

**Diagnóstico de áreas agrosilvopastoriles determinadas en la zonificación ambiental dentro de la formulación del POMCA del río Sumapaz, para la zona comprendida entre las veredas de San José y Panamá del municipio de Silvania, Cundinamarca**

Jesús David García Murcia

Asesor

Nadia Luz Suarez Albarracín

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2025

## Nota de Aceptación

---

Nombre del director del Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

### **Dedicatoria**

Este logro va dedicado primeramente a Dios, por permitirme cumplir cada día con las obligaciones y deberes de este proceso académico. A mi esposa, mi hijo Joseph Falcao, padres y hermanos, por ser mi fuente de inspiración, por su apoyo incondicional para salir de las adversidades y crecer día a día, un saludo especial a la directora del proyecto de grado la profe Nadia Suarez por hacer parte de este proceso, por su actitud, disponibilidad y entusiasmo. Porque los sueños son posibles con constancia y dedicación.

### **Agradecimientos**

A Dios por permitirme crecer día a día, por darme fuerza en los momentos más difíciles para nunca rendirme y salir adelante.

A mi familia por ser mi motor de vida, esa fuente de inspiración, amor, comprensión, por siempre estar a mi lado.

A mis compañeros, tutores y demás personas que dentro de la institución hicieron parte de mi proceso de aprendizaje.

## Resumen

Este proyecto tiene como fin realizar un diagnóstico de las áreas agrosilvopastoriles, específicamente las definidas dentro de la zonificación ambiental del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Sumapaz (POMCA). El área de estudio se circunscribe a la zona comprendida entre las veredas de San José y Panamá del municipio de Silvania, Cundinamarca. La investigación pretende diagnosticar las zonas agrosilvopastoriles a partir de la recopilación exhaustiva de información, con datos cartográficos, imágenes satelitales y documentos técnicos oficiales provenientes de entidades clave como la Agencia Catastral de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional (CAR), el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para la zona de estudio. La investigación requiere de una estimación de áreas agrosilvopastoriles según lo definido en el POMCA del Río Sumapaz, utilizando la base catastral actualizada del municipio de Silvania como referencia, y basados en una metodología que permita la validación mediante el procesamiento y análisis de imágenes satelitales Landsat 9.

***Palabras claves:*** Áreas agrosilvopastoriles, diagnóstico, estimación, POMCA, Cartografía.

### **Abstract**

This project focuses on conducting a diagnosis of the agrosilvopastoral areas specifically defined within the environmental zoning of the Sumapaz River Basin Planning and Management Plan (POMCA). The study area is limited to the area between the districts of San José and Panamá in the municipality of Sylvania, Cundinamarca. The research aims to diagnose the agrosilvopastoral areas based on a comprehensive collection of information, including cartographic data, satellite images, and official technical documents from key entities such as the Cundinamarca Cadastral Agency, the Regional Autonomous Corporation (CAR), and the United States Geological Survey (USGS) for the study area. The research requires an estimate of agrosilvopastoral areas as defined in the Sumapaz River POMCA, using the updated cadastral database for the municipality of Sylvania as a reference, and based on a methodology that allows for validation through the processing and analysis of Landsat 9 satellite images.

***Keywords:*** Agrosilvopastoral areas, diagnosis, estimate, POMCA, Cartography.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Planteamiento del Problema.....	12
Justificación.....	14
Objetivos .....	15
Objetivo General .....	15
Objetivos Específicos .....	15
Marco Conceptual y Teórico.....	16
Zonificación Ambiental.....	16
Expansión Urbana .....	16
Ordenamiento Territorial.....	17
PBOT Municipio de Sylvania.....	17
Uso del Suelo.....	18
Unidad Agrícola Familiar (UAF) .....	19
Cuenca Hidrográfica.....	19
Cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz .....	20
Sistemas Agroforestales .....	20
Sistemas Agrosilvopastoriles.....	21
Sistemas de Información Geográfica.....	22
Imágenes Satelitales .....	23
Landsat 9 .....	23
Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA).....	25
Metodología .....	27
Resultados .....	33

