



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

VEREDADA MINEDUCACIÓN • SINIE 1732

WORKING PAPER

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y proyección de la captura de carbono de una parcela en la vereda El Carmen en la Serranía de las Quinchas.

*Gina Sofía Casas Rodríguez, Angie Dianira Quintero Cuevas,
Laura Juliana Herrera Rodríguez, Laura Jimena Motta Martínez,
Lina Patricia Vega Garzón, Iván Gustavo Pirazán Cuervo*

WORKING PAPER

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y
proyección de la captura de carbono de una parcela en
la vereda El Carmen en la Serranía de las Quinchas.

*Gina Sofía Casas Rodríguez, Angie Dianira Quintero Cuevas,
Laura Juliana Herrera Rodríguez, Laura Jimena Motta Martínez,
Lina Patricia Vega Garzón, Iván Gustavo Pirazán Cuervo*



WORKING PAPER.

Autores: Gina Sofía Casas Rodríguez, Angie Dianira Quintero Cuevas, Laura Juliana Herrera Rodríguez, Laura Jimena Motta Martínez, Lina Patricia Vega Garzón, Iván Gustavo Pirazán Cuervo

Tamaño: 21,5 x 27,9 / 24 Páginas.

ISBN: 978-628-7603-91-2

COMITÉ EDITORIAL

Fr. José Fernando MANCIPE, O.P.
Rector

Fr. José Gregorio HERNÁNDEZ TARAZONA, O.P.
Vicerrector Académico

Fr. José Arturo RESTREPO RESTREPO, O.P.
Vicerrector Administrativo-Financiero

Fr. Sergio Andrés MENDOZA VARGAS, O.P.
Decano de División de Arquitectura e Ingenierías

Luz Angela CUÉLLAR RODRÍGUEZ
Decana de Facultad Ingeniería Ambiental

Diana Mireya AYALA VALDERRAMA
Directora Dirección de Investigación e Innovación

Juan Carlos CANOLES VÁSQUEZ
Director Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación

Primera edición, 2023
ISBN: 978-628-7603-91-2

Corrección de Estilo:
Yessica Andrea Chiquillo Vilardi

Todos los derechos reservados conforme a la ley. Se permite la reproducción citando fuente.
El pensamiento que se expresa en esta obra, es exclusiva responsabilidad del autor y no compromete la ideología de la Universidad Santo Tomás.

Diagramación: Jeison Arley Amaya González, D.G.
Impresión: Búhos Editores Ltda.



Ediciones Usta
Universidad Santo Tomás
2022
Departamento Ediciones Usta Tunja
Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro por cualquier proceso reprográfico o fónico, especialmente por fotocopia, microfilme, offset o mimeógrafo.
Ley 23 de 1982.

Contenido

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y proyección de la captura de carbono de una parcela en la vereda El Carmen en la Serranía de las Quinchas.....	6
1. Introducción.....	9
2. Estado del Arte.....	9
3. Metodología.....	10
3.1 <i>Análisis multitemporal de coberturas vegetales.....</i>	<i>10</i>
3.2 <i>Índice de verdor vereda El Carmen</i>	<i>11</i>
3.3 <i>Proyección de la capacidad de captura de carbono.....</i>	<i>12</i>
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	13
4.1 <i>Análisis multitemporal vereda El Carmen.....</i>	<i>13</i>
4.2 <i>Índice de verdor (NDVI).....</i>	<i>15</i>
4.3 <i>Análisis multitemporal vereda El Carmen</i>	<i>16</i>
4.4 <i>Cálculo de la capacidad de captura de carbono.....</i>	<i>19</i>
4.5 <i>Análisis multitemporal</i>	<i>20</i>
4.6 <i>Índice de verdor (NDVI) vereda El Carmen.....</i>	<i>20</i>
4.7 <i>Proyección de la capacidad de captura de carbono</i>	<i>20</i>
4.8 <i>Problemáticas socioambientales.....</i>	<i>21</i>
5. CONCLUSIONES.....	21
6. REFERENCIAS	22

Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y proyección de la captura de carbono de una parcela en la vereda El Carmen en la Serranía de las Quinchas

Gina Sofía Casas Rodríguez^a, Angie Dianira Quintero Cuevas^b,
Laura Juliana Herrera Rodríguez^c, Laura Jimena Motta Martínez^d,
Lina Patricia Vega Garzón^e, Iván Gustavo Pirazán Cuervo^f

^a *Gina Sofía Casas Rodríguez*. Ingeniería ambiental. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9895-8441>

^b *Angie Dianira Quintero Cuevas*. Ingeniería ambiental. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1198-8002>

^c *Laura Juliana Herrera Rodríguez*. Ingeniería ambiental. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2538-471X>

^d *Laura Jimena Motta Martínez*. Ingeniería ambiental. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3385-6820>

^e *Lina Patricia Vega Garzón*. Grupo GICAN. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5184-5383>

^f *Iván Gustavo Pirazán Cuervo*. Grupo GICAN. Universidad Santo Tomás Tunja. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6250-4162>

Resumen

El análisis de coberturas vegetales permite determinar los impactos generados en el suelo, estudiar los cambios y las alteraciones que se han presentado con el paso del tiempo, como la tasa de deforestación en determinada área.

En este artículo, se presenta el análisis de las coberturas vegetales del 2002, 2012 y 2022, en el área de amortiguación del Parque Regional Natural Serranía de las Quinchas, vereda El Carmen, mediante la aplicación de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Adicionalmente, se relaciona la estimación de la biomasa y la captura de carbono, por medio de mediciones realizadas en campo; que buscan analizar la influencia de la deforestación y sus afectaciones. Finalmente se plantea una alternativa de conservación que podría ayudar a disminuir esta problemática en la región.

Palabras Clave: Coberturas vegetales, herramientas SIG, biomasa, captura de carbón.

Abstract

The analysis of vegetation covers allows determining the impacts generated on the soil, studying the changes and alterations that have occurred over time, such as the rate of deforestation in a certain area.

In this article, the analysis of the vegetal covers of 2002, 2012 and 2022 is presented, in the buffer area of the Serranía de las Quinchas Regional Natural Park, El Carmen village, through the application of Geographic Information Systems (GIS) technologies). Additionally, the estimation of biomass and carbon capture is related, through measurements made in the field; that seek to analyze the influence of deforestation and its effects. Finally, the authors propose a conservation alternative that could help reduce this problem in the region.

Keywords: Vegetation covers, GIS tools, biomass, carbon sequestration

1. Introducción

El cambio climático en estas últimas décadas se ha intensificado con el pasar del tiempo debido al aumento de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En el caso de Colombia, por el cambio de las coberturas vegetales, la deforestación y las actividades agrícolas (Laura Tiria, 2018).

