Geoambiente
Soluciones Ambientales
NIT. 800.239.996-1

CONTRATO DE OBRA SBV- SA-OP-279 -2025
SUSCRITO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA – SECRETARIA DE BIENESTAR VERDE Y GEOAMBIENTE S.A.S. NIT 800.239.996 – 1.

OBJETO: CONTRATO DE OBRA PARA LA SIEMBRA DE ESPECIES NATIVAS EN EL MUNICIPIO DE CUCUNUBA, INCLUYE EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO CON DRONES MULTIESPECTRALES DEL AREA INTERVENIDA EN CUCUNUBA Y EN EL MUNICIPIO DE SUESCA, CUNDINAMARCA.

CHIA – 29 DE DICIEMBRE DE 2025.

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del marco jurídico y contexto ambiental, una problemática recurrente y crítica en los años recientes radica en la tendencia al uso irracional de los recursos naturales, manifestada en la tala ilegal de bosques con fines energéticos, la minería ilícita, la habilitación descontrolada de áreas para el autoconsumo, y diversas acciones constructivas no planificadas.

Estas actividades tienen como consecuencia directa la degradación de los ecosistemas y, por ende, la afectación a los servicios ecosistémicos esenciales que proveen, impactando negativamente la calidad de los bosques naturales debido a un inadecuado manejo y explotación de materias primas.

El Departamento de Cundinamarca no es ajeno a este flagelo. Dada la velocidad de su avance, se hace imprescindible plantear estrategias que, a través de herramientas tecnológicas de última generación y junto con la integración de prácticas de manejo sostenible, fortalezcan el sistema de administración y manejo de las áreas.

La implementación de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (UAS) equipadas con sensores multiespectrales para el monitoreo de la vegetación en el departamento de Cundinamarca, se sustenta jurídicamente en el Plan de Desarrollo Departamental 2024-2027, el cual prioriza la transformación digital del campo y la sostenibilidad ambiental como ejes de competitividad regional.

Este marco se alinea con la Ley 1876 de 2017, que crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), obligando a los entes territoriales a integrar tecnologías de precisión para mejorar la productividad y la gestión del conocimiento rural.

Finalmente, el uso de estas herramientas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) responde a las directrices del Decreto 108 de 2025 de la Gobernación de Cundinamarca, que fortalece la Comisión Regional de Competitividad e Innovación, validando el análisis temporal de datos geoespaciales como una estrategia oficial para la adaptación al cambio climático y la protección de los recursos naturales del departamento.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBEJTIVO GENENRAL

Prestación de servicios profesionales para la toma y procesamiento de imágenes multiespectrales en un predio en el municipio de Cucunubá y un predio en el municipio de Suesca.

Con el procesamiento de las imágenes capturadas por el sensor multiespectral de una aeronave no tripulada se generarán productos fotogramétricos para cada uno de los predios

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entregable 1: Imágenes multiespectales crudas
- Entregable 2: Modelo Digital de Elevación DEM
- Entregable 3: Ortofotomosaico RGB
- Entregable 4: Ortofotomosaico Multiespectral (RGBI)
- Entregable 5: Generación de NDVI
- Entregable 6: Análisis de NDVI realizado por profesional ambiental

1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL CONTRATO.

Fecha del contrato. 28 de noviembre de 2025

Plazo de ejecución: 31 de diciembre de 2025.

Fecha de Inicio: 05 de diciembre de 2025.

Fecha de Terminación: 31 de diciembre de 2025.

Supervisor: Miguel Edgard Bello González.

Contratante: Departamento de Cundinamarca – Secretaria de Bienestar Verde.

Contratista: Geoambiente S.A.S. NIT 800.239.996 – 1.

Representante Legal: Rafel Sierra Ríos.

La Secretaria de Bienestar Verde aprobó el 28 – 11 de 2025 las garantías requeridas, emitidas por la Compañía Aseguradora Seguros del Estado S.A., con fecha de expedición del 28 de noviembre de 2025, así:

Garantías	Si X	No
Aseguradora	Seguros del Estado	
Numero de la Garantía y fecha de aprobación	33-40-101088451 del 28 – 11- 2025	
	33–44-101270088 del 28-11-2025	
Amparos y cumplimientos	Cumplimiento	20%
	Calidad de obra	20%
	Pago de salarios	5%
	Responsabilidad Civil extracontractual	200 SMMLV

Tabla No. 1 Relación y vigencia de las Garantías contractuales

2. UBICACIÓN Y RECONOCIMENTO DEL AREA DE TRABAJO.

El presente contrato de obra se ejecutará en el municipio de Cucunuba. El municipio de Cucunuba esta ubicado en la provincia de Ubaté y se sitúa a 88 kilómetros al norte de Bogotá, Con una altura entre 2.590 hasta3.000 n.s.n.m. temperaturas que oscilan entre 6 y 18 grados centígrados siendo el promedio anual de 11.6 grados Centígrados; la precipitación media anual es de 679 mm, siendo los meses más húmedos abril y octubre.

2.1 AREA ESPECIFICA DE TRABAJO:

El presente contrato tiene como alcance la implementación de acciones de restauración ecológica en un área afectada por incendios forestales en 2024 en el municipio de Cucunuba, mediante la siembra de 13,9 hectáreas manual de 15.290 plántulas de especies nativas adaptadas al ecosistema altoandino.

Los predios a intervenir son el Manzano y los Molinos, de propiedad del municipio, de Cucunuba, administrativamente ubicados en la vereda Juaitoque y ambientalmente hacen parte de la Reserva Natural Juaitoque., que es un Distrito Regional de Manejo Integrado, con un área de 398,64 hectáreas.

2.1.1 Reconocimiento del área

Los predios se ubican sobre el flanco nororiental de un sistema colinado, con alturas en la parte inferior de 2.700 y en la cima 2.789 m.s.n.m, predominando suelos ácidos, con residuos de cenizas producto del incendio y vegetación de Helecho marranero, *(Pteridium aquilinum)* residuos de arbustos quemados, y rebrote de *(Pinus,sp)* mayoritariamente.

A continuación, se reseña mediante fotografías el área a intervenir.

2.1.1.1. Reconocimiento físico del área: mediante recorridos por el interior de los predios se observó lo siguiente:



Foto No. 1. Vista desde la Parte inferior



Foto No. 2. Vegetación presente en el área a intervenir



Foto No. 3. de helecho marranero *(Pteridium aquilinum)*



Foto No. 4. Vista general del predio, pendiente y vegetación

2.1.1.1.2 Reconociendo del área con instrumentos tecnológicos:

El equipo técnico utiliza en campo un dron con el fin de caracterizar los predios a intervenir



Foto No. 5. Equipo técnico en trabajo de campo con el Dron.

Como resultado de esta actividad preliminarmente se obtuvo la siguiente imagen:

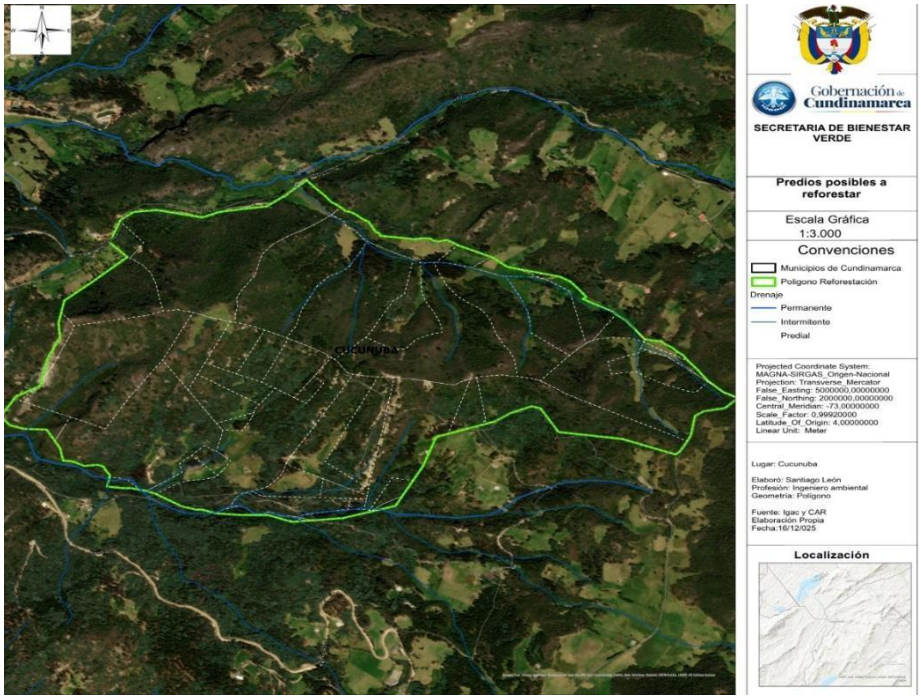


Imagen No. 1 levantamiento preliminar de las áreas a intervenir.

En la imagen No.2 se observa el polígono de los predios: El Manzano y los Molinos, documento aportado por la Secretaria del medio Ambiente del municipio de Cucunuba

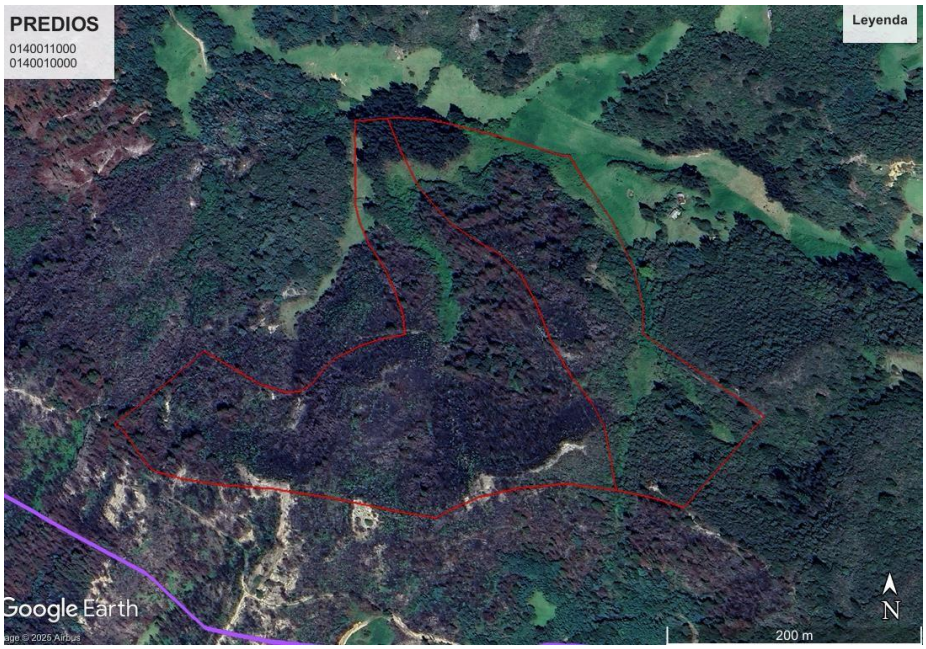


Imagen No. 2 Polígonos de las áreas a intervenir.

3. PLAN DE REFORESTACION PROTECTORA – PLANTACION DE ARBOLES.

3.1 MATERIALES E INSUMOS REQUERIDOS:

3.1.1 Plántulas

La densidad de siembra corresponde a 1.100 individuos por hectárea, sembrados a una distancia de 3 metros entre planta y 3 metros entre surco

Para el establecimiento de la restauración ecológica con especies nativas propias del ecosistema a intervenir, se propone una estratificación sucesional del cincuenta por ciento (50%) de especies Priserales; Treinta por ciento (30%) de especies Mesoserales inductoras y un estrato superior correspondiente al veinte por ciento (20%) de especies Tardiserales., la tabla No. 2 discrimina la cantidad de individuos por posición sucesional.

MATERIAL	POSICION SUCESIONAL	CANTIDAD
PLANTULAS	PRISERALES	7.645
	MESOSERALES	4.587
	TARDISERALES	3.058
TOTAL		**15.290**

Tabla No. 2.No. de individuos por posición sucesional.