Procesamiento y Cálculo de Datos Vectoriales.....	33
Delimitación Zona de Estudio .....	33
Predios Base Catastral de la Zona de Estudio .....	34
Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio.....	35
Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zonificación Ambiental del POMCA en la Zona de Estudio .....	36
Predios por Debajo de la UAF en Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zona de Estudio .....	37
Validación del cálculo de áreas a partir de Imágenes Satelitales .....	38
Estudio con Imágenes (Landsat 9).....	39
Definición Zona de Estudio .....	39
Color Natural (Bandas 4,3,2) de la Zona de Estudio .....	40
Infrarrojo Cercano (Bandas 5, 4, 3) de la Zona de Estudio .....	41
Usos Agrícolas (Bandas 6, 5, 2) de la Zona de Estudio .....	41
Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) .....	42
Clasificación No Supervisada.....	43
Análisis de Resultados .....	48
Conclusiones .....	51
Referencias Bibliográficas .....	53

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Sensores, Bandas Espectrales y Longitudes de Onda de Landsat 9</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Fases del POMCA</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Diligenciamiento Criterios de Búsqueda</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Definir el Polígono con Coordenadas</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Selección de Conjunto de Datos</i> .....	28
<b>Figura 6</b> <i>Visualización de Imágenes</i> .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Descarga en Formato TIFF</i> .....	29
<b>Figura 8</b> <i>Metodología</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Delimitación Zona de Estudio</i> .....	34
<b>Figura 10</b> <i>Predios Base Catastral de la Zona de Estudio</i> .....	35
<b>Figura 11</b> <i>Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio</i> .....	36
<b>Figura 12</b> <i>Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio</i> .....	37
<b>Figura 13</b> <i>Predios por Debajo de la UAF en Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zona de Estudio</i> .....	38
<b>Figura 14</b> <i>Bandas Landsat 9</i> .....	39
<b>Figura 15</b> <i>Definición Zona de Estudio</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Color Natural 4,3,2 de la Zona de Estudio</i> .....	40
<b>Figura 17</b> <i>Infrarrojo (Bandas 5, 4, 3) de la Zona de Estudio</i> .....	41
<b>Figura 18</b> <i>Usos Agrícolas (Bandas 6, 5, 2) de la Zona de Estudio</i> .....	42
<b>Figura 19</b> <i>Composición NDVI</i> .....	43
<b>Figura 20</b> <i>Clasificación No Supervisada</i> .....	44
<b>Figura 21</b> <i>Coberturas Clasificación No Supervisada</i> .....	44

<b>Figura 22</b> <i>Cuadro de Áreas Clasificación No Supervisada</i> .....	45
<b>Figura 23</b> <i>Validación Áreas Estimadas- Cruce Agrosilvopastoril vs Viviendas Rurales Agrupadas y Dispersas</i> .....	45
<b>Figura 24</b> <i>Validación Áreas Estimadas- Cruce Agrosilvopastoril vs Viviendas Rurales Agrupadas y Dispersas Vs Predios Debajo de la UAF</i> .....	46
<b>Figura 25</b> <i>Validación de Áreas Estimadas Vereda San José Municipio de Sylvania, Cundinamarca</i> .....	46
<b>Figura 26</b> <i>Validación de Áreas Estimadas Vereda Panamá, Municipio de Sylvania, Cundinamarca</i> .....	47
<b>Figura 27</b> <i>Cuadro de Áreas Subzonas Zonificación Ambiental POMCA</i> .....	48

## Introducción

Los sistemas agrosilvopastoriles, son aquellos sistemas en los que interactúa el sistema agrícola, pecuario y forestal en una misma unidad de terreno con especies leñosas y leguminosas. Por medio de este tipo de sistema agroforestal se busca mejorar las condiciones del suelo, la producción sostenible y uso integrado de los recursos naturales (Prieto, 2023).