Una cobertura vegetal es una capa de vegetación natural que cubre cierta superficie terrestre, y se diferencia por distintas características como el tipo de biomasa presente, y las condiciones fisiológicas y ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). La determinación del tipo de cobertura vegetal de un área permite estudiar el cambio en el uso del suelo y diagnosticar problemáticas ambientales subyacentes (Pizaña, 2010). El análisis del cambio de las coberturas vegetales en el tiempo por medio de los sistemas de información geográfica permite visualizar y detectar los impactos ambientales asociados a problemáticas de uso de suelo y deforestación, entre otros (Ramírez, 2019).

La deforestación, definida como la tala indiscriminada de árboles y la pérdida de cobertura arbórea, genera un impacto negativo en las áreas protegidas y sus zonas de amortiguación. Esto genera en casi todos los casos las emisiones de CO₂, debido a que ya no se almacena en la biomasa y se pierde adicionalmente la capacidad de captura de la atmósfera por la fotosíntesis. En este estudio adicionalmente se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de los bosques, para aislarlo de la atmósfera en el largo plazo.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación se enfocó en realizar un análisis multitemporal de las coberturas vegetales de tres periodos en los años correspondientes a 2002, 2012 y 2022 empleando imágenes proporcionadas por Earth Explorer, para comparar la variación de coberturas vegetales teniendo en cuenta características como el Índice de Verdor. Adicionalmente, se realizaron los cálculos correspondientes a la biomasa aérea y a la captura de carbono en un bosque típico de la zona, mediante la medición de los especímenes en una parcela, el uso de ecuaciones alométricas y la clasificación de las familias encontradas en la zona de amortiguación de la Serranía de las Quinchas, con el fin de analizar estos resultados y compararla con la situación presente en los años analizados, para finalmente proponer una estrategia de conservación en la vereda El Carmen.

2. Estado del Arte

Diversos autores reportan el proceso de captura de carbono de la atmósfera como una herramienta para la gestión ambiental, lo que permite la mitigación de los impactos generados por las emisiones de CO₂, de acuerdo con las metas establecidas en los acuerdos internacionales para la disminución del cambio climático. Según Ruano (2019), en relación a la deforestación con los efectos del cambio climático, destaca el papel de los bosques en la regulación del clima de la tierra a través de los ciclos de carbono; por lo tanto, presenta la relación de las especies con su proceso de captura de carbono, haciendo referencia a sus dimensiones, la abundancia de la especie en la zona, la altura, la cantidad de tallos. Concluye que las familias pueden destacar por su biomasa en conjunto ya que individualmente su contribución puede ser mínima.

Asimismo, en el documento del Ministerio de Ambiente y Parques Nacionales Naturales de Colombia (2018), se establecen unos lineamientos estratégicos con el objetivo de disminuir la tasa de deforestación, generar una restauración en los bosques y una mayor captura de carbono que permita la disminución de los GEI. Dentro de estos lineamientos se presenta la medición de carbono, la definición de metas específicas de no deforestación, la implementación de plataformas informativas que permitan el intercambio de información taxonómica y cartográfica, el desarrollo de planes, el desarrollo de proyectos que contribuyan a las metas planteadas y la capacitación y concientización de las comunidades (Londoño, 2018).

La comprensión de los factores que intervienen el cambio del ecosistema se ha mejorado gracias al estudio por medio de imágenes provenientes de distintos sensores como herramienta esencial para la captura de datos a la distancia incorporando SIG para el monitoreo, análisis, estudio de condiciones ambientales, y detección de estructuras, entre otros (Mateus, 2001).

3. Metodología

El presente proyecto se encuentra subdividido en 3 fases principales: el análisis multitemporal de coberturas vegetales, el análisis del índice de verdor y la proyección de la capacidad de captura de carbono.

3.1 Análisis multitemporal de coberturas vegetales

Se descargaron las imágenes satelitales por medio del portal de datos Earth explorer del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), donde hay un conjunto de datos geoespaciales que permiten la obtención de imágenes satelitales Landsat. Inicialmente se realizó la búsqueda del área de la vereda El Carmen, para los años 2002, 2012 y 2021. Posteriormente, se seleccionó en la colección de imágenes Landsat la imagen del satélite Landsat 7 ETM+C1 Level-1 utilizada para registrar la cobertura del año 2002 y 20012. Adicionalmente, para la descarga de imagen correspondiente al año 2021 se utilizó el satélite Landsat 8 empleando los sensores OLI/TIRS C1 Level-1 para realizar todo el procesamiento digital que solicitaba como tal el portal y finalmente se tuvo en cuenta un índice de nubosidad fuera entre el rango de 10 y 30 %. Estas especificaciones se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Imágenes seleccionadas de Earth Explorer

Fecha de captura de imagen en el portal de datos Earth explorer (USGS)	Misión	ID de la imagen
13/03/2002	Landsat 7-ETM+C1 Level-1	LE07_L2SP_008056_20020313_20200917_02_T1
21/02/2012	Landsat 7-ETM+C1 Level-1	LE07_L2SP_008056_20120221_20200909_02_T1
15/07/2021	Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1	LCo8_L2SP_008056_20210715_20210721_02_T1

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis multitemporal se realizó un estudio de estimación de los cambios de la cobertura vegetal por medio del uso de la herramienta de reclasificación del análisis espacial en el software de ArcMap y la metodología Corine Land Cover (CLC). La CLC es una metodología para la construcción de mapas de coberturas y uso de la tierra a partir de imágenes tipo Landsat. Su función principal es vincular distintos niveles de detalle con distintos niveles de detalle temático, el cual dependerá del número y el tamaño de los píxeles de las imágenes, donde cuenta con una determinada clasificación no supervisada por medio de Spatial Analyst Tools. Para ello, es importante tener conocimiento del área de interés y por medio de la metodología (CLC) con el fin de nombrar su simbología, es posible realizar la clasificación por medio de la herramienta reclassify. Mediante la herramienta raster to polygon se realizó la conversión a formato vector y por medio de una disminución de vectores se completó la clasificación de los tipos de coberturas de vegetación por medio de la simbología establecida. En este caso se usó la simbología descrita en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación Metodología de Cobertura de la tierra Corine Land Cover (CLC)

Nivel 1	Nivel 2
1. Territorios artificializados	1.1 Zonas urbanizadas 1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación 1.3 Zonas de extracción minera y escombreras 1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
2. Territorios agrícolas	2.1 Cultivos transitorios 2.2 Cultivos permanentes 2.3 Pastos 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1 Bosques 3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva 3.3 Áreas abiertas sin o con poca vegetación
4. Áreas húmedas	4.1 Áreas húmedas continentales 4.2 Áreas húmedas costeras
5. Superficies de agua	5.1 Aguas continentales 5.2 Aguas marítimas