3.1.1.1. Especies Priserales: Las especies Priserales propuestas para la restauración ecológica, de acuerdo con la disponibilidad en vivero son las siguientes.

Duraznillo, (*Abatia parviflora);* Blanquillo, (*Ageratina asclepiadea);* Amargoso, *(Ageratina tinifolia);* Chilco, *(Baccharis latifolia);* Ciro, *(Baccharis macrantha);* Hayuelo, *(Dodonaea viscosa)*; Tinto*, (Cestrum mutisii);* Gurrubo, *(Lycianthes lycioides)* Sauco, *(Sambucus peruviana);* Alcaparro, *(Senna multiglandulosa)*; Chicala, *(Tecoma stans).*

3.1.1.2. Especies Mesoserales: Las especies Mesoserales propuestas son las siguientes:

Aliso *(Alnus acuminata); Trompeto (Bocconia frutescens);* cajeto (*citharexylum subflavescens)*; Tibar *(Escallonia paniculata);* Mangle de tierra fría *(Escallonia pendula)*; Laurel de cera *(Morella pubescens)*; Guayacan de Manizales *(lafoensia*

acuminata); Cucharo *(Myrsine guianensis)*; Garrocho *(Viburnum triphyllum)*; Salvio negro *(Varronia cylindrostachya).*

3.1.1.3Especies tardiserales: Con los mismos criterios anteriores se proponen las siguientes especies:

Cedro de altura *(Cedrela montana)*; Gaque *(Clusia multiflora)*; Canelo de paramo *(Drymis granadensis)*; Nogal *(Juglans neotropica)*; Arrayan *(Myrcianthes leucoxyla)*; Cereso *(Prunus serotina)*; Roble *(Quercus humboldtii)*; Pino romeron *(Retrophyllum rospigliosii)*; Raque *(Vallea stipularis)*; Uche *(Prunus buxifolia)*.

3.1.1.4.Diseño del módulo. Para este proyecto de restauración se propone el siguiente modulo.

P. Priserales. M. Mesoserales. T.Tardiserales.

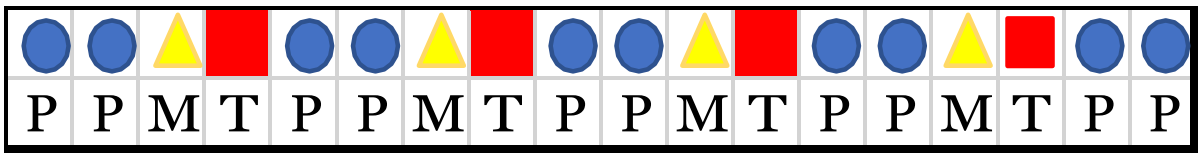


Imagen 3; Ilustración de referencia establecimiento plantación
: Fuente GEOAMBIENTE SAS.

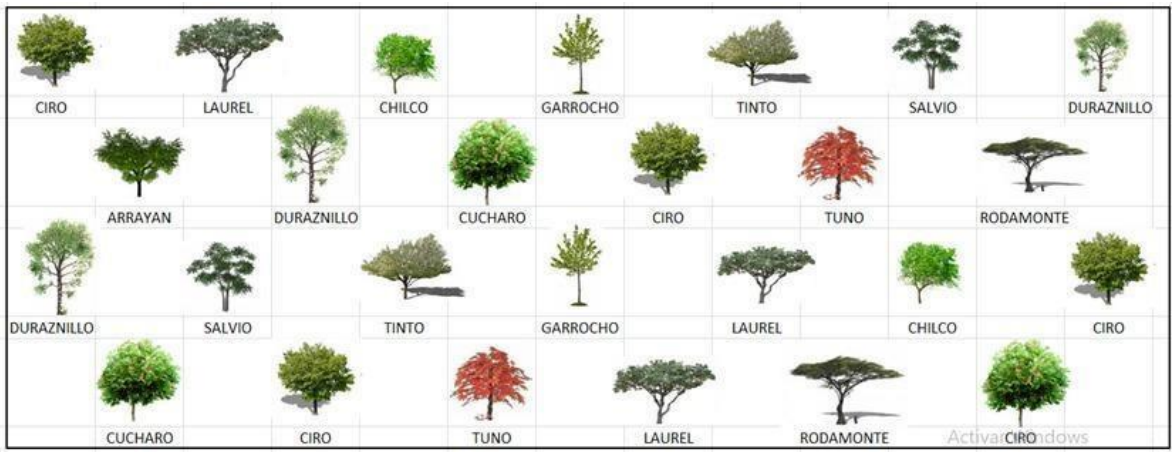


Imagen No. 4 Imagen aproximada del módulo de restauración

3.1.2 Insumos

Los insumos recomendados en el contrato son correctivo al suelo, cal dolomita y abono orgánico, sustrato mejorado (tierra y compost) e hidrorretenedor**.**

En la tabla número 3 se presentan las cantidades de insumos requeridos

Insumo	Cantidad por plántula (grs)	Cantidad total (Kg)
Cal dolomita	100	1.529
Abono orgánico	1.000	15.300
Hidrorretenedor	5	76.5
Tierra		

Tabla No. 3 Cantidades de insumos.

FICHA TECNICA DEL ABONO ORGANICO

Nombre Comercial Abono orgánico ABOB SAS

Abono orgánico de Boyacá - mineralizado

Acondicionador orgánico -mineral del suelo polvo de uso agrícola

Registro ICA No. 4580 de venta

Registro ICA No. 1726.**omposición Garantizada.**

Nitrógeno total	2.0%
Fosforo total (P2O5)	5.0%
Potasio soluble en agua (k2O).	3.0%
Calcio (Cao).	10%
Silicio (Sio2)	24%
Materia orgánica	35%
Carbono orgánico oxidable	9%
Relación carbono / nitrógeno	7.5%
Cenizas	52%
Humedad máxima	13%
PH	7.5
Densidad	0.71%
Capacidad de intercambio catiónico	25,0 meq/100gr
Capacidad de retención de humedad	87%

Tabla No. 4 Componentes del abono orgánico

Fuentes del abono orgánico

Compost preparado a partir de caprinaza, bagazo de caña de azúcar, lombricompuesto, gallinaza, roca fosfórica, carbonato de calcio y polihalita.

Lote 409.



Foto No. 6. Empaque del abono orgánico

FICHA TECNICA DE LA CAL

MINEROS DE COLOMBIA

Dolomita

Acondicionador inorgánico (enmienda del suelo)

Polvo seco uso agrícola

Registro ICA 5546 a nombre de Mineros de Colombia

Composición garantizada

Calcio soluble en HCL (cao)	35%
Magnesio soluble en HCL (Mgo)	15%

Tabla No. 5 Componentes de la Cal

Fuentes de la Cal:

Dolomita proveniente del sector minero de Palermo (Huila) con un contenido mínimo de 55% de carbonato de calcio y 33% decarbonato de magnesio.

Lote No. 102025

Fecha de fabricación 10 de 2025

Fecha de vencimiento 10 de 2028.



Foto No. 7. Empaque de la Cal

HIDRORETENEDOR



Foto No 8. Hidro retenedor hidratado al 300%

4. RECURSOS HUMANOS

El personal de campo está integrado por los siguientes colaboradores.

Nombre	Función
José del C. Alfonso C.	Ing. de Campo
Miguel Uriel Ramírez	Jefe de Cuadrilla
Adrián Cañón	Líder de campo
Primitivo Cuervo	Operario
Carlos Javier Sulvaran	Operario
Jorge Luis Urbina Rodríguez	Operario
Daison Mejía	Operario
Nandar Cañón	Operario
John Solano	Operario
Alejandro Méndez	Operario
Nayder Mantilla	Operario

Tabla No. 6 Relación de personal.

5. ACTIVIDADES DE PLANTACION.

5.1. Transporte mayor de insumos: Esta actividad se realiza desde los grandes centros de acopio o producción (viveros) almacenes agrícolas.

5.1.1. PLANTULAS: Estas son trasladadas en camiones o camionetas hasta un lugar donde sea posible el ingreso cercano al área de plantación,



Foto No 9. Transporte mayor del material vegetal



Foto No 10. Transporte mayor de fertilizantes.

5.1.2 Transporte menor de insumos: Esta actividad consiste en transportar generalmente a lomo de mula los insumos hasta un sitio lo más cercano al área a intervenir.





Fotos Nos 11 12. Transporte menor de insumos (plántulas y fertilizantes).

5.1.3 Transporte interno de insumos. Se ubica un sitio de acopio de los insumos para mezclarlos y desde allí realizar el transporte interno a los sitios definitivos de plantación.



Foto No. 13. Centro interno de acopio de insumos (plántulas y fertilizantes).



Foto No. 14. Centro interno de acopio de plántulas.

5.1.4 Material forestal utilizado en la restauración ecológica. Hasta el día 26 de diciembre de 2025, se han transportado y plantado un total de 13560 plántulas de catorce especies, correspondiente al noventa (90%) del contrato

Especie (nombre común)	Nombre científico	Cantidad
Amargoso	*Ageratina tinifolia*	860
Arrayan	*Myrcianthes leucoxyla*	1.000
Ciro	*Baccharis macrantha*	1.500
Cucharo	*Myrsine guianensis*	500
Chilco	*Baccharis latifolia*	1.200
Chuque	*Vallea stipularis*	628
Blanquillo	(*Ageratina asclepiadea)*	740
Hayuelo	*Dodonaea viscosa*	980
Laurel	*Morella pubescens*	700
Roble	*(Quercus humboldtii)*;	752
Uche	*(Prunus buxifolia)*.	1.000
Tinto	*Cestrum mutisii*	700
mangle	*(Escallonia pendula)*	1500
Tibar	*Ecallonia paniculata*	1.500
TOTAL		**13.560**

Tabla No. 7 Cantidad de especies e individuos transportados y plantados

6. Establecimiento de la restauración ecológica (Plantación propiamente dicha)

Esta actividad es la ubicación en el sitio definitivo de cada una de las Plántulas que conformarán la restauración propiamente dicha y consta de las siguientes actividades (Trazado, marcado, Plateo, ahoyado, plantación y fertilización),

6.1 Trazado: La distancia entre plántulas es de tres (3) metros y entre surcos tres (3) metros, generando líneas de plantación.

6.2 Marcado: Con un azadón se marca inicialmente el punto de partida de cada línea y cada tres metros aproximadamente y dependiendo las condiciones de

topografía y cobertura vegetal existente se marca el sitio para ubicar la nueva plántula.

6.3 Plateo.

Consiste en limpiar con azadón en un diámetro de setenta (70) centímetros alrededor del sitio donde se ubicara definitivamente la plántula, esta actividad se recomienda cuando existen arvenses agresivas que puedan competir con el individuo vegetal recién plantado; para este caso concreto, dadas las condiciones del terreno, pendiente, fuerte sol, vientos y escasa precipitación, se recomienda dejar cubierto con vegetación la mayor cantidad de área con el fin de brindar abrigo y protección a la nueva plántula.

6.4 Ahoyado.

Esta actividad se realiza generalmente con Palín, Azadón, Pica o Barra, dependiendo las características del suelo y consiste en hacer un hueco de cuarenta (40) cms de profundidad por cuarenta (40) cms de ancho, allí se ubicará definitivamente la plántula.



Foto No. 15. Ahoyado con Palin.



Foto No. 17. Vista superior del ahoyado.



Foto No. 16. Verificación de la profundidad del ahoyado con cinta métrica.

6.5 Aplicación de Cal, abono orgánico e hidro retenedor: se mezclan los cien (100) gramos de cal, con los mil gramos (1.000) de abono orgánico, se mezclan con tierra y sustrato residual de la quema y se incorpora al hoyo



Foto No. 18. Aplicación de la Cal y la materia orgánica.
Fotos Nos. 19 y 20. Aplicación del hidro retenedor

6.6 PLANTACIÓN.

Es la ubicación de la plántula en el sitio definitivo, aquí los operarios quitan la bolsa y ubican el espécimen en el centro del hoyo, posteriormente apisonan para expulsar el aire que pueda quedar entre las raíces y el nuevo sustrato que albergará la plántula.