Las subzonas establecidas en la zonificación ambiental POMCA del río Sumapaz, nos permiten dividir el área de la cuenca en diferentes zonas con características y necesidades de manejo específicas. A nivel nacional, se viene presentando un fenómeno social que causa problemas de ordenación territorial e impacto ambiental, como lo son las urbanizaciones de tipo informal o en algunos casos el llamado volteo de tierras. En la presente investigación, se hace un diagnóstico de las áreas agrosilvopastoriles dentro de la zona de estudio (veredas san José y Panamá del municipio de Sylvania). Se aplica una metodología para estimar las áreas agrosilvopastoriles y sus zonas directamente afectadas, analizando los posibles comportamientos y efectos negativos de tipo ambiental, que pueden causar en los ecosistemas presentes. Posteriormente, se valida la información con imágenes satelitales Landsat 9, a través de las composiciones y combinaciones de bandas y su análisis para determinar la exactitud de las áreas identificadas.

## Planteamiento del Problema

El municipio de Silvania, ubicado en el departamento de Cundinamarca, en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial “PBOT” Acuerdo 022 de año 2000 (Silvania, 2000), dentro de la zona suburbana aprobada en este acuerdo, adquirió una zona exclusiva y reconocida por su estructura y destinación de vivienda campestre, lo que se conoce como condominios.

La vía de acceso que conduce, desde el municipio de Silvania al municipio de Tibacuy, que hace parte de las veredas de Panamá y San José del municipio de Silvania son atractivas para los turistas, entre otros aspectos, por la accesibilidad vial. Esto hace que las personas con visión de inversión en el sector construcción, lo vean como una alternativa económica viable. Por ende, su cercanía a la zona sub urbana hace deducir erróneamente que los usos del suelo destinados para el sector rural sean destinados a vivienda campestre, sin tener en cuenta que al hacer parte de la ruralidad necesita mantener su vocación y destino agropecuario como lo dice la norma (Acuerdo 022 del año 2000).

Teniendo en cuenta los documentos técnicos y la resolución conjunta 149 del 27 de Junio del 2023 “Por medio de la cual, se aprueba la formulación del Plan de ordenación y manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Sumapaz (Subzona Hidrográfica 2119) y se dictan otras disposiciones” (CAR, 2023), se evidencia a través de su cartografía que la zona de estudio en su mayoría tiene destinación o usos Agrosilvopastoriles, pero desde la aprobación del PBOT municipal se han realizado varias subdivisiones en suelo rural por debajo de la Unidad Agrícola Familiar “UAF”.

La UAF es el instrumento de política rural en Colombia que tienen como objetivo garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible del sector agropecuario. (Avila y Velasquez, 2024), que en su momento fue aprobada como 1 (una) hectárea, lo que quiere decir, que en el municipio legalmente se puede subdividir o fraccionar predios por un área de 10.000

m<sup>2</sup>, a menos que se haga por una excepción de la Ley 160 de 1994 artículo 45 ya sea por donación, condiciones especiales de la propiedad, sentencias, entre otros. (pública, 1994).

Los motivos de la aprobación por parte de la oficina de planeación municipal, quien es el ente encargado y designado para subdivisiones, no son relevantes en este caso, ya que los predios subdivididos cuentan con acto administrativo, escrituras individuales debidamente registradas y su correspondiente asignación catastral de los predios resultantes. Lo anterior, sin contar las subdivisiones llamadas urbanizaciones informales o ilegales según el Artículo 318 del código penal Nacional (Botero, 2000), que son agrupaciones de viviendas por porcentaje o común y proindiviso, que presentan características de vocación urbana dentro del sector rural.

Cuando se pierde la vocación rural, no se pierde solo área de cultivos y/o áreas forestales, también se ocasiona saturación de suelos por residuos líquidos, se presenta escases de recurso hídrico, emisiones de gases de efectos invernadero, estos gases absorben la radiación infrarroja que emite la superficie atmosférica y terrestre, ocasionando la retención del calentamiento global, entre otros.

