Agua” existente en el área de investigación, donde con la herramienta ArcGIS 10.8 se realizó la delimitación obteniendo como resultado 10.50 has de área.

Figura 6.

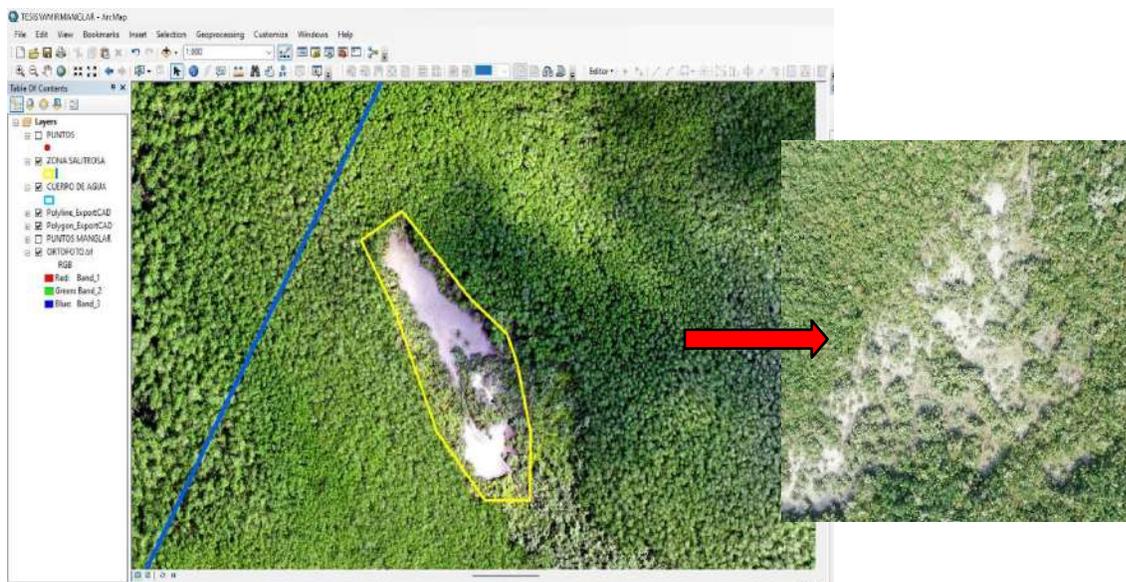
Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Cuerpo de Agua”.



Se identificó un tipo de cobertura denominada “Zona salitrosa – Bancos de Arena”, donde se visualiza en el ortomosaico que dentro de esa zona no existe cobertura en crecimiento y eso debido a las condiciones del suelo y entre otros factores. Con la delimitación se obtuvo 0.50 Has de área.

Figura 7.

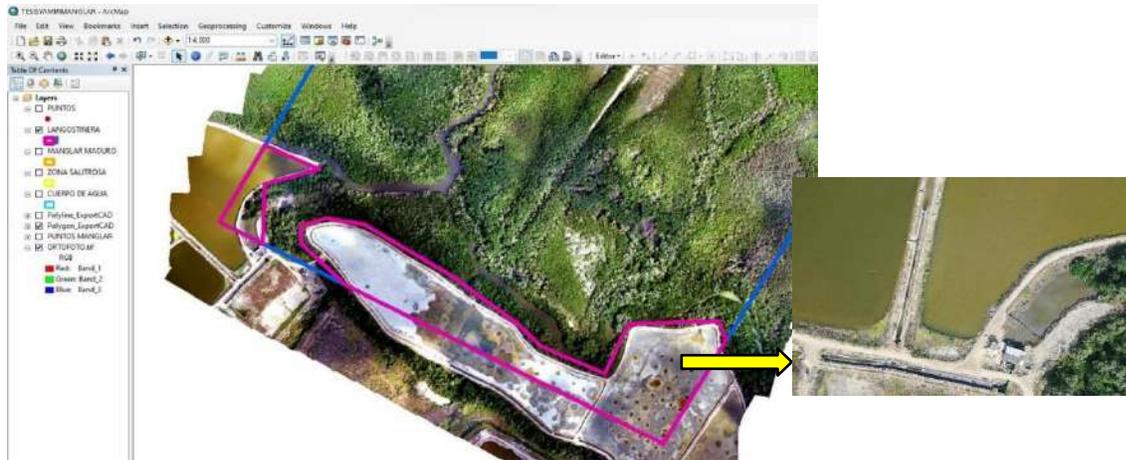
Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Zona Salitrosa – Banco de Arena”.