Fotos Nos. 21 y 22. Ubicación del árbol en su sitio definitivo.



Fotos Nos. 23 y 24. Ubicación del árbol en su sitio definitivo.



Fotos Nos. 25 y 26. Ubicación del árbol en su sitio definitivo.

Hasta el día 29 de diciembre de 2025, se han intervenido aproximadamente (12.5) hectáreas en la restauración, teniendo un avance del noventa (90) por ciento del total del proyecto.

Descripción	unidad	Cantidad por ha	Has intervenidas
Material vegetal	árbol	13.560	12.3
cal	kg	1.356	
Materia orgánica	Kg	13.560	
hidroretenedor	Kg	65	

Tabla No. 8 Cantidad de área intervenida e insumos utilizados

7. MONITOREO AVANZADO DE VEGETACIÓN MEDIANTE DRONES Y SENSORES MULTIESPECTRALES

En el marco de esta necesidad, la consolidación de una estrategia que emplee herramientas innovadoras y tecnológicas (CTeI) se vuelve crucial para capturar, procesar e informar aspectos vitales en la toma de decisiones, proveyendo los insumos necesarios para la planificación ambiental y territorial.

La intersección de la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) ha permitido transformar la gestión de recursos naturales. El uso de drones equipados con cámaras multiespectrales representa un salto cualitativo desde la observación visual subjetiva hacia la fenotipado digital de alta precisión. Esta tecnología permite capturar datos en regiones del espectro electromagnético invisibles al ojo humano, fundamentales para diagnosticar el vigor vegetal.

7.1. FUNDAMENTOS DE LA TECNOLOGÍA MULTIESPECTRAL

A diferencia de las cámaras convencionales (RGB), las cámaras multiespectrales captan bandas específicas como el Infrarrojo Cercano (NIR) y el Borde Rojo (Red Edge).

- Reflectancia Vegetal: Las plantas sanas absorben gran parte de la luz visible para la fotosíntesis, pero reflejan fuertemente el NIR.
- Índices de Vegetación: Al procesar estas bandas, se generan indicadores como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).

Fórmula del NDVI:

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

Un valor cercano a 1 indica vegetación densa y saludable; valores cercanos a 0 o negativos indican suelo desnudo, agua o vegetación estresada.

7.2. IMPORTANCIA DEL USO DE DRONES EN CTEI

La adopción de drones frente a métodos tradicionales ofrece ventajas competitivas críticas:

1. Resolución Espacial: Capacidad de obtener detalles a nivel de centímetro por píxel.
2. Flexibilidad Temporal: Posibilidad de volar bajo demanda, evitando la interferencia de nubes que suelen bloquear a los satélites.
3. Detección Temprana: Identificación de estrés hídrico o nutricional antes de que sea visible para el ojo humano, permitiendo intervenciones localizadas.

7.3. ANÁLISIS MULTI - TEMPORAL: LA IMPORTANCIA DE LAS VISITAS PERIÓDICAS

El monitoreo **no debe ser un evento aislado**, sino un proceso cíclico y sistemático. La importancia de la periodicidad radica en:

- Curvas de Crecimiento: Permite comparar el estado actual de la vegetación contra su historial de desarrollo esperado.

- Detección de Anomalías Dinámicas: Identificar la propagación de plagas o enfermedades en tiempo real para contener focos de infección.
- Evaluación de Impacto: Medir la efectividad de fertilizantes, riego o medidas de restauración ambiental a lo largo de las estaciones.
- Modelado Predictivo: La acumulación de datos históricos permite crear modelos de inteligencia artificial para predecir rendimientos de cosecha o riesgos de incendio.

La implementación de herramientas de CTeI, específicamente drones con sensores multiespectrales, es fundamental para la sostenibilidad productiva. La transición de una "gestión correctiva" a una "gestión preventiva y predictiva" solo es posible mediante el análisis de datos geoespaciales precisos y la constancia en el monitoreo temporal.

7.4. AERONAVE NO TRIPULADA A UTILIZAR

Para la etapa de captura de imágenes multiespectrales se cuenta con el siguiente equipo:

7.4.1. UAS – DJI MAVIC 3M - MULTIESPECTRAL

El DJI Mavic 3 Multispectral (M3M) es una herramienta de vanguardia diseñada específicamente para la agricultura de precisión y la gestión ambiental, que integra en un cuerpo compacto y plegable un sistema de doble cámara: una RGB de 20 MP con obturador mecánico para cartografía de alta velocidad y un sensor multiespectral de cuatro bandas (G, R, RE, NIR) para generar índices de vegetación como el NDVI.

Este dron destaca por su precisión centimétrica gracias al módulo RTK incorporado, un sensor de luz solar para la corrección radiométrica de los datos y una autonomía de hasta 43 minutos, lo que le permite cubrir hasta 200 hectáreas por vuelo, facilitando la detección temprana de estrés en los cultivos y la optimización de recursos mediante el monitoreo periódico y sistemático.

- Peso 951 g incluyendo el módulo RTK
- 13 a 15 kilómetros de alcance máximo de distancia.
- Sensores omnidireccionales contra obstáculos.
- Batería de 5.000 mAh para vuelos hasta por 48 minutos
- Eficiencia en mapeo de hasta 200 ha por vuelo
- Carga rápida en 50 minutos.
- Resistencia máxima a la velocidad del viento 10,7 m/s
- Sensor de imagen CMOS de 4/3 pulgadas de 20 MP
- Formato de foto JPEG/DNG(RAW)/TIFF
- Formato de video MP4 (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)



Imagen: https://enterprise.dji.com/mavic-3-m

7.4.2. POSICIONAMIENTO CENTIMÉTRICO

La aeronave no tripulada Mavic 3 M usada para este proyecto, cuenta con un módulo de posicionamiento RTK a nivel centimétrico, lo cual genera sincronización de tiempo a nivel de microsegundos.

El control de vuelo, la cámara y el módulo RTK se sincronizan en microsegundos para capturar con precisión la ubicación del centro de imagen de cada cámara.

Esto permite al Mavic 3M realizar levantamientos aéreos de alta precisión sin usar puntos de control terrestres.



7.5. SOFTWARE A UTILIZAR

Para el postproceso de las imágenes y generación de los productos fotogramétricos, se utiliza la herramienta de software AGISOFT METASHAPE.

Para la generación del índice NDVI y el cálculo de sus estadísticas se utilizó el software ArcGIS Pro

7.6. TALENTO HUMANO

A continuación, se presenta el grupo de profesionales encargados del desarrollo del proyecto:

- Profesional Ingeniero Industrial, Especialista en Matemáticas Aplicadas. Piloto profesional de drones con Certificado de Idoneidad RAC 100 expedido por la Aeronáutica Civil
- Profesional Ingeniero Catastral y Geodesta especialista en GIS para la generación de los productos fotogramétricos.
- Profesional ambiental a cargo del análisis NDVI

7.7. RESULTADOS ESPERADOS

A nivel del equipo de trabajo, se espera lograr el correcto desarrollo de cada una de las fases que comprenden el proyecto. Lo anterior en el marco de la adecuada gestión de los recursos financieros, los tiempos propuestos y los alcances técnicos.

7.8. COMUNICACIONES

Para efectos de la correspondencia con la dirección del proyecto se establece a través de vía electrónica el correo es ingenierohanssen2@gmail.com y la dirección para la correspondencia física es la Calle 137 A No. 98 B 04 en Bogotá con número celular 3002810916.

Desde la empresa se dispone de un contacto directo con el profesional **Hanssen Andrés Bravo** como un elemento facilitador para agilizar trámites, solicitudes o requerimientos de aspectos técnicos, administrativos o financieros del proyecto.

8. INFORME PREDIO MUNICIPIO CUCUNUBÁ – CUNDINAMARCA

El presente apartado relaciona las actividades desarrolladas para la captura de imágenes multiespectrales en el municipio de CUCUNUBÁ - Cundinamarca.

El día viernes 12 de diciembre nos presentamos en el municipio de CUCUNUBÁ Cundinamarca para dar inicio a la actividad de captura de imágenes multiespectrales.

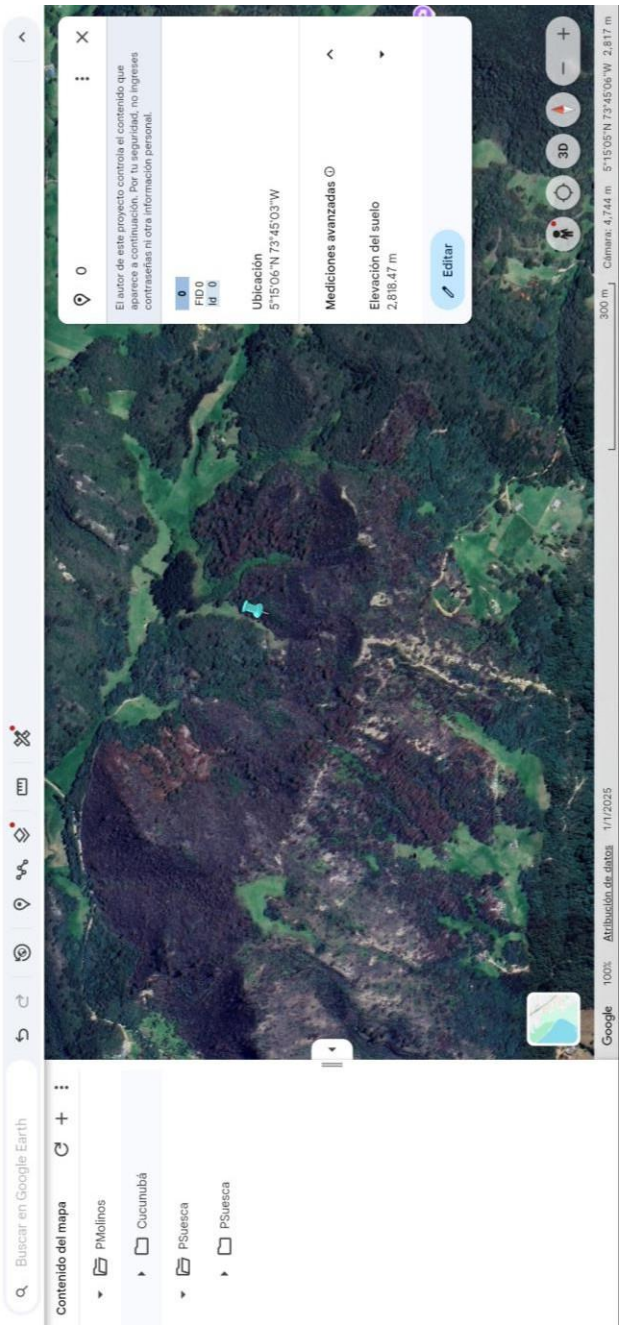


Panorámica predio del Municipio de Cucunuba.