Por eso es importante hacer un diagnóstico de cómo se ha perdido la vocación rural en los sectores del municipio, para mitigar las problemáticas socioeconómicas, ambientales y culturales, promoviendo los sistemas agrosilvopastoriles, asociaciones que se encuentran determinados dentro del POMCA para mejorar la producción, el bienestar animal, la biodiversidad, la sostenibilidad de la producción agrícola y para preservar el medio ambiente pensando en el futuro.

En este sentido, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Porque es importante identificar las áreas agrosilvopastoriles determinadas en el POMCA, para evaluar los daños ambientales provocados por la pérdida de vocación rural?

## **Justificación**

Este proyecto aplicado, se realiza con el fin de estimar y diagnosticar las áreas agrosilvopastoriles que hacen parte de la zonificación ambiental, aprobadas dentro de la formulación del POMCA del río Sumapaz, donde se determinaron unas áreas estratégicas para asignarle una vocación y destinación adecuada del sector rural en pro de la conservación de la cuenca hidrográfica de la que hace parte el municipio de Silvania.

El municipio de Silvania desde la aprobación del PBOT mediante el Acuerdo 022 del año 2000, ha tenido constantes cambios en cuanto a zonas de expansión, construcción y en fraccionamientos o subdivisiones tanto en el sector urbano como en el rural. Las veredas Panamá y San José del municipio de Silvania, por su cercanía a un sector sub urbano de condominios, ha permitido que en las diferentes administraciones municipales se hayan aprobado subdivisiones por debajo de la UAF y se hagan urbanizaciones con enfoque urbano, en suelo rural, afectando la vocación rural de la zona.

Estos actos traen consecuencias ambientales, afectaciones en los ecosistemas, escasez del recurso hídrico, degradación de suelos, entre otras más. Es importante, recalcar que aún existen predios que poseen un área idónea y las características agropecuarias para implementar soluciones agrosilvopastoriles que generen mayor aprovechamiento de los recursos naturales y fomenten el desarrollo de ecosistemas autosostenibles, intensificando las acciones aptas para recuperar la vocación rural en las veredas del municipio, y así, iniciar un proceso de reestructuración ecológica en todo el municipio. La presente investigación, pretende ser un aporte en la toma de decisiones a nivel municipal, regional, y departamental, para el mejoramiento de las condiciones ambientales en los territorios.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar un diagnóstico de las áreas agrosilvopastoriles determinadas en la zonificación ambiental dentro de la formulación del POMCA del río Sumapaz, para la zona comprendida entre las veredas; San José y Panamá, del municipio de Silvania, Cundinamarca.

### **Objetivos Específicos**

Recopilar la información cartográfica, satelital y documentos técnicos oficiales de entidades, como la Agencia Catastral de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Servicio Geológico de los Estados Unidos y datos abiertos de Esri Colombia, de la zona de estudio.

Estimar las áreas y usos agrosilvopastoriles determinados en el POMCA, teniendo como referencia la base catastral actualizada del municipio de Silvania.

Validar las zonas identificadas con usos agrosilvopastoriles con imágenes satelitales Landsat 9, para determinar la exactitud de las áreas y usos estimados.

## **Marco Conceptual y Teórico**

### **Zonificación Ambiental**

La zonificación ambiental es un proceso en el cual se determinan áreas que según sus características presentan sensibilidad ambiental para los diferentes componentes de cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico). Ésta se desarrolla con la información obtenida de la caracterización de la línea base y la susceptibilidad que tiene el área de influencia ante los fenómenos naturales y antrópicos en el entorno sin proyecto. (Castro, 2019).

El proceso de zonificación ambiental es una herramienta que permite mostrar la dinámica del territorio, determinando las unidades espaciales de uso y ocupación del mismo considerando la realidad biofísica y socioeconómica del lugar, especialmente las ofertas, limitaciones, potencialidades y fragilidades que ocurren en la estructura y funcionamiento del ecosistema. (Chacón Paja y Camayo Sánchez, 2023).