Fuente: LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA, 2010

3.2 Índice de verdor vereda El Carmen

Por medio del programa ArcMap, se descargó el complemento Toolbox de Landsat con el fin de poder realizar la respectiva corrección radiométrica por medio de la combinación de bandas. Gracias a este procesamiento se obtuvo el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI). Los valores de NDVI se encuentran siempre en un rango de -1 a 1 según EARTH OBSERVING SYSTEM, (2022). En la Tabla 3 se describen los rangos para el tipo de vegetación:

Tabla 3. Clasificación Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

NDVI	Vegetación	Estado
-1 a 0	Zonas de agua, nieve o nubes.	Sin vegetación
0 a 0,33	Muy poca vegetación, primeras fases del cultivo, suelos desnudos o zonas no productivas, arbustos o praderas.	Mixto
0,33 a 0,66	Vigorosidad media en la vegetación y la cubierta vegetal	Vegetación poco densa
0,66 a 1	Bosques templados y tropicales	Bosque

Fuente: (Auravant, 2022), (EARTH OBSERVING SYSTEM, 2022)

Para la imagen satelital Landsat 7 se emplearon las bandas 3 y 4, que generan valores de píxel de banda verde y rojo; y para las imágenes de Landsat 8 se utilizaron las bandas 4 y 5, que genera valores de píxel de banda rojo e infrarrojo. Posteriormente, por medio de la combinación de bandas se realizó el cálculo de NDVI, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Bandas de cada sensor para el cálculo de NDVI

Sensor	Bandas
Landsat 7	$((B_4 - B_3) / (B_4 + B_3))$
Landsat 8	$((B_5 - B_4) / (B_5 + B_4))$

Fuente: (Auravant, 2022), (EARTH OBSERVING SYSTEM, 2022)

3.3 Proyección de la capacidad de captura de carbono

La metodología para estimación de la biomasa se basó en el “Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia”. De acuerdo con lo anterior, se monitoreó una parcela de 0.25 Ha. De esta manera, se determinó la biomasa por el método indirecto, midiendo el diámetro de los árboles a una altura de 1,3 m, su altura con el uso de un clinómetro, y se usaron las ecuaciones alométricas establecidas para Colombia para Bosque húmedo Tropical. Para el trabajo en campo se utilizó GPS, cuerda, clinómetros, y cintas métricas. (IDEAM).

Esta metodología se realizó con ayuda del “Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia”, donde se tuvo en cuenta una parcela de 50 metros x 50 metros en la vereda El Carmen, que equivale a 0,25 ha. De esta forma, se pudo calcular la densidad arbórea promedio del área de estudio inicial y, posteriormente, realizar la proyección de la capacidad de captura de carbono. Para realizar la parcela por el método indirecto, se necesitaron instrumentos como el GPS, nailon, clinómetro, metro y planilla de datos (IDEAM, 2011).

Se delimitó una parcela usando GPS y cuerda, en forma de cuadrado. Después de realizar la delimitación de la parcela se marcaron, contaron y midieron el 100 % de los árboles dentro de la misma tomando los siguientes datos: distancia de medición, ángulos positivo y negativo y perímetro; con el fin de calcular las alturas de los árboles.

Para la medición de la altura de los árboles, se utilizó el clinómetro, para lo cual se ubicó la persona a la distancia que le permitiera visualizar completamente el árbol. Después se definió el ángulo 0, y a partir de allí se enfocó con el clinómetro la cima (ángulo positivo) y la raíz del árbol (ángulo negativo). De igual manera, se midió el perímetro del tronco a una altura de 1.3 m del suelo. Este procedimiento se hizo para todos los árboles dentro de la parcela y los datos se consignaron en planillas, para luego ser sistematizados (IDEAM, 2017).

Para los cálculos de proyección de la capacidad de captura de carbono, se utilizaron las fórmulas para la obtención de biomasa y la captura de carbono de cada árbol, mediante ecuaciones alométricas (IDEAM, 2017) que incluyen parámetros dependiendo del tipo de bosque y que utilizan el diámetro, altura y densidad de los árboles, y que se presentan a continuación:

$$(1) \quad D(cm) = \frac{Perimetro}{\pi}$$

Donde D: diámetro.

Para hallar la altura se usa la siguiente fórmula:

$$(2) \quad H: A^* (\tan (\text{Angulo } +) + \tan(\text{Angulo}-))$$

Se debe tener presente que A es la distancia al árbol desde la que se tomaron los ángulos (IDEAM, 2011).

Para hallar la densidad básica de las familias de las especies investigadas, se buscaron artículos con información taxonómica, además de contemplarse el plan de manejo para la Serranía de las Quinchas y el área de influencia con el fin de identificar que el área de estudio es un área protegida y para generar análisis de la zona y determinar la densidad de cada familia (INIA, 2023).

Para la biomasa aérea se utilizó la siguiente ecuación:

$$(3) \quad BA = -2,218 + 0,932 \ln(D^2 \cdot H \cdot DB)$$

Y los valores de la siguiente tabla:

Tabla 5. Valores de D, H y DB para el cálculo de la biomasa

Subconjunto 3. Variables independientes: diámetro D, altura H y densidad de madera DB. $\ln(BA) = a + B_1 \ln(D^2 \cdot H \cdot DB)$			
Tipo de bosque	a	B ₁	R ²
bh - T	-2,218	0,932	0,948

Fuente: (IDEAM, 2017)

Donde bh-T significa bosque húmedo tropical, los valores a y B₁ son constantes del modelo y el R² es el ajuste del modelo.