8.1. UBICACIÓN PREDIO DEL MUNICIPIO DE CUCUNUBÁ

Coordenadas de ubicación del predio: 5°15'06"N 73°45'03"W

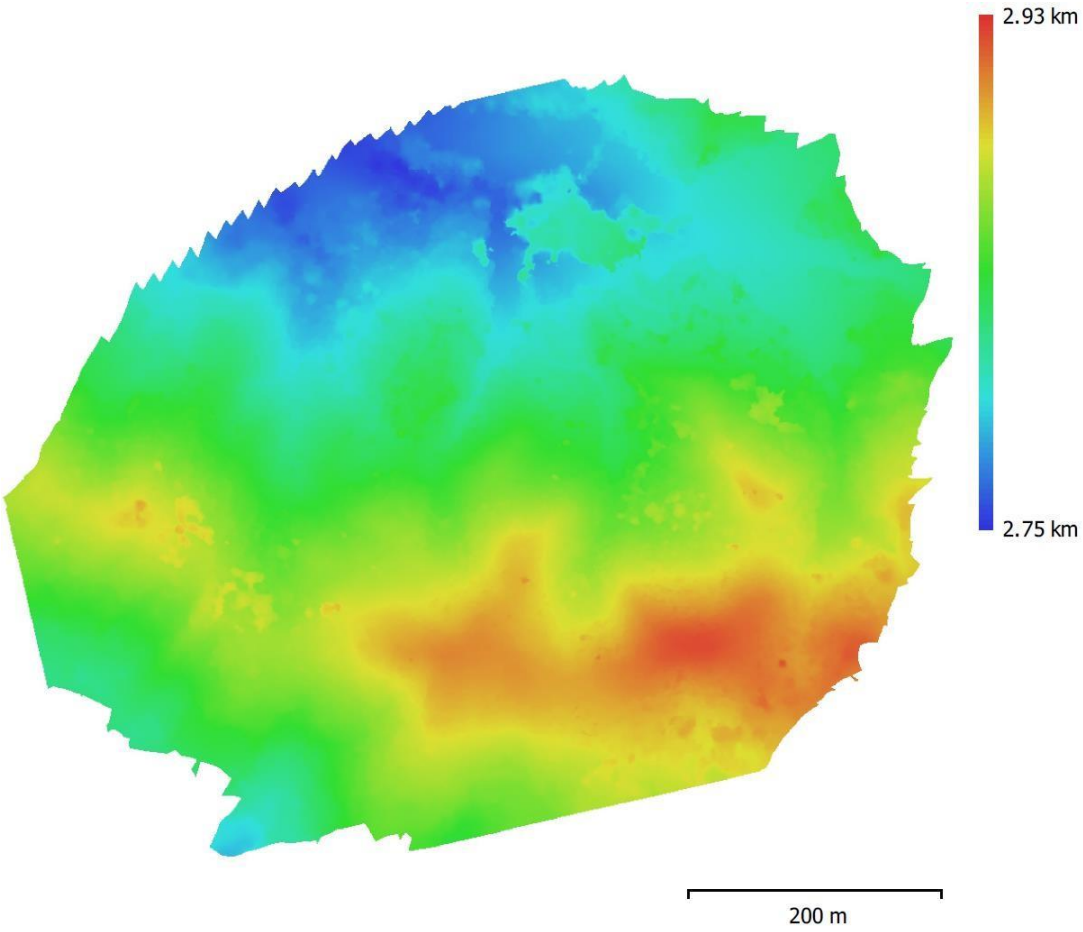
Elevación: 2,818.47 m



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 1

8.2. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

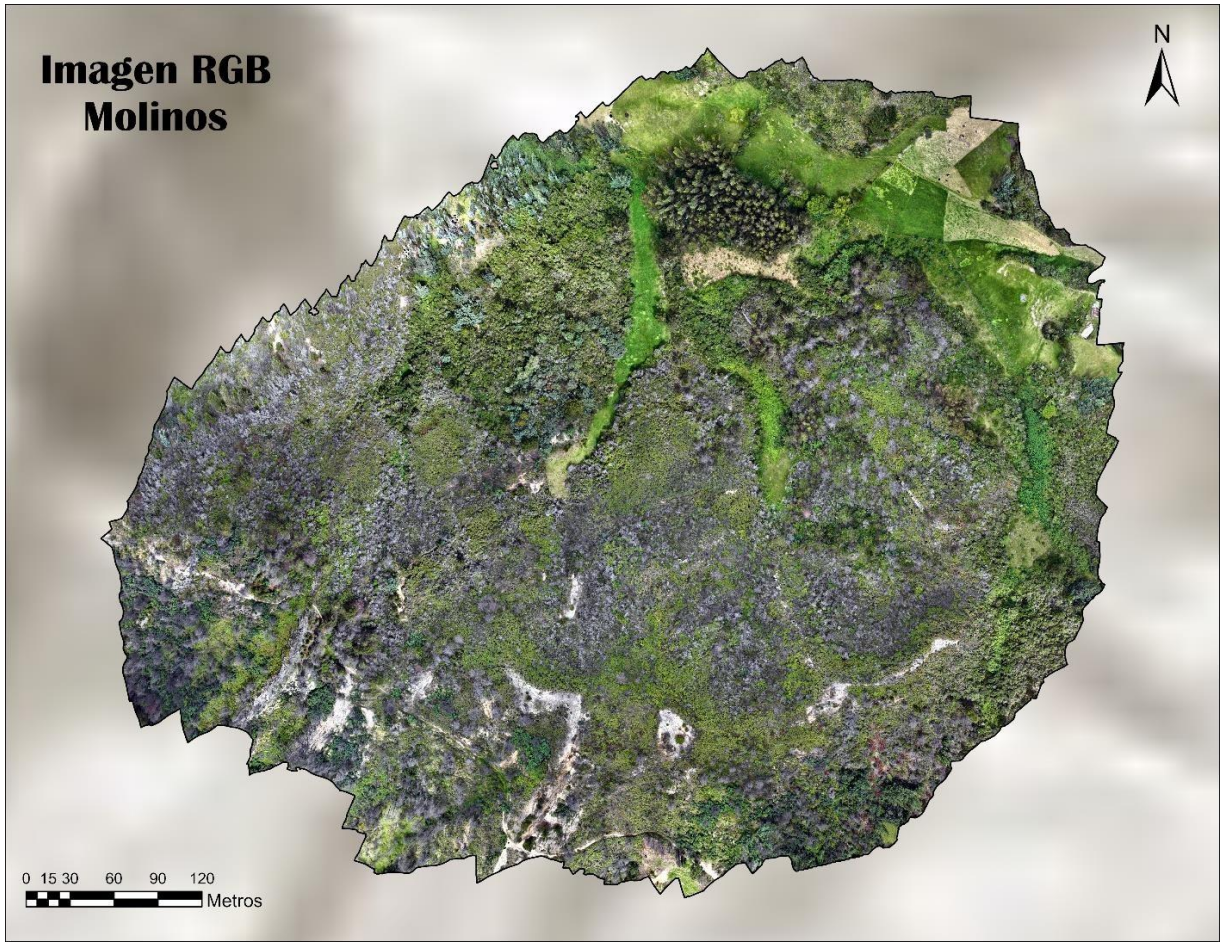
Para este predio se generó el siguiente Modelo Digital de Elevación.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 2
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.3. ORTOFOTOMOSAICO RGB

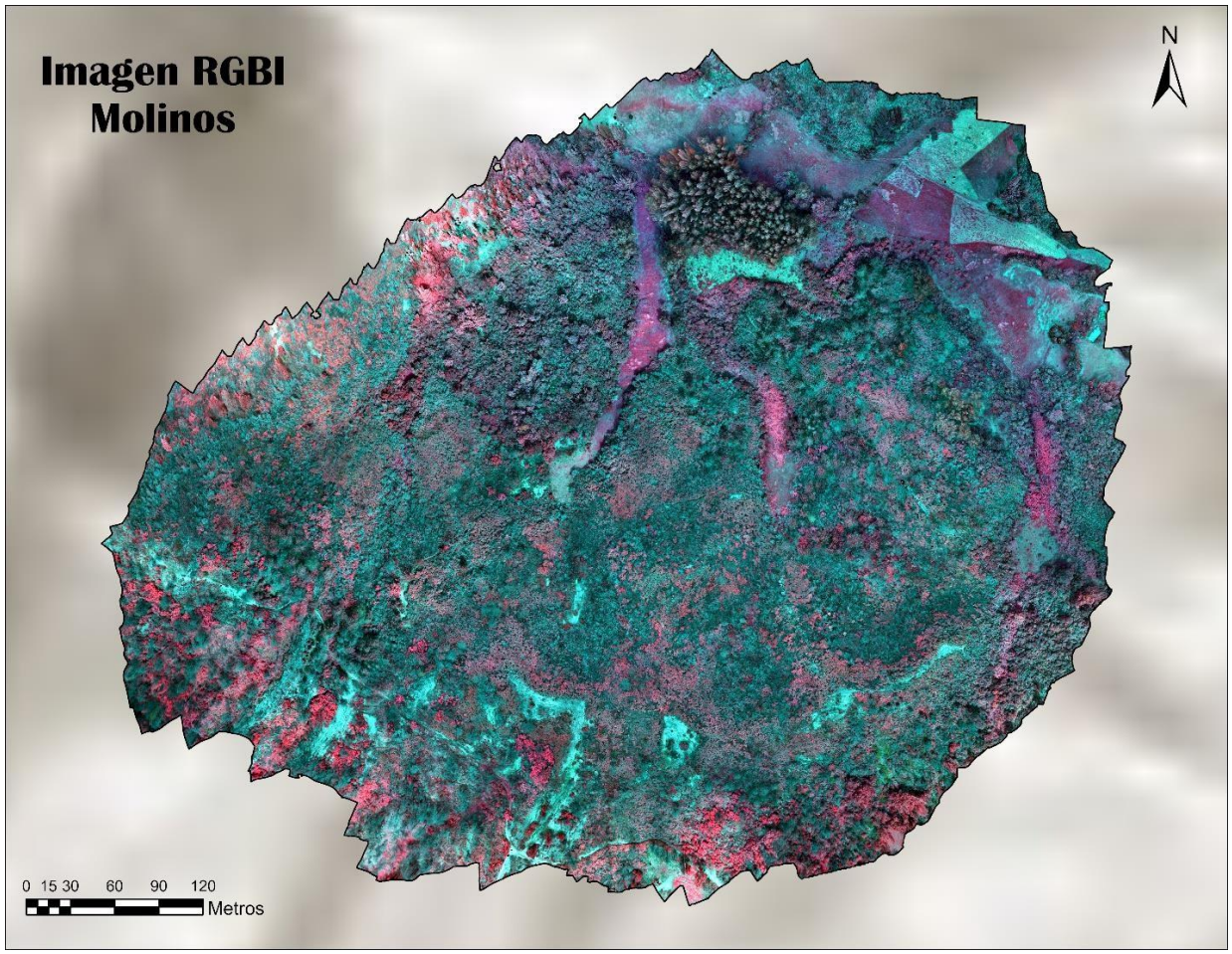
Se capturaron 1.420 imágenes a través del sensor multiespectral, generando un predio por un total de 28,64 ha.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 3