Se identificó un tipo de cobertura denominada “Zona Langostinera”, donde se visualiza en el ortomosaico que dentro de esa zona existe langostineras con autorizaciones. Con la delimitación se obtuvo 0.50 Has de área.

Figura 8.

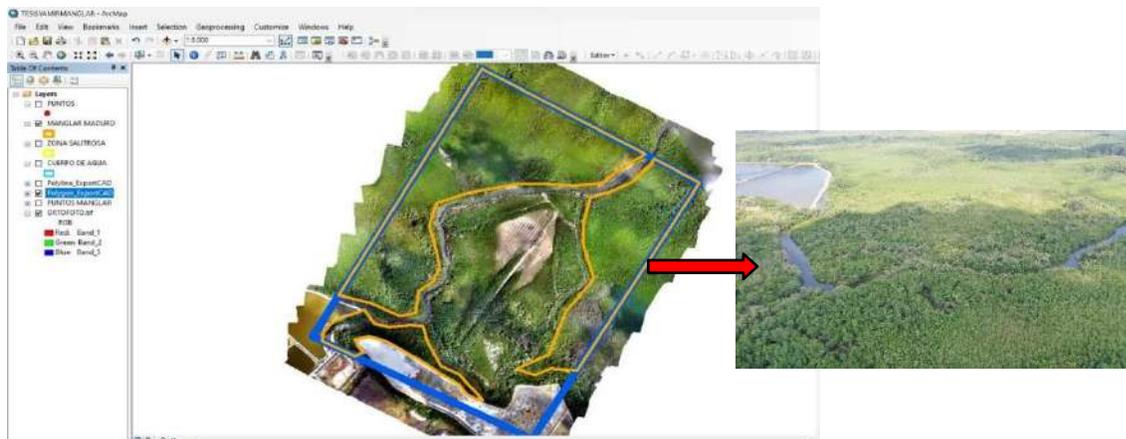
Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Zona Langostinera”.



Se realizó la clasificación del tipo de cobertura denominada “Bosque Manglar maduro”, donde se visualiza en el ortomosaico 52.00 Has de área.

Figura 9.

Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Bosque manglar maduro”.



La clasificación del tipo de cobertura denominada “Bosque Manglar Recuperado”, donde se visualiza en el ortomosaico 24.00 Has de área.

Figura 10.

Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Bosque manglar recuperado”.



La

clasificación del tipo de cobertura denominada “Área en recuperación”, donde se realiza la evaluación del tipo de especie y la cantidad de individuos en esta área donde se viene recuperando y adaptando a las condiciones de suelo y climatológicas existentes. Se realizó la delimitación y se obtuvo 4.20 Has de área.

Figura 11.

Vista de la clasificación del Tipo de Cobertura “Área en Recuperación”.



Análisis de cobertura vegetal con ortomosaico

Con la obtención del ortomosaico se procede a realizar el análisis y la clasificación de

cobertura vegetal en el área de recuperación del SNLMT, para lo cual se utiliza el software Arcgis 10.8 y Global mapper 23.0.

Figura 12.

Procesamiento de Información con Arcgis 10.8.

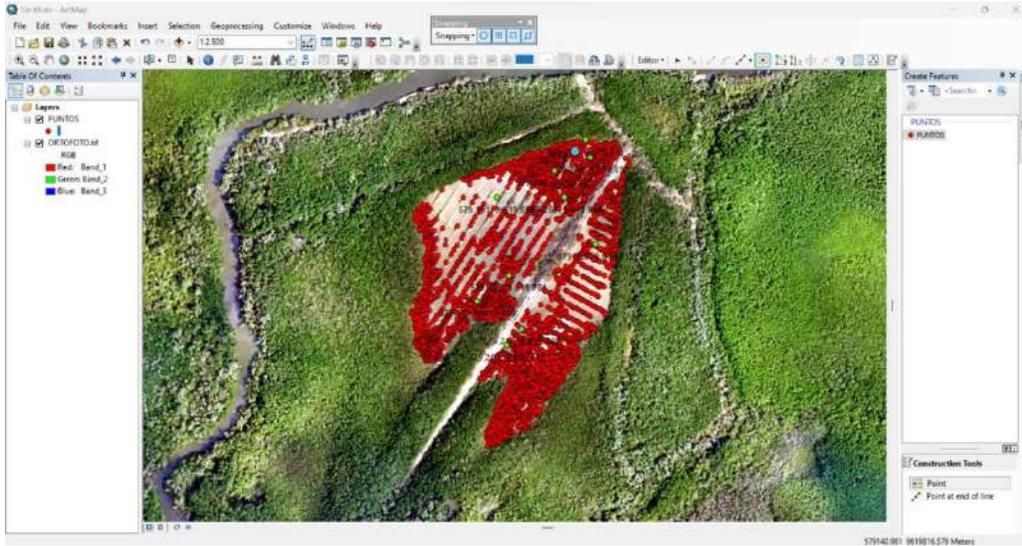


Figura 13.