Se refiere a la planificación y organización del uso del suelo y los recursos naturales en una microcuenca, para que se integren de manera positiva en el desarrollo de la región y mejoren las condiciones de vida de sus habitantes, sin dañar el equilibrio natural. Esto implica, la identificación de unidades de manejo ambiental y la representación cartográfica de estas unidades para guiar la planificación ambiental y la gestión sostenible de la microcuenca (Azabache & Lasso, 2023).

La zonificación ambiental; es un proceso en el cual, se establecen áreas que según sus características presentan sensibilidad ambiental para los diferentes componentes de cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico). (Beleño y Borrero, 2024).

### **Expansión Urbana**

La expansión urbana se refiere al aumento de la huella urbana, como consecuencia del crecimiento poblacional y el incremento en la tasa de consumo de suelo per cápita. El fenómeno

de expansión es ordenado cuando se planifican integralmente las áreas hacia donde crecen las ciudades, garantizando la suficiente infraestructura pública y privada, y articulando suelos de alto valor ambiental. (Cardenas y Restrepo, 2023).

La expansión urbana, plantea un gran desafío para los organismos de planificación y gestión territorial, especialmente en áreas periféricas donde el crecimiento puede generar desigualdades espaciales en el acceso a servicios urbanos esenciales o en terrenos con aptitudes para diversos usos, generando conflictos de ubicación. (Ramírez, Mata, & Castelo, 2025).

### **Ordenamiento Territorial**

El ordenamiento territorial, es un elemento significativo dentro del objeto de estudio, porque este se enfoca en realizar un instrumento de planificación del desarrollo, teniendo en cuenta una perspectiva democrática, participativa, sistémica y prospectiva que está orientado a la organización política administrativa de la entidad territorial para poder garantizar una calidad de vida estable a la población que se encuentra dentro de la zona. (Castiblanco, 2023).

El Ordenamiento territorial, es el conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas por los municipios, en ejercicio de la función pública que les compete, y les permita disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio y controlar el uso, las funciones y las ocupaciones del territorio de acuerdo a las medidas adelantadas por la sociedad en conformidad con el entorno natural teniendo en cuenta las practicas históricamente formativas. (Morales, 2022).

### ***PBOT Municipio de Sylvania***

Decreto No. 022 de 2000 (Octubre 31 de 2000). por el cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial municipal, se definen los usos del suelo para las diferentes zonas de los sectores rural y urbano, se establecen las reglamentaciones urbanísticas correspondientes y se plantean los planes complementarios para el futuro desarrollo territorial del municipio.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS USOS DEL SUELO: ARTICULO 42: Con el propósito de asignar los usos del suelo autorizados para las zonas y subzonas descritas en la zonificación y reglamentación del suelo, los usos del suelo se clasifican como principal, complementarios, condicionados o restringidos y prohibido.

PARÁGRAFO: El desarrollo de las distintas actividades socioeconómicas que no están estipuladas dentro de la reglamentación de usos del suelo, tanto en Suelo de Desarrollo Agrícola, Suelos de Protección y Suelos Suburbanos y que signifiquen potenciales de desarrollo socioeconómico Nacional, Departamental, Regional y/o Municipal; como ejemplo, las exploraciones y explotaciones petroleras o mineras a gran escala podrán desarrollarse en el territorio municipal como uso restringido; siempre y cuando, presente concepto favorable al Concejo Municipal, al Comité de Veeduría y Control Ciudadano (Art. 206) y a las entidades encargadas del control ambiental como son la CAR y el Ministerio de Medio Ambiente, en cumplimiento de los objetivos del Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

### **Uso del Suelo**

El uso del suelo es entendido principalmente como un criterio socioeconómico, que hace referencia a la actividad dominante en determinado lugar y la cobertura del suelo es un indicador biofísico que describe los materiales que cubren un territorio. (Sanchez, Zapata, Lopez, Yarce, & Pinel, 2021).