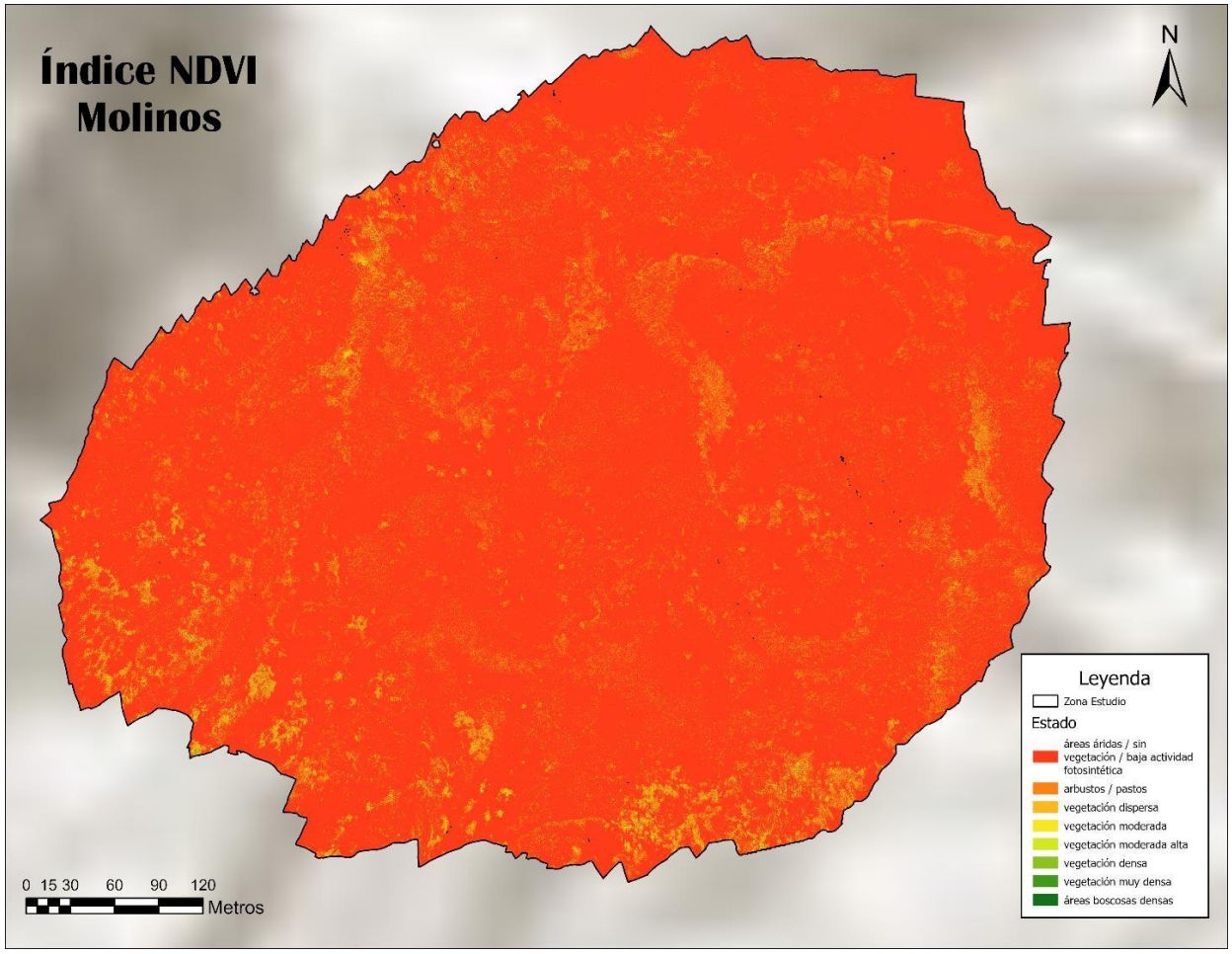
8.4. ORTOFOTOMOSAICO MULTIESPECTRAL (RGBI)

Se capturaron 1.420 imágenes a través del sensor multiespectral, generando un predio por un total de 28,64 ha.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 4
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.5. ÍNDICE NDVI



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 5
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.6. REPORTE DE PRODUCTO

Como fue mencionado en el numeral 2.3, el software a utilizar es Agisoft Metashape.

Este software genera un reporte de producto, el cual se entrega como Anexo 6.

8.7. INFORME PREDIO MUNICIPIO SUESCA – CUNDINAMARCA

El presente apartado relaciona las actividades desarrolladas para la captura de imágenes multiespectrales en el municipio de SUESCA - Cundinamarca.

El día viernes 12 de diciembre nos presentamos en el municipio de SUESCA Cundinamarca para dar inicio a la actividad de captura de imágenes multiespectrales.

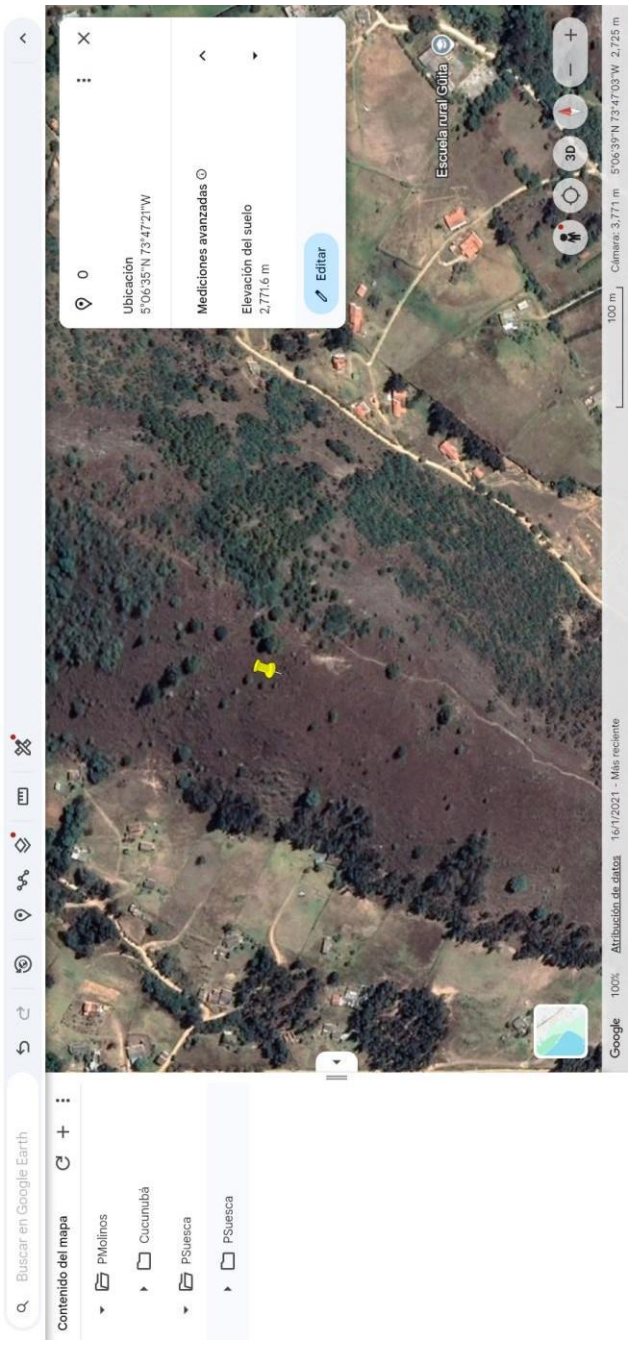


Panorámica del predio del Municipio de Suesca.

8.8. UBICACIÓN PREDIO DEL MUNICIPIO DE SUESCA

Coordenadas de ubicación del predio: 5°06'35"N 73°47'21"W

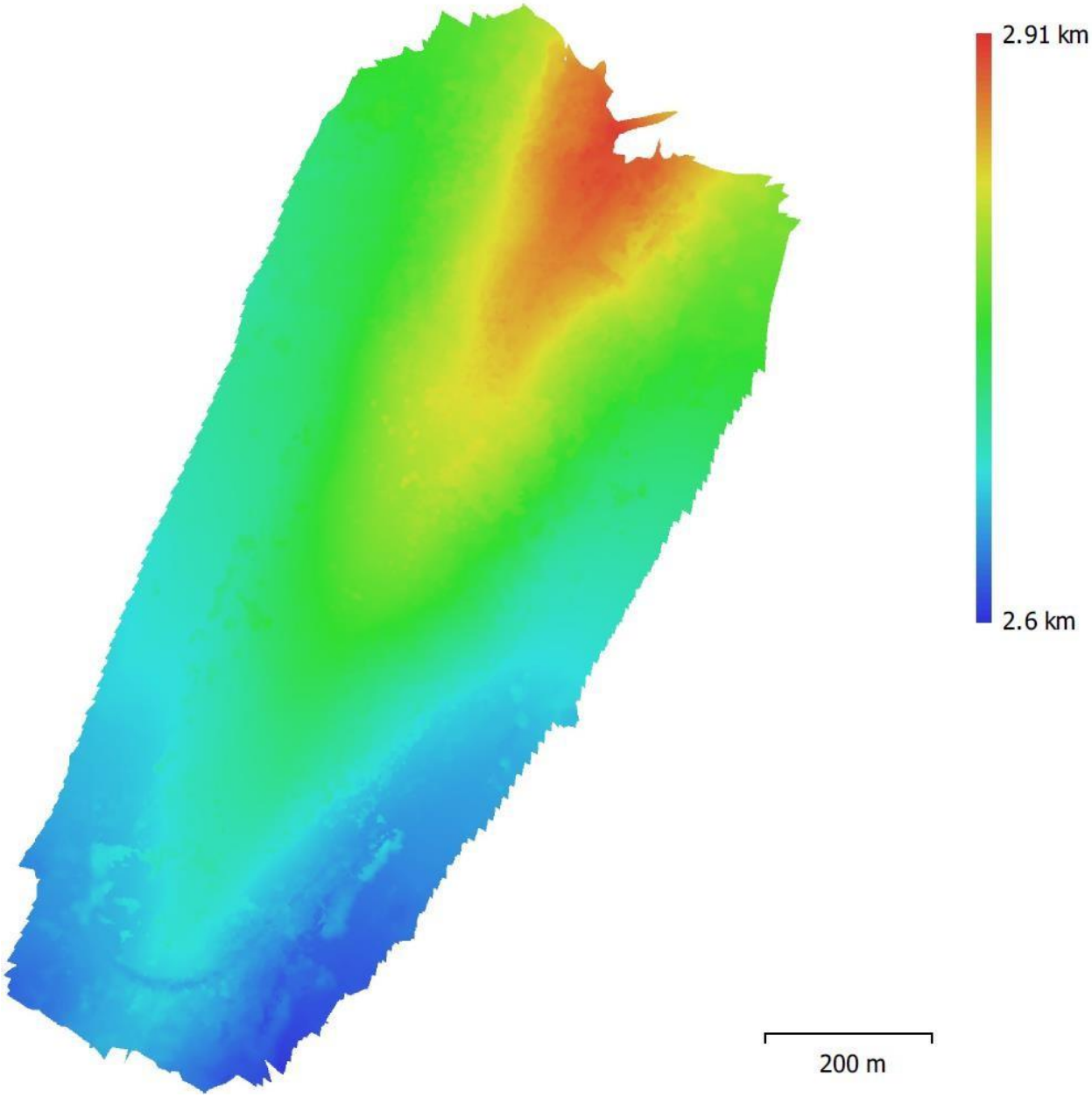
Elevación: 2,771.6 m



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 7

8.9. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

Para este predio se generó el siguiente Modelo Digital de Elevación.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 8
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.10. ORTOFOTOMOSAICO RGB

Se capturaron 2.975 imágenes a través del sensor multiespectral, generando un predio por un total de 56,04 ha.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 9

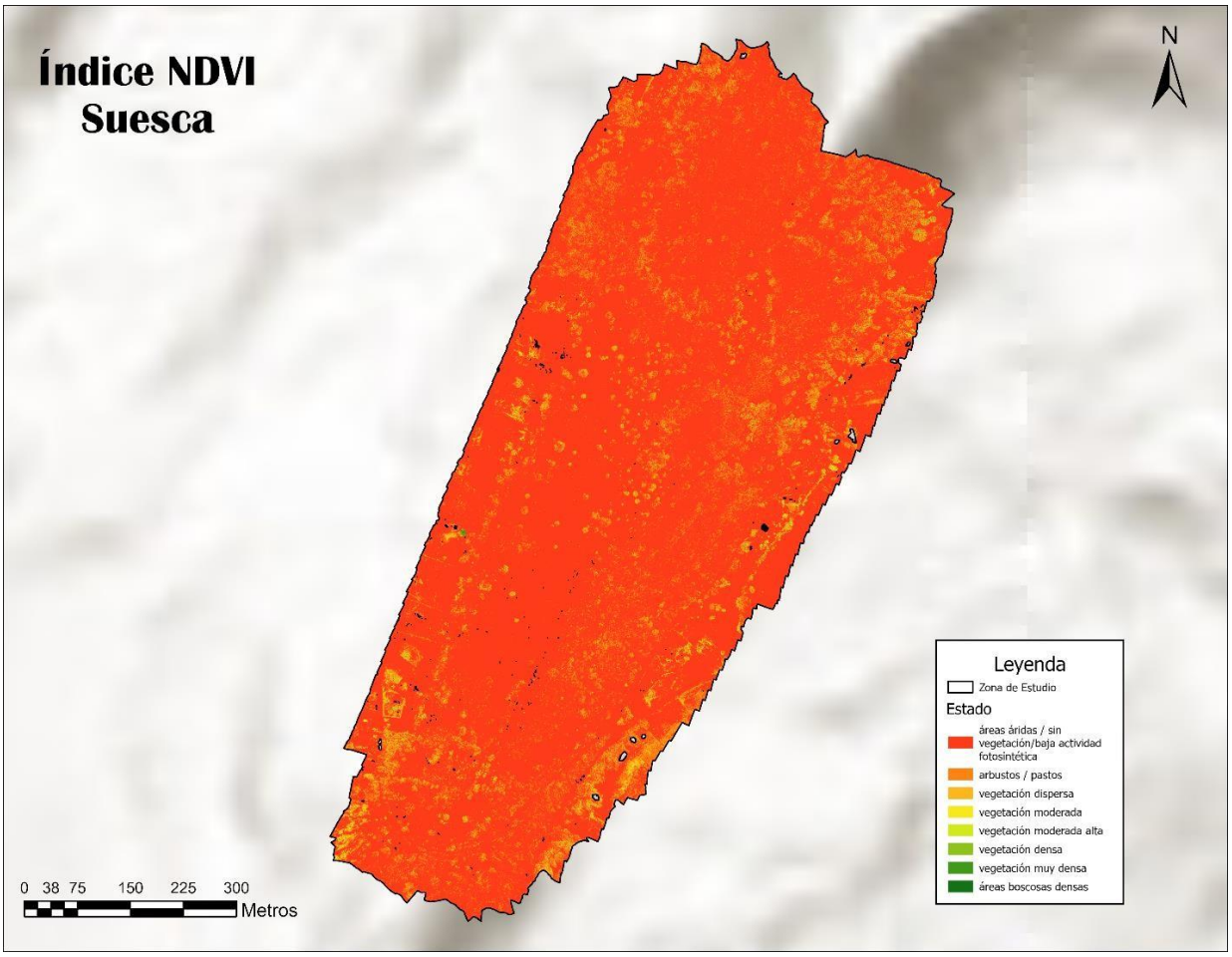
8.11. ORTOFOTOMOSAICO MULTIESPECTRAL (RGBI)