Procesamiento de Información con Arcgis 10.8.

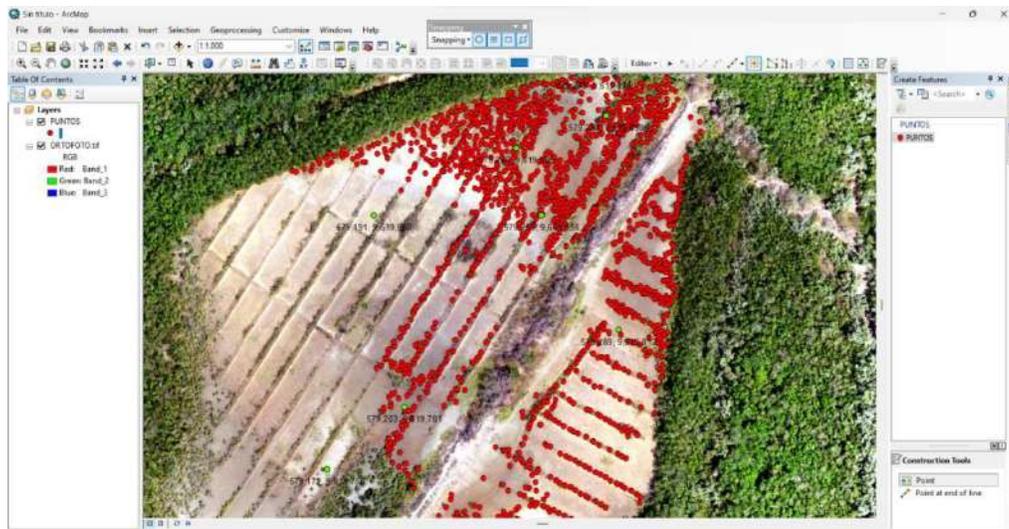
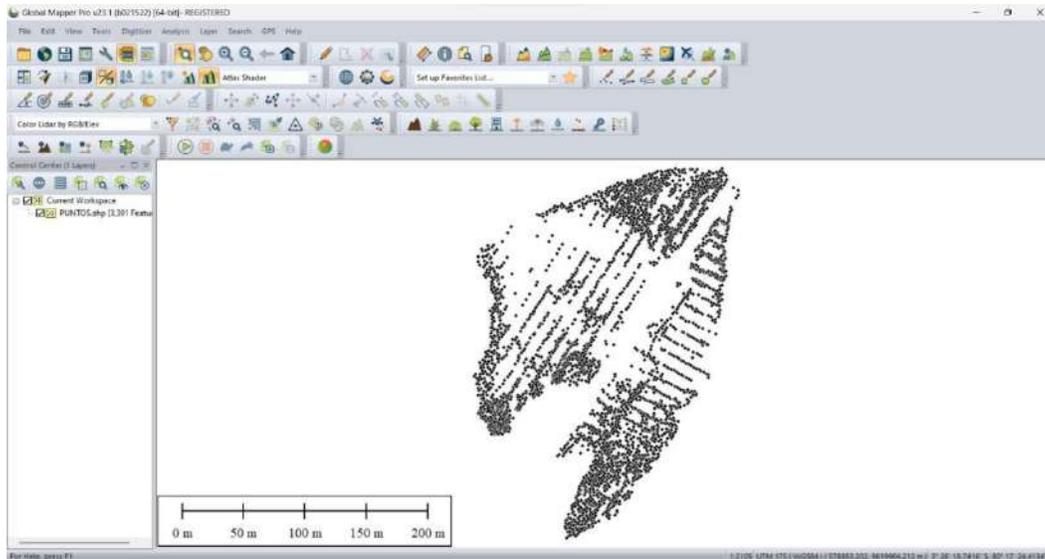


Figura 14.