Para pasar la biomasa aérea a carbono se divide en 2.

$$(4) \quad \text{Carbono} = BA/2$$

Para conocer el cálculo de la biomasa aérea para la parcela y por hectárea se usó la siguiente fórmula:

$$(5) \quad BAP = (BA \text{ kg/parcela}) \cdot (1 \text{ T}/1000\text{kg}) \cdot (FC)$$

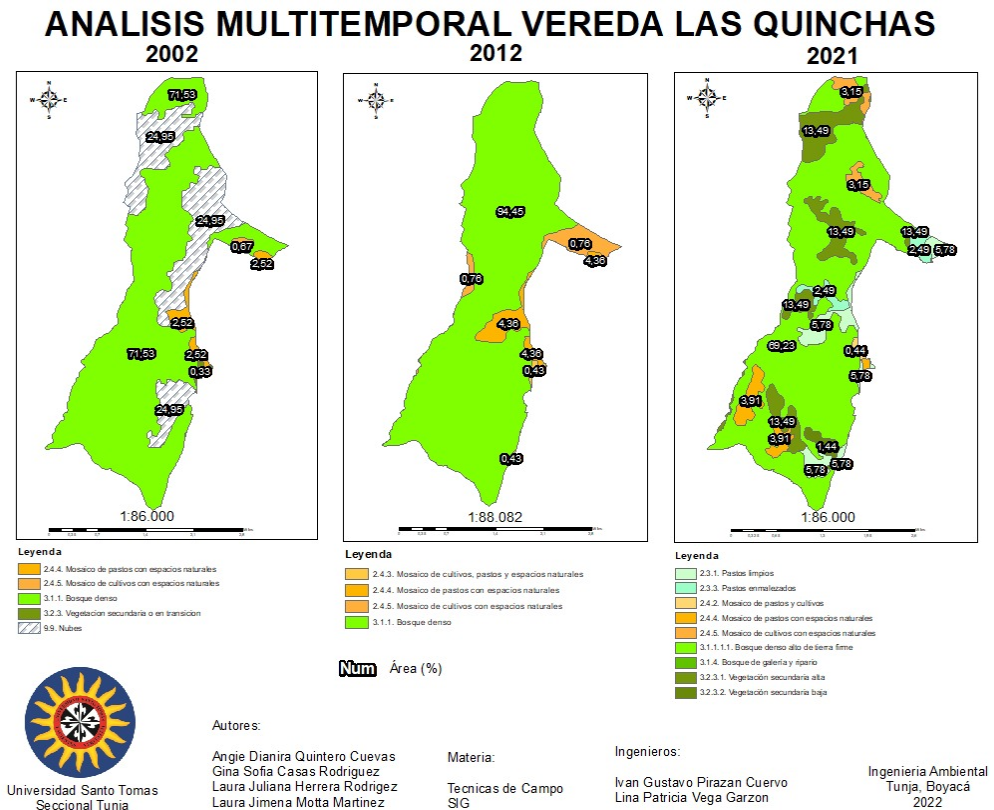
Donde BA es la biomasa aérea y el FC es el factor de conversión el cual es 4, ya que el tamaño de la parcela en la hectárea es 0,25 y su FC es 4.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Análisis multitemporal vereda El Carmen

Se obtuvieron las imágenes landsat del portal de datos Earth explorer del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), a las cuales se les hizo el debido procesamiento con Corine Land Cover. De ahí se obtiene el mapa de coberturas de la vereda Las Quinchas en el municipio de Otanche, Boyacá, y este puede ser visualizado en la Figura 1.

Figura 1. Mapa análisis multitemporal vereda El Carmen



Fuente elaboración propia.

Los resultados de la estimación de cambio en la cobertura vegetal de la zona de estudio se pueden observar en la *Tabla 6* donde se presenta el área en hectáreas que abarca cada una de las coberturas tenidas en cuenta para los años 2002, 2009 y 2021.

Tabla 5. Coberturas vegetales de la vereda Las Quinchas

COBERTURA	ÁREA					
	2002		2012		2021	
	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%
2.3.1 Pastos limpios	0	0	0	0	113,44155	5,78
2.3.3 Pastos enmalezados	0	0	0	0	48,773296	2,49
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	0	0	0	0	8,6478221	0,44
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0	0	8,15	0,43	0	0
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	49,36	2,52	82,55	4,36	76,682124	3,91
2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales	13,12	0,67	14,31	0,76	61,742208	3,15

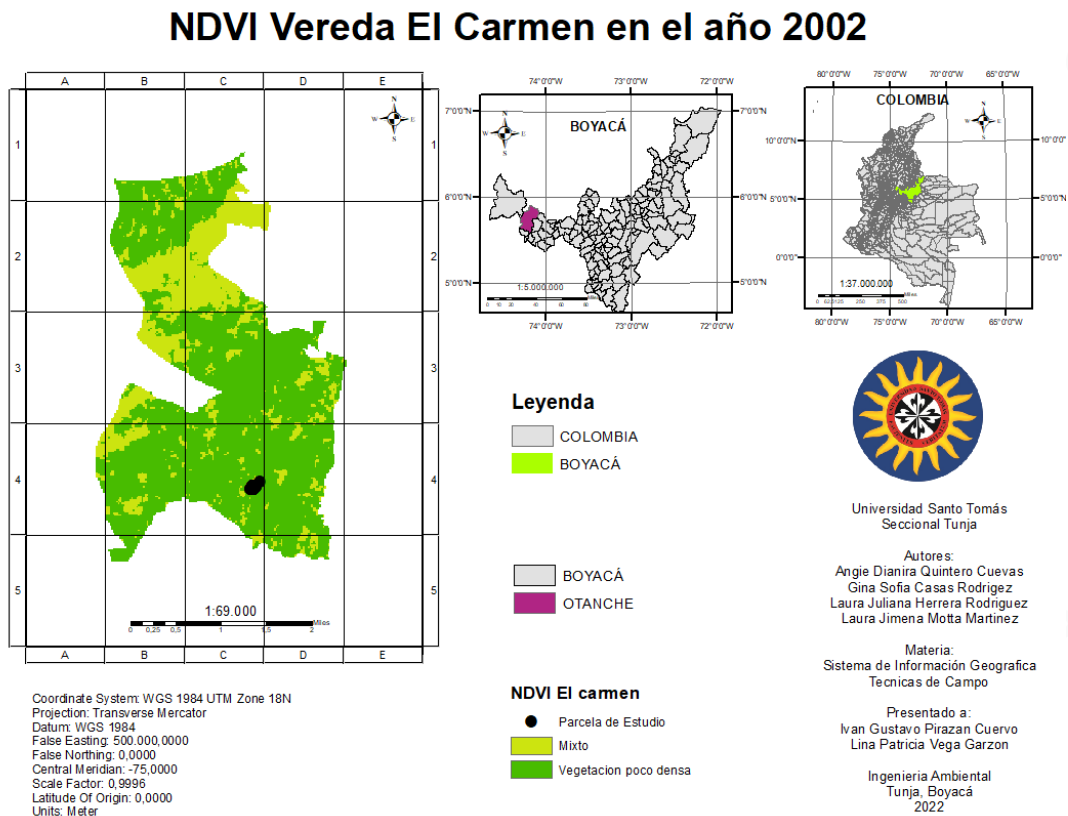
3.1.1 Bosque denso	1402,75	71,53	1786,23	94,45	0	0
3.1.1.1 Bosque denso alto de tierra firme	0	0	0	0	1357,5746	69,23
3.1.4 Bosque de galería y ripario	0	0	0	0	1,2983512	0,07
3.2.3 Vegetación secundaria o en transición	6,49	0,33	0	0	0	0
3.2.3.1 Vegetación secundaria alta	0	0	0	0	264,56465	13,49
3.2.3.2 Vegetación secundaria baja	0	0	0	0	28,329439	1,44
9.9 Nubes	489,33	24,95	0	0	0	0

Fuente elaboración propia.