Se capturaron 2.975 imágenes a través del sensor multiespectral, generando un predio por un total de 56,04 ha.



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 10
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.12. ÍNDICE NDVI



Imágenes propias. Se entrega como Anexo 11
(Acá se presenta un pantallazo pero se entrega en formato .tiff)

8.13. REPORTE DE PRODUCTO

Como fue mencionado en el numeral 2.3, el software a utilizar es Agisoft Metashape.

Este software genera un reporte de producto, el cual se entrega como Anexo 12.

9. ANÁLISIS DEL ÍNDICE NVDI PARA LOS DOS PREDIOS

ÍNDICE NDVI

El índice NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) es aquel que permite realizar una aproximación del estado de salud y la densidad de las plantas por medio de álgebra de imágenes, dado por la siguiente formulación entre bandas que relaciona la actividad fotosintética a partir de la absorción del rojo (Red) por parte de la clorofila, y las estructuras celulares responsables de reflejar el infrarrojo cercano (NIR) y normalizándola para obtener rangos fijos.

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

Nota técnica: Para el caso del sensor utilizado la banda roja corresponde a la banda 1, y la infrarroja a la banda 7

CÁLCULO NDVI POR MEDIO DEL SOFTWARE ARCGIS PRO

Para la generación del índice NDVI y el cálculo de sus estadísticas se utilizó el software ArcGIS Pro, mediante la automatización de procesos a través de su lenguaje de programación ModelBuilder.

Teniendo en cuenta que las bandas correspondientes al rojo y al infrarrojo cercano son la banda 1 y la banda 7, respectivamente, estas se extrajeron previamente del mosaico de imágenes y se emplearon para el cálculo del índice, utilizando la fórmula del NDVI presentada anteriormente.

El índice NDVI presenta valores en un rango comprendido entre −1 y 1; no obstante, con el fin de facilitar la interpretación de la condición de la vegetación en el área de estudio, se realizó una reclasificación de los valores obtenidos, lo que permitió discriminar las distintas categorías de cobertura vegetal de acuerdo con los rangos definidos.

Para su categorización se tuvieron en cuenta la distinción en valores bajos del índice, donde las coberturas arbustivas y pasturas se caracterizan por registros entre los rangos de 0.1 y 0.5 (Hawi et al, 2024), así como otras categorías distintas para definir vegetación dispersa, moderada, densa y bosques (Ali et al, 2024).

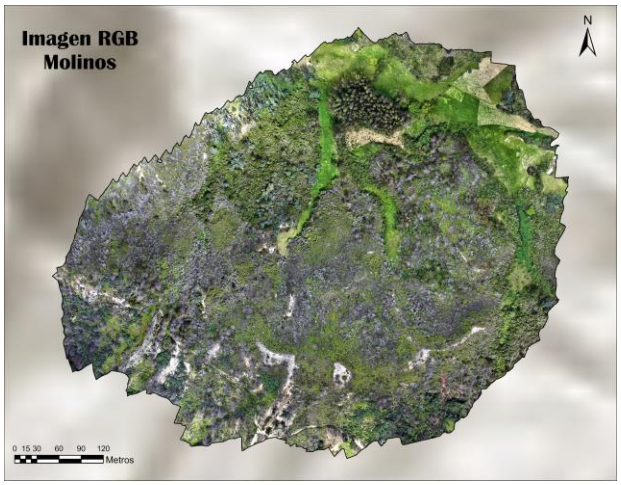
Finalmente, los rangos usados son los siguientes:

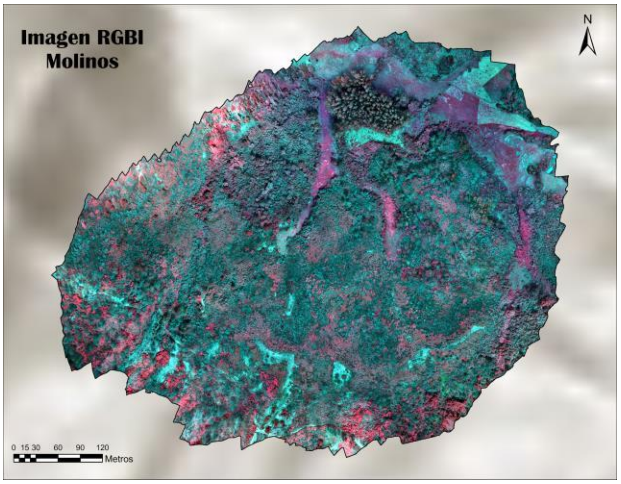
Rango	Categoría
-1 – 0.1	Áreas áridas/poca o nula vegetación/baja actividad fotosintética
0.1-0.3	Arbustos/pastos
0.3-0.4	Vegetación dispersa
0.4-0.5	Vegetación moderada
0.5-0.6	Vegetación moderada alta
0.6-0.7	Vegetación densa
0.7-0.8	Vegetación muy densa
0.8-1	Áreas boscosas densas

Finalmente, se obtuvo el área total por clase.

La implementación de este flujo de trabajo mediante ModelBuilder permite automatizar el procesamiento, optimizar los tiempos de ejecución y reducir la carga computacional, garantizando además la reproducibilidad del análisis.

9.1. ANÁLISIS CUCUNUBÁ





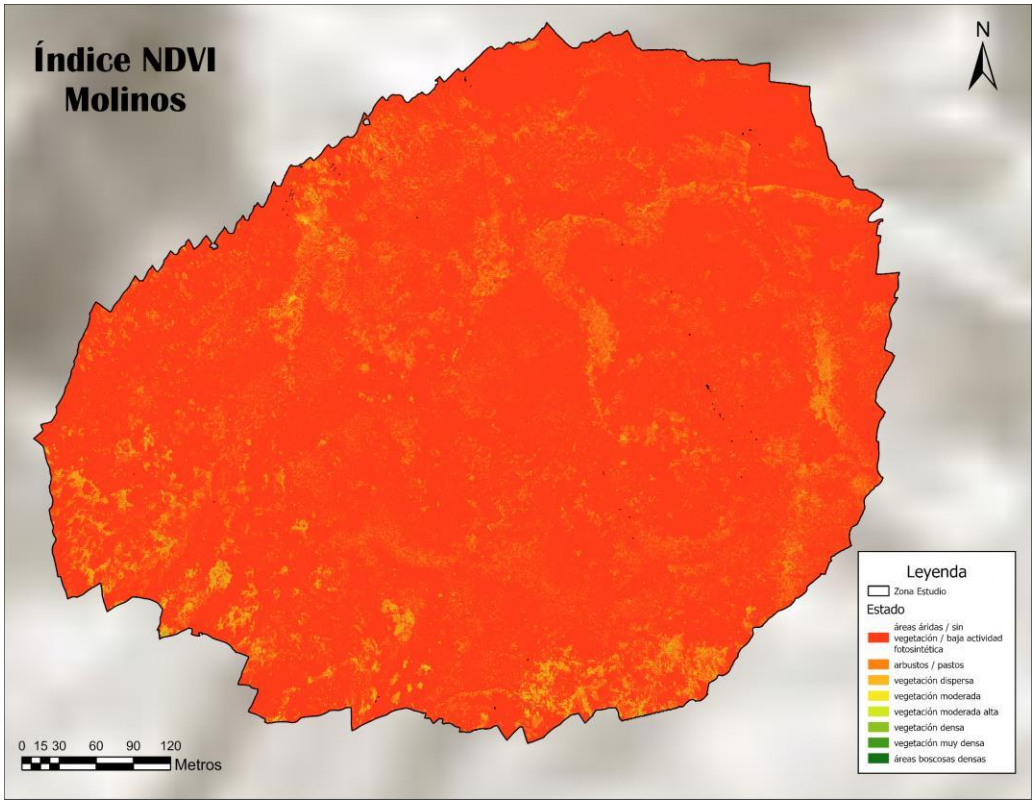
A través la distinción de atributos visuales en la imagen RGBI se puede observar la presencia mínima de vegetación de dosel alto por la generación de sombra entre individuos posiblemente con fines paisajísticos o como actores del paisaje agrícola nororiental.

Además, en la mayoría de la extensión de la zona de estudio, se distingue vegetación de menor porte con un comportamiento altamente heterogéneo en su respuesta espectral, discontinua y de textura rugosa; ingresando a esta matriz se encuentran patrones lineales distinguibles de tonos intensos y textura homogénea.

Hacia el nororiente, se observan patrones de loteo en diferentes estadios de su vegetación, que podrían ser, primeros estadios de vegetación, cosechados, en preparación del suelo o abandonados.

Finalmente, se identifican coberturas de texturas más lisas y homogéneas y tonalidades claras indicadores de áreas desnudas, y de la misma manera se observa con patrones finos y definidos concordantes con el uso del suelo tipo vía lo que posiblemente aporta conectividad al terreno.