Procesamiento de Información con Global Mapper 23.0.



Se realiza el análisis del área de recuperación con 4.20 has, donde se identifica cada individuo existente para su posterior clasificación. Cabe indicar que esta información obtenida fue valida en campo con el registro *in situ* de cada individuo.

Figura 15.

Análisis de ortomosaico con cada individuo.

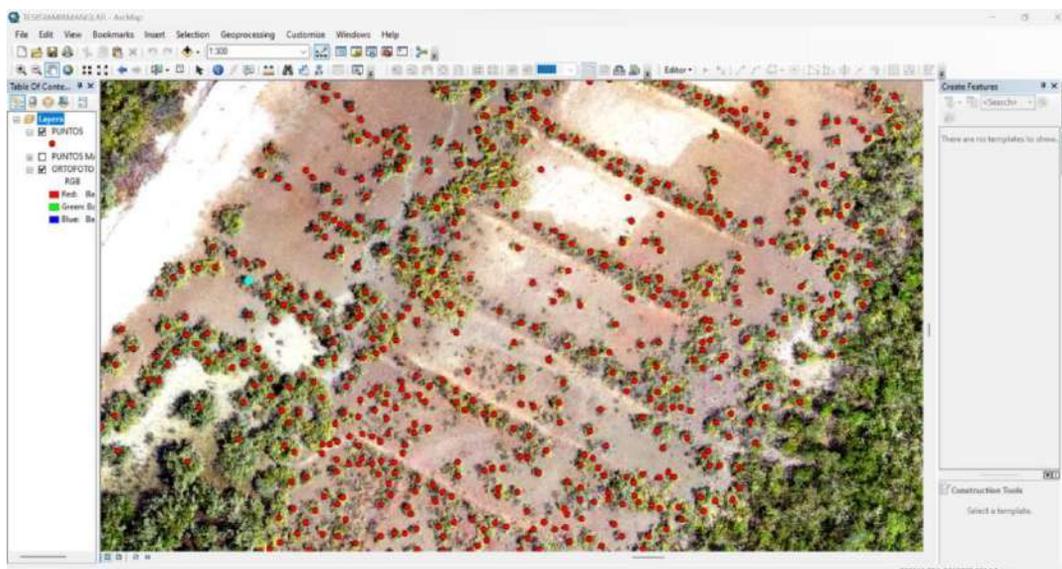
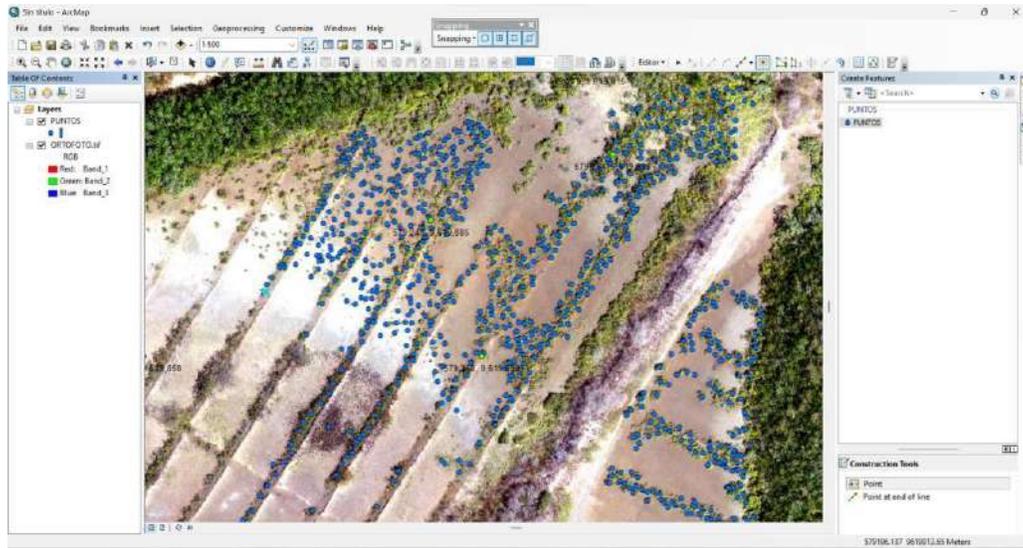


Figura 16.

Análisis de ortomosaico por especie.