4.2 Índice de verdor (NDVI)

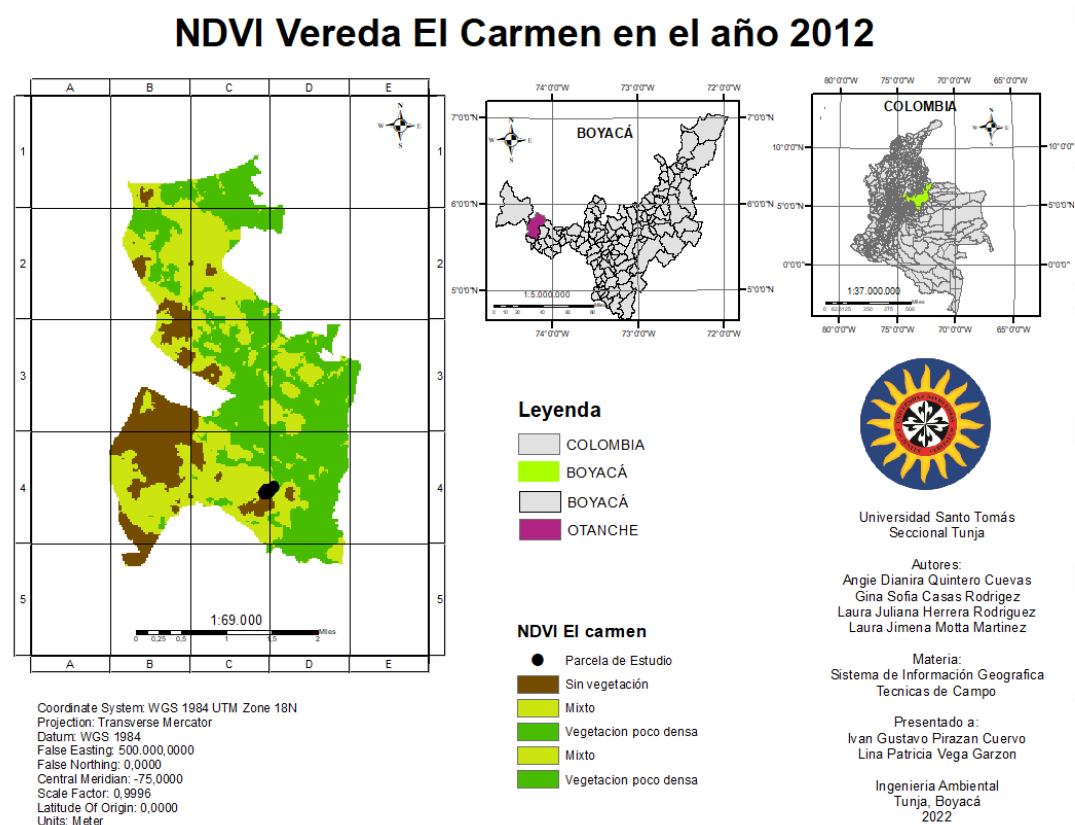
En el cálculo del índice de verdosidad (NDVI) con la herramienta ArcMAP, se obtuvo el mapa que describe el NDVI que tuvo la vereda El Carmen en el año 2021, el cual puede ser visualizado en las Figuras 2, 3 y 4

Figura 2. NDVI vereda de estudio año 2002



Fuente: elaboración propia

Figura 3. NDVI vereda de estudio año 2012

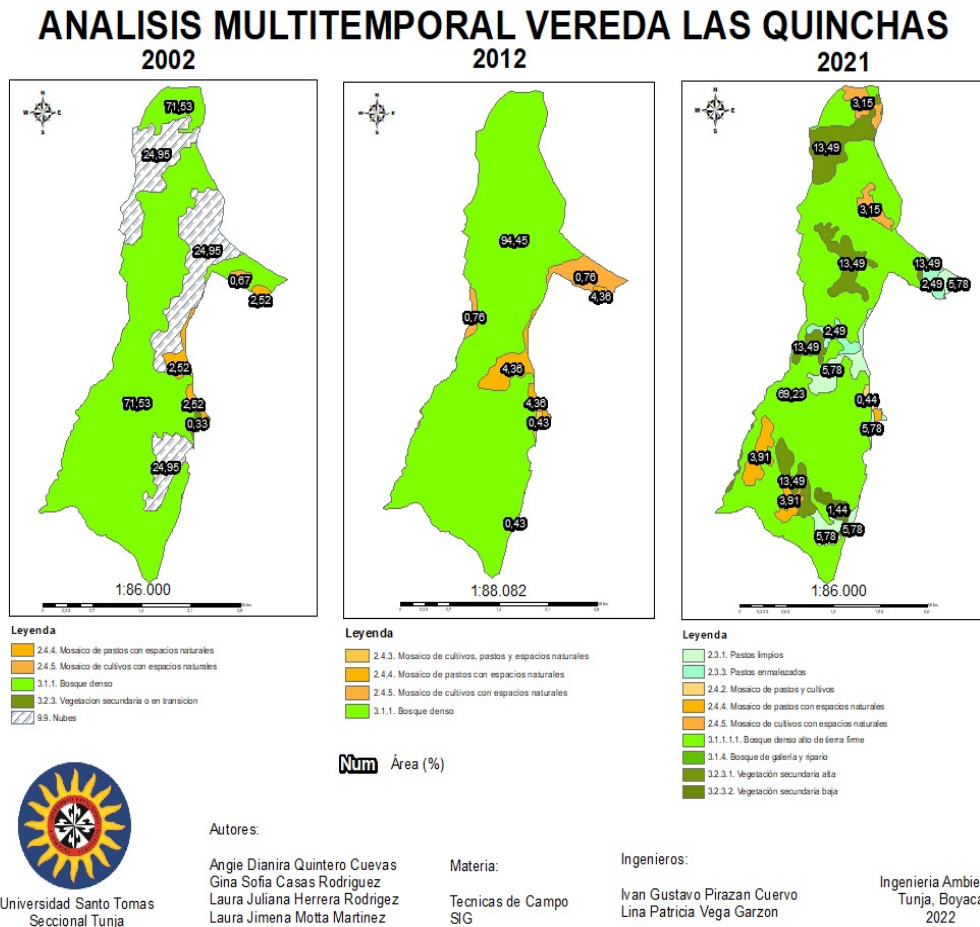


Fuente: elaboración propia

4.3 Análisis multitemporal vereda El Carmen

Se obtuvieron las imágenes landsat del portal de datos Earth explorer del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), a las cuales se les hizo el debido procesamiento con Corine Land Cover. Se obtuvo el mapa de coberturas de la vereda Las Quinchas en el municipio de Otanche, Boyacá, y este puede ser visualizado en la Figura 1.