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co



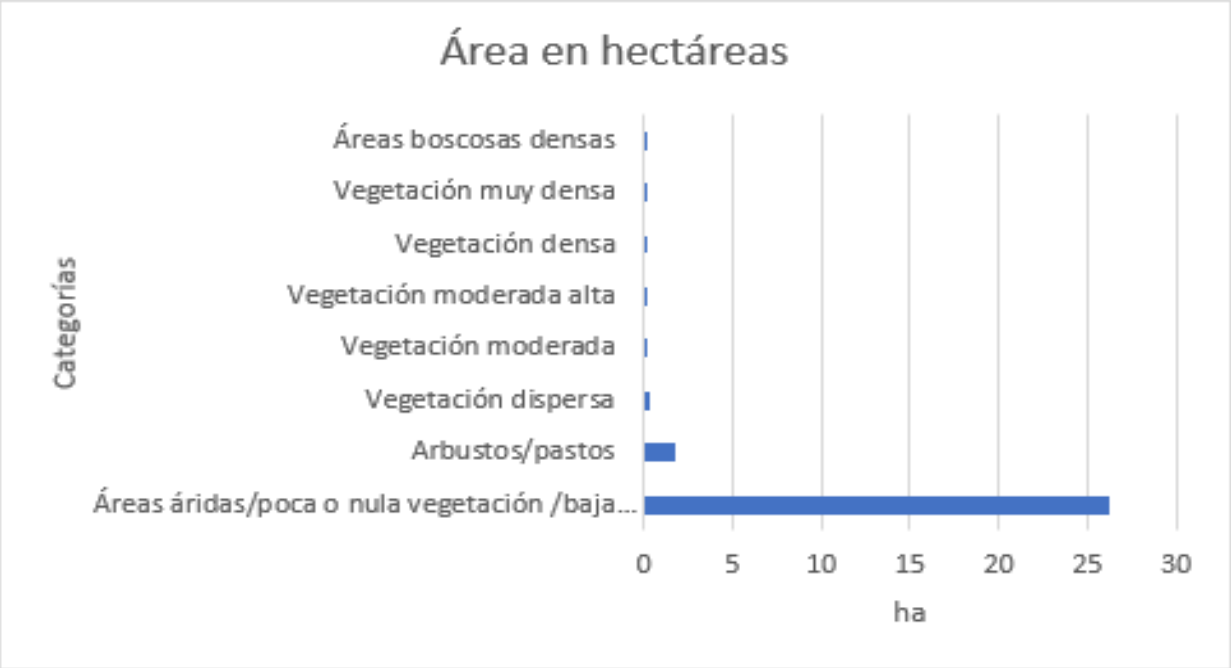
Rango	Categoría	Área en hectáreas	Porcentaje del área
-1 – 0.1	Áreas áridas/poca o nula vegetación/baja actividad fotosintética	26.216503	91.53%
0.1-0.3	Arbustos/pastos	1.785729	6.23%
0.3-0.4	Vegetación dispersa	0.313898	1.10%
0.4-0.5	Vegetación moderada	0.161766	0.56%
0.5-0.6	Vegetación moderada alta	0.083657	0.29%
0.6-0.7	Vegetación densa	0.042693	0.15%
0.7-0.8	Vegetación muy densa	0.021152	0.07%

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

0.8-1	Áreas boscosas densas	0.015734	0.05%
TOTAL DEL PREDIO DE ESTUDIO		28,641132 hectáreas	

Como se puede observar en las estadísticas del NDVI, en la zona de estudio predominan las áreas áridas/poca o nula vegetación/baja actividad fotosintética con un 91,53%.

Lo anterior muestra que la zona de estudio tiene una alta predominancia de zonas con baja concentración de clorofila, con focos dispersos de incremento de esta que representan aproximadamente un 10% de la misma, donde se ubican desde arbustos y pastos en su mayoría, hasta categorías donde probablemente se presenten individuos con actividad vegetal mayor, así como estructuras vegetales que incrementan el valor del índice.



Esta mayor actividad vegetal aumenta específicamente en categorías de vegetación dispersa, moderada, moderada alta, densa y muy densa, con valores de 1.10%, 0.56%, 0.29%, 0.15% y 0.07% respectivamente, presentando finalmente áreas boscosas densas probablemente con la figura de bosques remanentes producto de intervenciones antrópicas colindantes.

La alta proporción del área de estudio clasificada en el rango de NDVI entre −1 y 0,1 (91,53 %) refleja una realidad territorial ampliamente observada en predios rurales de la

región andina, particularmente en zonas con ganadería extensiva y manejo intermitente del suelo.

Este patrón es consistente con la presencia de suelos descubiertos por periodos prolongados, áreas en descanso agrícola, superficies en preparación para siembra o postcosecha, así como coberturas ralas sometidas a estrés hídrico estacional, condición frecuente durante épocas secas.

La dominancia de coberturas con baja actividad fotosintética implica una disminución en la capacidad del territorio para regular procesos fundamentales como la infiltración del agua, la retención de humedad en el suelo y la protección frente a la erosión hídrica y eólica, fenómenos recurrentes en suelos andinos con pendientes moderadas y texturas medias a finas.

Esta situación resulta especialmente relevante en el contexto colombiano, donde la pérdida progresiva de cobertura vegetal ha sido identificada como uno de los principales factores asociados a la degradación del suelo y a la disminución de la productividad ecosistémica.

Los valores de NDVI superiores a 0,1, que representan aproximadamente un 7,8% del área, corresponden a remanentes de cobertura vegetal funcional, principalmente arbustos, pastos y vegetación dispersa, asociados a cercas vivas, linderos prediales o franjas de protección.

En el contexto rural colombiano, estas coberturas cumplen un papel clave como reservorios de biodiversidad local, zonas de conectividad ecológica a pequeña escala y elementos de mitigación frente a procesos de escorrentía concentrada, aun cuando su extensión sea limitada.

En conjunto, el comportamiento espacial del NDVI sugiere un paisaje con alta intervención antrópica y baja continuidad de vegetación estructurada, típico de sistemas productivos rurales sin esquemas formales de manejo ambiental.

No obstante, los parches y corredores vegetales existentes representan oportunidades estratégicas para fortalecer la funcionalidad ambiental del territorio mediante acciones de manejo de bordes, restauración pasiva y consolidación de coberturas protectoras del suelo, acordes con las condiciones biofísicas locales.

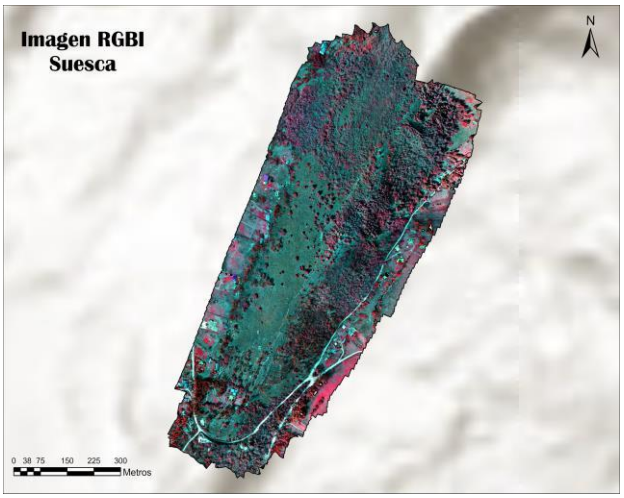
Dada la sensibilidad del índice a condiciones estacionales y de suelo, se recomienda complementar la interpretación con análisis multitemporal, verificación en campo y variables físicas (pendiente, drenaje y suelos) para diferenciar dinámicas agrícolas normales de posibles procesos de degradación**.**

Se recomienda, realizar visitas periódicas para identificar cambios en la vegetación cada 1.5 meses y 2 meses

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

9.2. ANÁLISIS SUESCA





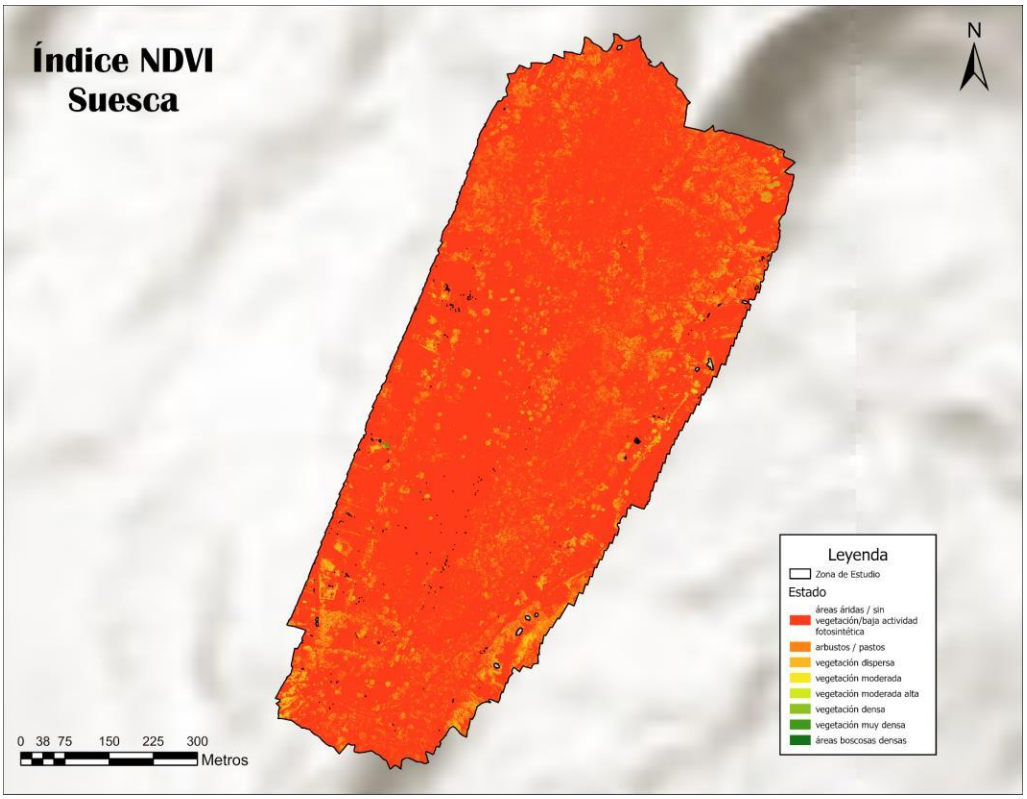
A través la distinción de atributos visuales en la imagen MULTIESPECTRAL se puede observar la presencia de vegetación de dosel alto por la generación de sombra entre individuos, posiblemente con fines paisajísticos, de protección, de loteos con cercas vivas, y/o como actores del paisaje agrícola.

Además, se puede observar una transición hacia individuos de menor dosel con geometrías relativamente compactas dispuestas en agrupaciones que presentan una homogeneidad espectral.

Dentro de esta matriz de individuos con dosel relativamente continuo y en su perímetro se encuentra una cobertura con un contraste textural marcado, pasando de una

textura rugosa y heterogénea, a una textura lisa y homogénea característica de pastos, con presencia de individuos arbóreos dispersos a una distancia significativa entre ellos, así como elementos con geometrías irregulares características de objetos rocosos, y a su vez contiene objetos con patrones lineales distinguibles, de tonos intensos y textura homogénea característico de coberturas antrópicas de tipo camino.

A nivel perimetral en la zona de estudio es posible distinguir elementos antrópicos de tipo edificación de manera continua y dispersa, así como zonas verdes con posibles prácticas de manejo, vías, y zonas desnudas lo que indica una actividad antrópica significativa en esta sección.



Rango	Categoría	Área en hectáreas	Porcentaje
-1 – 0.1	Áreas áridas/poca o nula vegetación/baja actividad fotosintética	49.951935	89.13%
0.1-0.3	Arbustos/pastos	4.187569	7.47%
0.3-0.4	Vegetación dispersa	0.933011	1.66%
0.4-0.5	Vegetación moderada	0.502738	0.90%

0.5-0.6	Vegetación moderada alta	0.252035	0.45%
0.6-0.7	Vegetación densa	0.121105	0.22%
0.7-0.8	Vegetación muy densa	0.055415	0.10%
0.8-1	Áreas boscosas densas	0.038714	0.07%
TOTAL DEL PREDIO DE ESTUDIO		56,042522 hectáreas	

Como se puede observar en las estadísticas del NDVI, en la zona de estudio predominan las áreas áridas/poca o nula vegetación/baja actividad fotosintética con un 89.13%.

Lo anterior muestra que la zona de estudio tiene una alta predominancia de zonas con baja concentración de clorofila, con focos dispersos de incremento de esta que representan aproximadamente un 10% de la misma, donde se ubican desde arbustos y pastos en su mayoría, hasta categorías donde probablemente se presenten individuos con actividad vegetal mayor, así como estructuras vegetales que incrementan el valor del índice.