En Colombia existe un conflicto de uso del suelo considerable, pues únicamente el 67,6% (77'082.339 ha) del territorio cuenta con un uso adecuado mientras que el 16% (18'382.792 ha) está siendo sobre utilizado y el 13% (14'905.040 ha) está siendo subutilizado, situación que puede influir en la degradación de los suelos e impactar negativamente la sostenibilidad de los paisajes. (UPRA, 2014).

### **Unidad Agrícola Familiar (UAF)**

La Unidad Agrícola Familiar UAF, en términos generales es un instrumento de política pública agropecuaria y de desarrollo rural mediante el cual, una familia campesina puede alcanzar los ingresos necesarios para lograr su sostenimiento, a través de la explotación de una porción de tierra; esta extensión es medida en hectáreas (ha). (ANT, 2018).

Las UAF son establecidas para el aprovechamiento agrícola de una extensión de tierra que esté directamente vinculada al laburo de una familia, conformada por la cabeza del hogar, su pareja y/o familiares hasta el segundo grado de parentesco consanguíneo y el primer grado civil, sin que haya restricciones para contratar mano de obra externa de manera ocasional. (Hernandez, Clavijo, & Vargas, 2024).

### **Cuenca Hidrográfica**

Cuenca u hoya hidrográfica, hace referencia, al área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (CORPOGUAVIO, 2022).

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica, el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (Ambiente, 2022).

La cuenca hidrográfica debe ser entendida como una unidad básica para el análisis ambiental, ya que permite conocer y evaluar sus diversos componentes y los procesos e interacciones que en ella ocurren. (Moreira, Mirandola, Pinto, Chavez, y Oliveira, 2020).

### **Cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz**

La Cuenca del río Sumapaz hace parte de la hoya hidrográfica del Río Magdalena, se ubica al suroccidente del departamento de Cundinamarca, su extensión es de 2532,14 Km<sup>2</sup>, ocupando el 13,5% del área de jurisdicción CAR. La cuenca limita al norte con la Cuenca del Río Bogotá y Cuenca Río Magdalena Vertiente Oriental (Cundinamarca), al sur con el departamento de Huila, por el oriente con el Departamento del Meta y parte de la Cuenca del Río Bogotá y la del Río Blanco y finalmente por el occidente con el Departamento de Tolima. (Chiguazuque, 2022).

La cuenca hidrográfica del río Sumapaz (código 2119) código que hace referencia a la zonificación y codificación de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia ( Área hidrográfica: **2**, Zona hidrográfica: **1**, Subzona hidrográfica: **19**), conforma un territorio compartido por los departamentos de Cundinamarca y Tolima, con una superficie total de 306.004 hectáreas. Del área total el 82% se encuentra en el departamento de Cundinamarca y el restante 18% en el departamento de Tolima; estos porcentajes corresponden igualmente a la jurisdicción de las Corporaciones Autónomas Regionales CAR y CORTOLIMA. (Hernandez A. , 2020).

### **Sistemas Agroforestales**

Los sistemas agroforestales, permiten aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación (sistemas donde existe combinación de especies arbóreas y arbustivas o herbáceas) y aumenta la biodiversidad, siendo el silvopastoreo, una modalidad de producción pecuaria donde plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con componentes tradicionales (forrajeras, herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, que considera la composición de diferentes sistemas de producción de ganado bovino siendo alternativa para mejorar la producción pecuaria y prevenir procesos de degradación de suelos y, ante la escasa

investigación en el área, es necesario identificar las especies para incorporarlas a los sistemas ganaderos de la región del Sumapaz, que optimicen la ganadería en las condiciones agroclimáticas del área de estudio y favorezcan la revegetalización del territorio, como uno de los retos del desarrollo sostenible del sector. (Aguirre, Piraneque, y Abaunza, 2021).