Figura 4. Mapa análisis multitemporal vereda El Carmen



Fuente: elaboración propia

Los resultados de la estimación de cambio en la cobertura vegetal de la zona de estudio se pueden observar en la *Tabla 6* donde se presenta el área en hectáreas que abarca cada una de las coberturas tenidas en cuenta para los años 2002, 2009 y 2021.

Tabla 6. Coberturas de la vereda Las Quinchas.

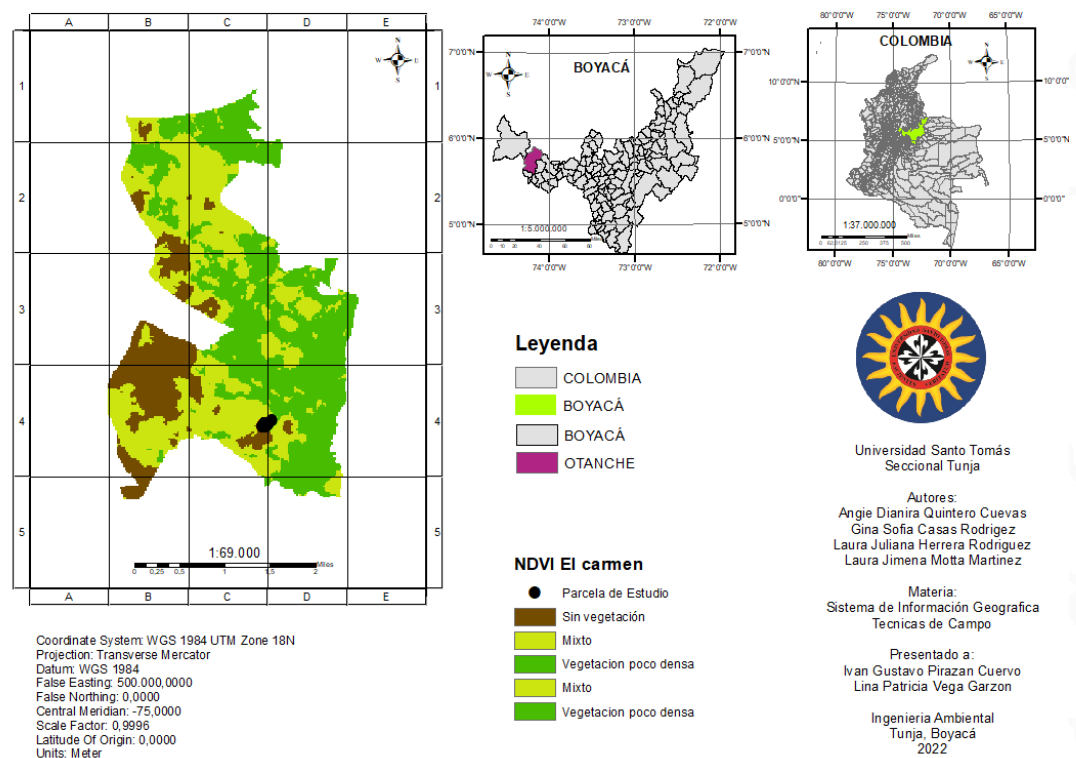
COBERTURA	AREA					
	2002		2012		2021	
	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ha)	%
2.3.1 Pastos limpios	0	0	0	0	113,44155	5,78
2.3.3 Pastos enmalezados	0	0	0	0	48,773296	2,49
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	0	0	0	0	8,6478221	0,44
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0	0	8,15	0,43	0	0
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	49,36	2,52	82,55	4,36	76,682124	3,91

2.4.5 Mosaico de cultivos con espacios naturales	13,12	0,67	14,31	0,76	61,742208	3,15
3.1.1 Bosque denso	1402,75	71,53	1786,23	94,45	0	0
3.1.1.1 Bosque denso alto de tierra firme	0	0	0	0	1357,5746	69,23
3.1.4 Bosque de galería y ripario	0	0	0	0	1,2983512	0,07
3.2.3 Vegetación secundaria o en transición	6,49	0,33	0	0	0	0
3.2.3.1 Vegetación secundaria alta	0	0	0	0	264,56465	13,49
3.2.3.2 Vegetación secundaria baja	0	0	0	0	28,329439	1,44
9.9. Nubes	489,33	24,95	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Figura 5. NDVI vereda de estudio año 2012