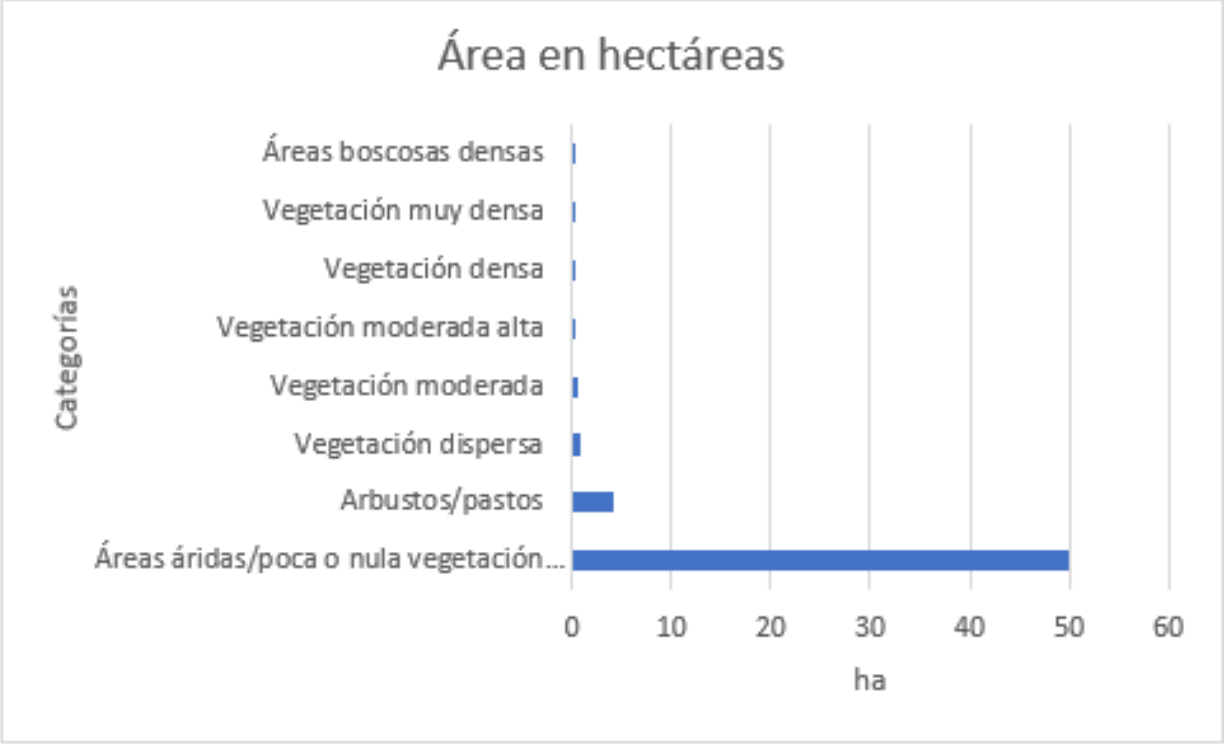
Los resultados del NDVI evidencian que el 89,13 % del área presenta valores entre −1 y 0,1, lo cual es característico de paisajes rurales andinos en Colombia donde convergen actividades agropecuarias, presencia de infraestructura rural y zonas con afloramientos rocosos o suelos someros.

Esta condición sugiere condición territorial dominada por superficies con baja cobertura vegetal activa, situación que incrementa la vulnerabilidad del suelo frente a procesos erosivos y limita la capacidad de regulación hídrica natural del predio.

El suelo desnudo se asocia frecuentemente con prácticas de uso del suelo extensivas, periodos de barbecho prolongados, compactación del suelo por tránsito de maquinaria o ganado, y limitaciones edáficas propias de suelos con baja profundidad efectiva, estas condiciones favorecen la generación de escorrentía superficial, la pérdida de nutrientes y la disminución de la resiliencia del ecosistema frente a eventos climáticos extremos, cada vez más frecuentes en el país.

El porcentaje restante del área del 10,87% aproximadamente, corresponden a valores de NDVI superiores al 0,1 y se concentra principalmente en coberturas de arbustos, pastos y parches de vegetación dispersa a moderada, que cumplen funciones ambientales relevantes como la protección parcial del suelo, la regulación microclimática y el soporte de fauna asociada a paisajes rurales intervenidos.

La presencia, aunque limitada, de vegetación densa y áreas boscosas densas adquiere especial importancia ambiental, al actuar como núcleos remanentes de vegetación natural o seminatural, típicos de predios rurales que han conservado franjas de protección o áreas de difícil acceso.



En términos de estructura de paisaje, el predio presenta una matriz dominante de baja actividad fotosintética con parches minoritarios de vegetación funcional.

Esto sugiere un sistema con alta intervención y baja continuidad de dosel, donde la biodiversidad y la regulación hídrica/edáfica dependen en gran medida de corredores lineales (cercas vivas) y parches puntuales.

La presencia de vías internas, edificaciones perimetrales y zonas desnudas refuerza un escenario de fragmentación y presión antrópica, con riesgos potenciales sobre erosión, escorrentía y pérdida de servicios ecosistémicos si el suelo permanece expuesto en periodos prolongados.

Se recomienda, realizar visitas periódicas para identificar cambios en la vegetación cada 1.5 meses y 2 meses

CONCLUSIONES

En conclusión, para Cucunubá, el análisis de la zona responde a un territorio donde en su mayoría de extensión no se observan prácticas culturales activas, es decir, baja intervención antrópica al momento de la captura, donde se revela una prevalencia significativa de la categorías con un NDVI muy bajo, con una menor porción de arbustos, pastos, vegetación en diferentes densidades, así como áreas boscosas, lo que indica una zona de estudio con una cobertura que presenta un posible estrés visible en su respuesta espectral, consecuencia de posibles diferentes factores relacionados con el clima y/o suelo.

Para Suesca, se identifica un territorio con intervención antrópica distinguible, significativa y localizada hacia las áreas perimetrales, no obstante estas intervenciones no estructuran de manera dominante el interior del predio, donde no se identifican patrones regulares propios de prácticas culturales activas al momento de la captura y donde perseveran los valores bajos del NDVI indicando una presencia limitada de estructuras vegetales capaces de sostener una actividad fotosintética elevada, que al igual que en Cucnunbá es consecuencia posible de diferentes factores climáticos y/o edafológicos.

CAUSAS

La cobertura vegetal predominante presenta valores de NDVI bajos, lo que indica una reducida actividad fotosintética.

Desde un enfoque ambiental y apoyado en el análisis SIG estos valores pueden estar asociados a factores ambientales y antrópicos.

En primer lugar, es posible que existan restricciones en la disponibilidad hídrica del suelo, lo cual limita la actividad fotosintética; Adicionalmente, los patrones espaciales del NDVI sugieren la presencia de limitaciones edáficas, tales como baja materia orgánica, compactación del suelo, presencia de elementos no vegetales como rocas, o procesos erosivos previos naturales o antrópicos, que reducen la capacidad del suelo de retener humedad y sostener estructuras vegetales.

Asimismo, las condiciones topográficas como la pendiente pueden estar favoreciendo la escorrentía aumentando el estrés hídrico y pérdida de nutrientes.

El efecto de estos factores puede explicar los bajos valores del NDVI en ambos predios

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

Por último, la siguiente tabla describe la ejecución porcentual del contrato a corte del 26 de diciembre de 2.025.

RELACIÓN DE LA EJECUCIÓN TENCICA Y FINANCIERA DEL CONTRATO SBV - SA - OP - 279 - 2.025						
ITEM	**ACTIVIDAD**	**META**	**VALOR TOTAL CONTRATO**	**EJECUTADO**	**VALOR EJECUTADO**	**% DE EJECUCIÓN**
1	RESTAURACIÓN CON SIEMBRA MANUAL	13,9	$ 253.950.520	12,26	$ 224.003.166	88%
2	MONITOREO CON DRONE (NDVI)	2	$ 45.523.022	2	$ 45.523.022	100%
	TOTAL		**$ 299.473.542**		**$ 269.526.188**	**90%**

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

RECOMENDACIONES

Es posible manejar técnicas de mejora apropiadas para el tipo de vegetación y suelos para incrementar la actividad fotosintética y estructuración vegetal con el fin de realizar su planificación, zonificación y monitoreo con SIG y teledetección.

Estas acciones pueden evaluarse a través del seguimiento multitemporal de índices espectrales, tales como el NDVI para la actividad fotosintética y el NDWI para la disponibilidad de humedad en el suelo lo cual es crucial para procesos germinativos.

Lo anterior es evaluable a través de cambios en cobertura vegetal (Hawi et al, 2024) que posiblemente puede contribuir a mejorar las posibles condiciones de erosión y humedad, así como favorecer la acumulación de materia orgánica, siempre bajo la premisa de complementar la interpretación satelital con validación de campo.

Para el seguimiento de los impactos de estas técnicas, se ha utilizado el NDVI en análisis de crecimiento vegetativo relacionado con la disponibilidad hídrica (Aguilar et al, 2012), así como de la recuperación de la vegetación para definir sus impactos con tendencias espaciales y temporales (Wilson & Norman, 2018).

En este contexto, una posible línea de acción corresponde a la implementación de procesos de reforestación o restauración ecológica con especies nativas, priorizando áreas donde se evidencie compactación del suelo, pérdida de cobertura vegetal o alteración de la dinámica hidrológica.

Estudios científicos han demostrado que la restauración vegetal puede mejorar progresivamente las propiedades físicas del suelo, como el aumento de la infiltración y la reducción de la escorrentía superficial, lo cual favorece una mayor retención de humedad y una disminución de procesos erosivos (Ilstedt et al., 2007; Farley et al., 2005).

No obstante lo anterior, estos efectos están condicionados por factores locales como el tipo de suelo, la pendiente, la edad de la vegetación y el manejo previo del terreno.

En caso de confirmarse que la dinámica hídrica del predio se encuentra alterada se considera pertinente evaluar la aplicación de medidas complementarias orientadas a la recuperación de dicha dinámica, tales como la protección de zonas ribereñas en caso de la existencia de drenajes significativos en la zona de estudio o aledaños; el control de la erosión y la promoción de la regeneración natural asistida.

Chía - Cundinamarca - Colombia
Av. Pradilla 900 Este. CC Centro Chía. Agrocentro Local 11-14
Tels: 861 4030 / 37 geoambiente@geoambiente.co www.geoambiente.co

La literatura indica que estas estrategias pueden contribuir a reducir la velocidad de la escorrentía, mejorar la estructura del suelo y favorecer una distribución más equilibrada del agua en el sistema, lo que a largo plazo se reflejaría en una mejora del vigor y la salud de la vegetación (Bonan, 2008; Chazdon & Guariguata, 2016).

Ahora bien, se resalta que las recomendaciones aquí planteadas deben entenderse como potenciales estrategias, cuya efectividad requiere ser validada mediante verificaciones de campo, análisis edáficos e hidrológicos y **un seguimiento temporal del NDVI** con capturas climáticas óptimas y misma estacionalidad, con el fin de asegurar que las medidas implementadas respondan adecuadamente a las condiciones reales del área de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, C., Zinnert, J. C., Polo, M. J., & Young, D. R. (2012). NDVI as an indicator for changes in water availability to woody vegetation. *Ecological Indicators*, *23*, 290-300. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X12001707

Al Hawi, N. A., Ahmad, R. A. H., & Al-Ali, A. K. (2024). Soil Change Detection and Contamination Assessment of Some Heavy Metals in Agricultural Soils at Abu-Alkhasib, Basra Governorate, Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, 26-38. https://igj-iraq.org/igj/index.php/igj/article/view/2630/2121

Ali, M., Rahman, K. U., Ullah, H., Shang, S., Mao, D., & Han, M. (2024). Land Reforestation and Its Impact on the Environmental Footprints Across Districts of Khyber Pakhtunkhwa in Pakistan. *Water*, *16*(20), 3009 https://www.mdpi.com/2073-4441/16/20/3009

Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. Science, 320(5882), 1444–1449. https://doi.org/10.1126/science.1155121

Ilstedt, U., Malmer, A., Verbeeten, E., & Murdiyarso, D. (2007). The effect of afforestation on water infiltration in the tropics: A systematic review and meta-analysis. Forest Ecology and Management, 251(1–2), 45–51. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.014

Wilson, N. R., & Norman, L. M. (2018). Analysis of vegetation recovery surrounding a restored wetland using the normalized difference infrared index (NDII) and normalized difference vegetation index (NDVI). *International Journal of Remote Sensing*, *39*(10), 3243-3274. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2018.1437297?utm_source=#d1e303

Cordialmente,

RAFAEL SIERRA RIOS
REPRESENTANTE LEGAL
GEOAMBIENTE S.A.S