Los Sistemas Agroforestales (SAF), se definen como la forma de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales, especies leñosas (árboles y arbustos), son utilizadas en asociación intencionada con cultivos agrícolas y con animales, en un arreglo espacial (topológico) o cronológico (en el tiempo) en rotación con ambos; ya sea simultánea o de manera secuencial, compatibles con las condiciones socioculturales para mejorar las condiciones de vida de la región. (Hernandez, 2022).

La clasificación de los sistemas agroforestales toma en cuenta los componentes que los conforman y la distribución que tienen éstos en el tiempo y en el espacio. De acuerdo con los tipos de combinaciones de los componentes que los conforman, los sistemas agroforestales se clasifican en tres tipos: sistemas agroforestales o silvoagrícolas, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas silvopastoriles. (Hernandez, 2022).

### ***Sistemas Agrosilvopastoriles***

Los sistemas agrosilvopastoriles, son una modalidad de los sistemas agroforestales que pueden permitir a los productores el pago por servicios ambientales, además de múltiples servicios ecológicos y sociales. Son una importante estrategia para la mitigación del calentamiento global utilizando la inserción de árboles en potreros involucrando el establecimiento de cercas vivas y el de pasturas mejoradas, así como incentivar la regeneración natural de la vegetación y la conservación de los bosques, son una posibilidad viable para los productores. (Rodríguez, 2021).

Los sistemas agrosilvopastoriles (SASP) son un conjunto de técnicas de uso de la tierra,

donde se asocian tres componentes en un mismo terreno como lo son el componente vegetal leñoso (árboles frutales o forestales), componente vegetal no leñoso (cultivos de leguminosas) y el componente animal (Ganado vacuno, ovino, etc.) (Zambrano, 2020).

### **Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una de las herramientas modernas para el análisis de información espacial poderosa y su objetivo principal es realizar un esquema para comprender el potencial de las características que posee el SIG y su versatilidad al momento de aplicarlas en diversos casos e inferir con mayor facilidad la realidad fronteriza, que está compuesta de diversos conflictos que se presentan entre la interacción y creación de escenarios y expresiones socio-espaciales. (Corrales y Henao, 2024).

Los SIG son sistemas que nos permiten analizar, crear, administrar y representar todo tipo de información cartográfica, también ayudan a comprender las relaciones que se encuentran y a mejorar la comunicación para la toma de decisiones. Los sistemas de información geográfica (SIG) tienen la capacidad de tomar referencias o puntos propios de un territorio para poder llevar a cabo el plan de desarrollo. (Acevedo y Medina, 2023).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una clase especial de Sistemas de Información, este tipo de tecnologías no solo almacena atributos o datos alfanuméricos, sino que este tipo permiten guardar la ubicación geográfica de las actividades humanas ligadas a la agricultura y ganadería y otras ramas de la ciencia, con sus respectivos atributos y características. El rol de un Sistema de Información Geográfica es ofrecer a los futuros profesionales mejores capacidades para la toma de decisiones, suministradas a través del acceso a la información y como un resultado de la transformación de los datos colocando esta información en formatos útiles que puedan tener un efecto sobre sus operaciones en el tiempo. (Lezcano, 2023).

Un SIG se puede definir, como aquel método o técnica de tratamiento de la información

geográfica que permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Un Sistema de Información Geográfico (SIG) relaciona cualquier tipo de dato con una localización geográfica. Esto quiere decir que en un solo mapa el sistema muestra la distribución de recursos naturales, poblaciones, entre otros datos de los municipios, departamentos, regiones o todo un país. (Rodríguez, 2024).

### **Imágenes Satelitales**

El uso de imágenes satelitales permite evaluar de manera precisa y detallada el grado de afectación de la cobertura vegetal por diferentes actividades, evidenciando una pérdida significativa de suelo productivo, por otro lado, las imágenes satelitales pueden revelar también las áreas afectadas por la minería, mostrando una disminución en la vegetación y la capacidad de los ecosistemas para retener carbono o ilustrar la extensión de la deforestación y la pérdida de biomasa, destacando la reducción de la cubierta forestal. (Chuquiruna y Lujan, 2024).