Con el procesamiento del ortomosaico mediante el software Agisoft Metashape y Arcgis 10.8 se obtuvieron resultados significativos, estableciendo la superficie en hectáreas para cada tipo de cobertura, donde se obtuvo la cantidad de individuos existentes en el área de recuperación LAN ZARUMILLA y es de 2875 individuos en un área de evaluación de 4.20 Hás., con lo cual se obtuvo la siguiente clasificación:

Tabla 5.

Clasificación del Bosque Manglar.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Individuos	Porcentaje de Individuos (%)	Densidad (Ind/Has)
Mangle negro salado	oAvicennia germinans	Acanthaceae	2250	78.3	535.7
Mangle rojo	Rhizophora mangle	Rhizophoraceae	250	8.7	59.5
Mangle colorado	Rhizophora harrisoni	Rhizophoraceae	232	8.1	55.2
Mangle blanco	Laguncularia racemosa	Combretaceae	143	5.0	34.0
Total de individuos procesados			2875	100.0	

Resultados

Evaluación de la Cobertura Vegetal actual en el SNLMT

Análisis de la estructura del bosque manglar en el área Lan Zarumilla

Para el análisis del área de Investigación denominada Área recuperación LAN ZARUMILLA que comprende un área de 4.20 Has, donde se evaluaron los individuos y las especies, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6.

Estructura del Bosque Manglar.

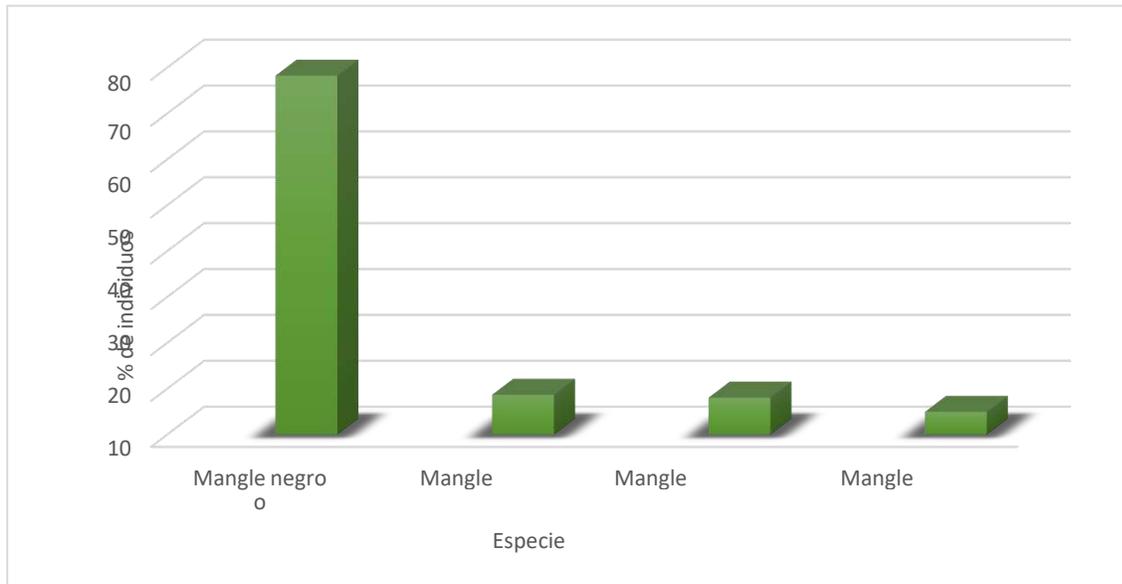
Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Mangle negro o salado	Avicennia germinans	Acanthaceae
Mangle rojo	Rhizophora mangle	Rhizophoraceae
Mangle colorado	Rhizophora harrisoni	Rhizophoraceae
Mangle blanco	Laguncularia racemosa	Combretaceae

Clasificación de la cobertura vegetal en el área de lan Zarumilla

Mediante el procesamiento del ortomosaico mediante el software Agisoft Metashape y Arcgis 10.8 se obtuvo cada tipo de cobertura, donde se obtuvo la cantidad de individuos existentes en el área de recuperación LANZARUMILLA y es de 2875 individuos en un área de evaluación de 4.20 Has, con lo cual se obtuvo la siguiente clasificación:

Tabla 7.

Clasificación de cobertura vegetal.