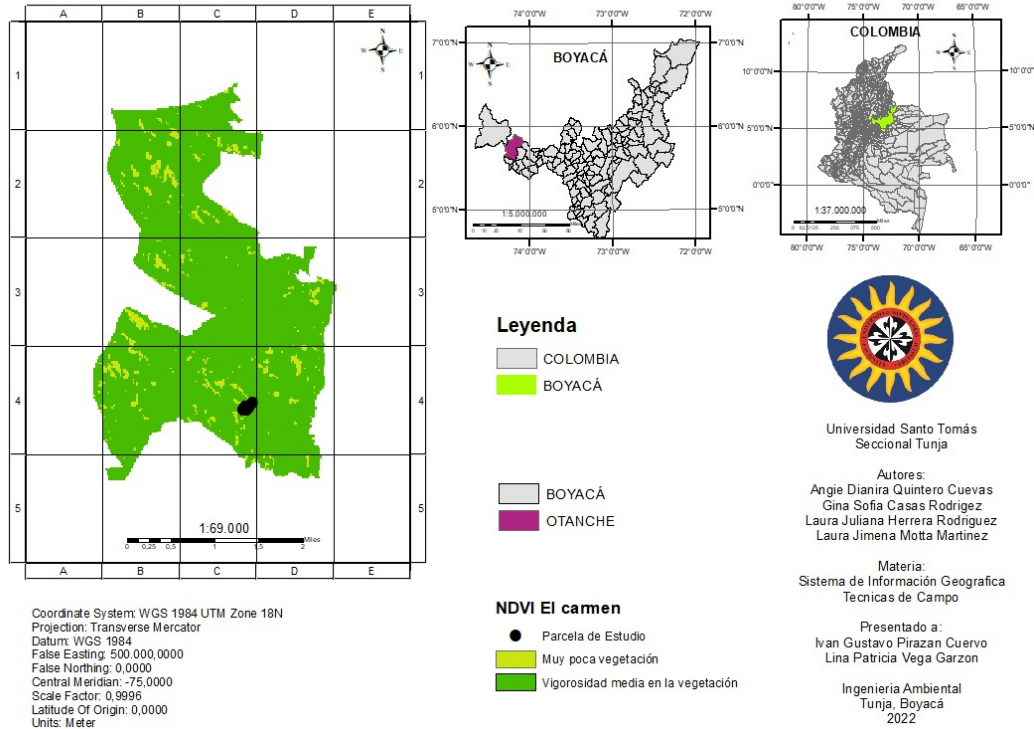
NDVI Vereda El Carmen en el año 2012



Fuente: elaboración propia

Figura 6. NDVI vereda de estudio año 2021

NDVI Vereda El Carmen en el año 2021



Fuente: elaboración propia

4.4 Cálculo de la capacidad de captura de carbono

Para los cálculos se sistematizaron los datos tomados en campo y, de esta manera, se determinó la existencia de 7 familias de árboles, con su respectiva taxonomía y su densidad básica, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Familias de árboles (Maderas)

Rango de alturas	Familia	Cantidad	Diámetro (cm)	Densidad básica (g/cm ³)
15-20m	Fabaceae	94	100	0,78
20-25m	Sapotaceae	24	120	0,87
25-30m	Anacardiaceae	12	70- 180	0,35
30-35m	Rubiaceae	4	60-150	0,76
35 - 40m	Moraceae	2	50-85	0,49
40-50m	Euphorbiaceae	2	90	0,41
50m	Bombacaceae	2	70	0,43

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el cuadro, se encontraron 94 árboles de la familia Fabaceae, 24 de la Sapotaceae, 12 de la Anacardiaceae, 4 de la Rubiaceae, 2 de la Moraceae, 2 de la Euphorbiaceae y 2 de la Bombacaceae para un total de 140 árboles estudiados.

Con esta información se calculó la biomasa aérea correspondiente a la parcela estudiada y el carbono almacenado en la misma:

Tabla 8. Biomasa y contenido de carbono

Sección de la parcela	Biomasa aérea (kg/ parcela)	Biomasa aérea por hectárea (kg/ha)	Contenido de carbono (Ton/parcela).
A	19582,89	78,33	97,914
B	7862,80	31,45	39,314
D	910,69	3,64	45,534
TOTAL	28356,38	113,43	141,781

Fuente: elaboración propia

4.5 Análisis multitemporal

Para el año 2002, en la vereda El Carmen se presentaron principalmente coberturas de Bosque denso, correspondientes a un 71,53 % del área total de la vereda, un 2,52 % de pastos con espacios naturales y el 1 % restante es de coberturas de vegetación secundaria o en transición y de cultivos en espacios naturales. Para el 2012, el porcentaje de bosque denso aumentó al 94,45 %, la cobertura de pastos con espacios naturales también aumentó a un 4,36 % y el 1,19 % de cobertura restante correspondió a cultivos con espacios naturales y una nueva cobertura de cultivos, pastos y espacios naturales. Para el año 2021 se registraron nuevos tipos y niveles de coberturas, el bosque denso pasó a ser Bosque denso alto de tierra firme y este correspondió a un 69,23 % del total de coberturas del área de estudio se observó un aumento de los tipos de pastos y del porcentaje que abarcan, el cual correspondió a 12,62 %, debido al aumento de la ganadería en el sector en los últimos años, y también se identificó la vegetación secundaria alta y baja correspondiente al 14,93 % de las coberturas, que aparece cuando hay deforestación en el área de estudio, lo que hace que el bosque se regenere y produzca vegetación secundaria.

4.6 Índice de verdor (NDVI) vereda El Carmen

Para el índice de verdor (NDVI) en la vereda El Carmen, teniendo en cuenta la clasificación del NDVI en la *Tabla 4*, se observó que en la vereda hay vegetación moderadamente sana que puede corresponder a una vigorosidad media de la vegetación, y también un índice de verdor que hace referencia a vegetación enferma o que hay poca presencia de vegetación, esto se debía por las diferentes actividades que se realizaban en la zona, ya fuera por ganadería o el uso agronómico.

4.7 Proyección de la capacidad de captura de carbono

Las densidades básicas de cada familia varían un poco entre sí, lo que hace que no se tenga una densidad estándar para toda la parcela. Las 7 familias estudiadas por su densidad poblacional son la Fabaceae, Sapotaceae, Rubiaceae, Anacardiaceae, Moraceae, Euphorbiaceae y Bombacaceae. Se contempla que son útiles para la recepción de carbono por sus características, pero también se comprende que “las 3 familias con mayor riqueza de especies arbóreas son Fabaceae, Rubiaceae y Myrtaceae” (FAO y PNUMA, 2020), para lo cual solo la Fabaceae y Rubiaceae aplica para esta parcela, debido a la altura del suelo térmico de la zona. La familia con más densidad poblacional

es la Fabaceae el cual tiene una densidad alta de 0.78, teniendo una de las alturas más pequeñas de la Tabla 7. Los árboles con más cantidad poblacional son los Fabaceae y Sapotaceae, debido a su taxonomía y desarrollo en el hábitat.

La biomasa aérea tiene un valor en kg que le dobla a la captura de carbono, debido a su capacidad de captura y “en Colombia en el 2021 había 59,5 millones de hectáreas de bosque natural, y para el mismo año se reforestaron 174.103 hectáreas de bosque, así mismo la deforestación en ese año fue de 45.500 hectáreas más” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible., 2022). Además de lo anterior, se conoció la noticia de que en ese mismo año del 2022, “se deforestaron más de 300 hectáreas en el Parque Natural Serranía Las Quinchas de forma ilegal” (Herrera, 2022).

4.8 Problemáticas socioambientales

La deforestación es una de las problemáticas más preocupantes que afectan la serranía, ya que se debe a la tala ilegal e indiscriminada de especies nativas y a la destrucción del hábitat de innumerables especies de fauna y flora que se encuentran en peligro de extinción; ya que “El parque Las Quinchas, es una Área Importante para la Conservación de las Aves, un importante sumidero de carbono y un hotspot o punto caliente de biodiversidad” (Paz, 2020).

El territorio estudiado enfrenta problemas socioambientales como la presencia de oleoductos y gasoductos, áreas de cultivos ilícitos, minería ilegal, tráfico de especies y problemas en la posesión de las tierras por parte de los campesinos que dificultan la implementación de nuevas alternativas productivas que contribuyan al mantenimiento del parque (Paz, 2020).