Con la información obtenida por el levantamiento fotogramétrico se realiza la identificación en el área de recuperación “LAN ZARUMILLA” del SNLMT con las coordenadas obtenidas por el software Arcgis 10.8 y Agisoft Metashape, lo cual se realizaron las mediciones Dasométricas como DAP, Altura de especie y el diámetro de copa, obteniendo los siguientes resultados:

Se evaluaron 121 individuos de las 04 especies estudiadas con la data obtenida del levantamiento fotogramétrico.

Generación de información actualizada de la determinación de cobertura vegetal mediante RPA

Mediante el uso de Drones para el levantamiento fotogramétrico para la identificación de cobertura vegetal se obtiene información con mayor precisión y con menor tiempo, además el área de estudio es una zona de difícil acceso debido al tiempo de mareas es donde el uso de esta tecnología ayuda de manera eficiente para estos tipos de investigaciones.

Figura 17.

Ortomosaico del área de recuperación.



Determinación del Índice de Vegetación Diferenciado Normalizado (NDVI)

En la tabla 12 se pueden observar los índices NDVI, para los diferentes tipos de cobertura encontradas en las 100 Hás. definidas como área de investigación.

Tabla 8.

Índice de Vegetación.

Tipo de cobertura	Clasificación	NDVI	Superficie (has)
Cuerpo del agua	Cuerpo del agua (NA)	0.005	10.50
Zona Salitrosa- banco de arena	Suelo sin Vegetación	0.1	0.50
Zona de langostinera existente	Suelo sin vegetación (SV)	0.1	8.80
Bosque Mangalar Maduro	Vegetación Alta (VA)	0.6	52.0

Bosque de Manglar	Vegetación Mediana (VM)	0.3	24.0
Área de Recuperación	Vegetación Liger (VL)	0.1	4.20
		Total	100

Discusión

En la presente investigación el levantamiento fotogramétrico se realizó con drones, con la finalidad de identificar la cobertura vegetal, lográndose información precisa y en el menor tiempo de la cantidad y tipo de mangle existente en el área bajo estudio; un área sumamente difícil de acceder y haberlo realizado por cualquier otro método tanto por la frondosidad de la cobertura vegetal como por el aspecto de las altas mareas que inundan el bien del estudio.

Conclusiones

El uso de drones y software de procesamiento de imágenes permitió generar un ortomosaico de alta resolución del área de estudio, revelando una dominancia del mangle negro, el cual representó el 78.3% de los individuos identificados. Esta especie, de gran importancia ecológica por su papel en la protección de las costas y la biodiversidad, se encuentra amenazada por diversas actividades humanas. Los resultados obtenidos subrayan la necesidad de implementar medidas de conservación urgentes, tales como la restauración de las áreas degradadas y la creación de áreas protegidas. Además, se recomienda continuar explorando el potencial de las tecnologías de teledetección para el monitoreo a largo plazo de los ecosistemas de manglar

Referencias

1. Alonso Sarría, F. (2016). Cartografía Digital. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Obtenido de Geograf.
2. Matías, A. (2020). En su Trabajo de Investigación “Aplicación de un VANT para mejorar los procesos productivos en Minera Chinalco Perú S. A., Morococha 2020”.
3. ONERN (1972) Monitoreo en los cambios de la cobertura y uso de la tierra en el ecosistema manglar de Tumbes.

4. El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT). (2020). sernanp. Obtenido de <https://biodiversidadanp.sernanp.gob.pe/en/?areas-naturales-pro=ficha-anp&394>
5. NTC-001-2015. (2015). NTC-001-2015 - Requisitos para las Operaciones de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia. Informe y publicaciones, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/321488-ntc-001-2015-requisitos-para-las-operaciones-de-sistemas-de-aeronaves-pilotadas-a-distancia>.
6. RPASDrones. (29 de agosto de 2020). Seguimiento de Grandes Obras con Drones. Obtenido de RPASDrones: <https://www.rpas-drones.com/quienes-somos/>
7. Vera Andrade, E. A. (2018). Evaluación y análisis de los cambios de cobertura vegetal del Manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, Esmeraldas. Recuperado el 28 de 8 de 2023, de <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1737/1/VERA%20ANDRADE%20%20EDUARDO%20ALFREDO.pdf>
8. Zabaleta, S. (2017). Determinación del VANT más adecuado para la optimización de los procesos de levantamiento topográfico y cálculo de volumen en Drummond LTD-Mina Pribbenow. Recuperado el 28 de agosto de 2023, de [http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/894/1/De terminación](http://digitk.areandina.edu.co/repositorio/bitstream/123456789/894/1/De%20terminaci%C3%B3n).

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).