Con relación a la economía de la región y de los habitantes, se presenta una problemática: antes de la fundación del parque existían comunidades que residían allí y que desarrollaban actividades que impactaban de manera negativa el ecosistema de bosque húmedo tropical presente en las quinchas; aunque muchas de esas actividades fueron prohibidas, actualmente se mantienen debido a que las comunidades no han recibido respuesta por parte del Estado para la transición productiva y alguna remuneración por la erradicación de cultivos. Por esta razón se han generado conflictos entre los proyectos para la conservación del parque y el sostenimiento económico de las familias (Paz, 2020).

Teniendo en cuenta esta situación y los problemas con el Estado, el portal web de noticias Mongabay publicó un artículo en el que expone que las comunidades han decidido implementar procesos de conservación in situ como el control de la deforestación y la caza de animales silvestres, la realización de reforestaciones y la limpieza de los atractivos turísticos como los nacimientos de agua, los cuales les permiten generar ecoturismo y un sustento económico, manteniendo el lema del ministerio de ambiente, “producir conservando y conservar produciendo” (Paz, 2020).

5. CONCLUSIONES

El análisis de los cambios de coberturas vegetales en la zona de estudio permite definir las dinámicas relativas a la conservación y deforestación, así como definir en estudios más detallados la capacidad total de captura de carbono dependiendo del área y tipo de bosques encontrados mediante este análisis y el de captura de carbono extrapolado a partir de la medición de parcelas aleatorias.

Por medio del análisis multitemporal se pudo evidenciar los diferentes cambios que se han dado en la vereda de estudio a lo largo del tiempo. En el año 2012 presentó mayor porcentaje de bosque denso que en los otros años y por medio de la clasificación del índice de verdor se pudo evidenciar el tipo de vegetación que se encontraba.

El cambio de cobertura vegetal más importante identificado corresponde en el área estudiada de pastos, debido al aumento de la actividad ganadera en la región, por lo que es de vital importancia desarrollar estrategias que permitan mantener un desarrollo económico y un equilibrio medio ambiental en esta zona, mediante un análisis socioeconómico a fin de involucrar actividades relacionadas con el cuidado y explotación segura de los bosques, como la silvicultura.

Gracias a la identificación de las especies arbóreas presentes en la vereda El Carmen de la Serranía de las Quinchas, se pudo determinar que para esta parcela se cuenta con una captura de carbono de 141,7819 toneladas/parcela para 140 árboles de diferentes familias.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se propone desarrollar una alternativa para potenciar la captura de carbono con la familia Fabaceae, ya que por su densidad poblacional, taxonomía y biomasa aérea usa su fotosíntesis para disponer casi el 50 % de la biomasa aérea para la captura de carbono.

También se podrían desarrollar campañas de tala selectiva, lo que reduciría la tala indiscriminada de especies arbóreas, ya que se le daría prioridad para ser conservadas a las especies que contribuyan en mayor cantidad con la captura de carbono y los GEI.

6. REFERENCIAS

- Auravant (2022). Índices de vegetación y su interpretación. Recuperado junio de 2022, https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjoKCQjwqPGUBhDwARIsANNwjV4ggD9j3TutysdoHBmzeUBq7rPfpD_vTA-4YEkMbWeTk36JgVJxKPmoaAgrEEALw_wcB
- EARTH OBSERVING SYSTEM (2022, 12 mayo). NDVI (Índice Diferencial Normalizado de Vegetación) y Clorofila. Recuperado junio de 2022, de: <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/#:%7E:text=Los%20>
- Duque Montoya, A. Javier., Yepes Quintero, A. Patricia., Navarrete Encinales, D. Alejandro., & Phillips Bernal, J. Fernando. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Colombia).
- FAO y PNUMA. (2020). El estado de los bosques del mundo. Los bosques, la biodiversidad y las personas. In El estado de los bosques del mundo 2020. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Herrera, J. (2022, November 8). Capturan a responsables de deforestación de 300 hectáreas en Serranía las Quinchas. Regiones, W Radio.
- IDEAM. (2017). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Obtenido de MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM file:///C:/Users/usuario/OneDrive/Documentos/Tecnicas%20de%20campo/Nueva%20carpeta/Protocolo%20para%20la%20estimaci%C3%B3n%20nacional%20y%20subnacional_1.pdf
- INIA (2023). Maderas del Perú.

- Londoño, J. M. (2018). Subdirección de Sostenibilidad y Negocios Ambientales. (2018). Estrategia para el Incremento de la captura de Carbono y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las Áreas Protegidas (AP) y Áreas con Función Amortiguadora (AA), como servicio ecosistémico de los Parques Nacionales Naturales de Colombia, a través de la deforestación evitada y restauración de bosques y para el mejoramiento de la sostenibilidad financiera. Recuperado de: <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2018/08/Estrategia-para-el-Incremento-de-la-captura-de-carbono-en-las-AP-Abril-2018.pdf>
- Mateus, M. C. (2000). Análisis de la cobertura vegetal, uso del suelo y su impacto en la desecación del Lago de Tota. Obtenido de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11585>
- Ministerio de ambiente. (2010). LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA.
- Familias de árboles (Maderas). (s.f.). Obtenido de: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/cdinvestigacion/inia/inia-p4/inia-p4.htm#TopOfPage>
- Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible. (2022, July 15). Se reduce y se contiene la deforestación en Colombia durante los últimos cuatro años. Se Reduce y se contiene la Deforestación en Colombia durante los Últimos Cuatro Años.
- MinAmbiente; Parque Nacionales Naturales de Colombia. (2018). Estrategia para el Incremento de la captura de Carbono y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las Áreas Protegidas (AP) y Áreas con Función Amortiguadora (AA), como servicio ecosistémico de los Parques Nacionales Naturales de Colo. <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2018/08/Estrategia-para-el-Incremento-de-la-captura-de-carbono-en-las-AP-Abril-2018.pdf>
- Paz, A. J. (2020, June 1). Serranía de Las Quinchas: la difícil gestión de un parque colombiano lleno de conflictos socioambientales. Mongabay.
- Pizaña, G. J. M. (2010). Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la Cuenca del Río Magdalena. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000100007
- Ramírez, E. F. (2019). Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/proyecto-grado-23-24.pdf>
- Ruano, J. E. (2019). ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL ECOPARQUE DE LAS GARZAS, CALI VALLE DEL CAUCA. Universidad Autónoma de Occidente.
- Sandoval, A. Y. (2004). La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907001>
- Tiria, F. L. N. (2018). Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguízamo, Putumayo (Colombia) Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v27n2/0121-215X-rcdg-27-02-00286.pdf>



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
— TUNJA —

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1732