Las imágenes satelitales, son fotografías o representaciones visuales de la Tierra obtenidas desde satélites artificiales que circundan el planeta. Estos satélites están equipados con instrumentos ópticos, como cámaras o sensores, diseñados para detectar la luz reflejada o emitida por la superficie terrestre en diversas longitudes de onda. (Banguero, 2024).

Para la obtención de las imágenes satelitales, existen satélites de observación terrestre que orbitan la tierra recopilando datos, de superficie terrestre, atmosfera e hidrosfera. Esta información recolectada se utiliza en diversas aplicaciones como monitoreo ambiental, predicción del clima, gestión de desastres entre otros.

### **Landsat 9**

Lanzado el 27 de septiembre de 2021, Landsat 9 funciona como una asociación entre USGS y la NASA y tiene como misión la observación global para monitorear, comprender y gestionar los recursos naturales de la Tierra. Similarmente que su antecesor, cuenta el OLI-2

(Operacional Land Imager 2) y TIRS-2 (Thermal Infrared Sensor 2).

Landsat 9, cuenta con una resolución de 15 metros para la banda pancromática y 30 metros para las bandas multiespectral. (Zubieta y Buitrago, 2024).

Este es el satélite más reciente que se ha lanzado del proyecto Landsat Missions. Fue puesto en órbita el 27 de septiembre del 2021, y continua en operación actualmente. El satélite se compone de réplicas de los sensores del satélite Landsat 8, así el primer sensor es el Operacional Land Imager 2 (OLI-2) y el segundo es el Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS-2). Debido a lo anterior, el satélite tiene las mismas bandas espectrales que Landsat 8 y los sensores funcionan de igual forma, cambiando solo la resolución radiométrica del sensor OLI-2. (Murillo, 2021).

El aumento actual de la cobertura terrestre y el cambio en el uso del suelo a nivel mundial tiene profundas consecuencias para el cambio meteorológico y climático, la función y los servicios ecosistémicos, el ciclo y la captura del carbono, la gestión de recursos, la economía nacional y mundial, la salud humana y la sociedad.

Este satélite se encuentra equipado con dos sensores:

El Operacional Land Imager 2 (OLI-2) el cual capta observaciones de la superficie de la Tierra en las bandas visible, infrarroja cercana e infrarroja de onda corta, con un GSD (Ground Sampling Distance) de 30 metros, y en la banda 8, correspondiente a la banda pancromática, con un GSD de 15 metros.

El Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS-2) que mide la radiación térmica emitida por la superficie terrestre en dos bandas infrarrojas térmicas con un GSD de 100 metros.

Landsat es el único sistema satelital estadounidense diseñado y operado para observar repetidamente la superficie terrestre global a una escala moderada, mostrando cambios tanto naturales como antropogénicos. (NASA, 2025).

## Figura 1

### *Sensores, Bandas Espectrales y Longitudes de Onda de Landsat 9*

Sensor	Bandas Espectrales		Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )		Resolución espacial (m)
OLI-2	Banda 1	Visible	0.435	0.451	30
OLI-2	Banda 2	Visible	0.452	0.512	30
OLI-2	Banda 3	Visible	0.533	0.59	30
OLI-2	Banda 4	Rojo	0.636	0.673	30
OLI-2	Banda 5	Infrarrojo cercano NIR	0.851	0.879	30
OLI-2	Banda 6	Infrarrojo de onda corta SWIR1	1.566	1.651	30
OLI-2	Banda 7	Infrarrojo de onda corta SWIR2	2.107	2.294	30
OLI-2	Banda 8	Pancromático	0.503	0.676	15
OLI-2	Banda 9	Cirrus	1.363	1.384	30
TIRS-2	Banda 10	Sensor infrarrojo térmico 1	10.6	11.19	100
TIRS-2	Banda 11	Sensor infrarrojo térmico 2	11.5	12.51	100

*Nota.* Tomada de NASA

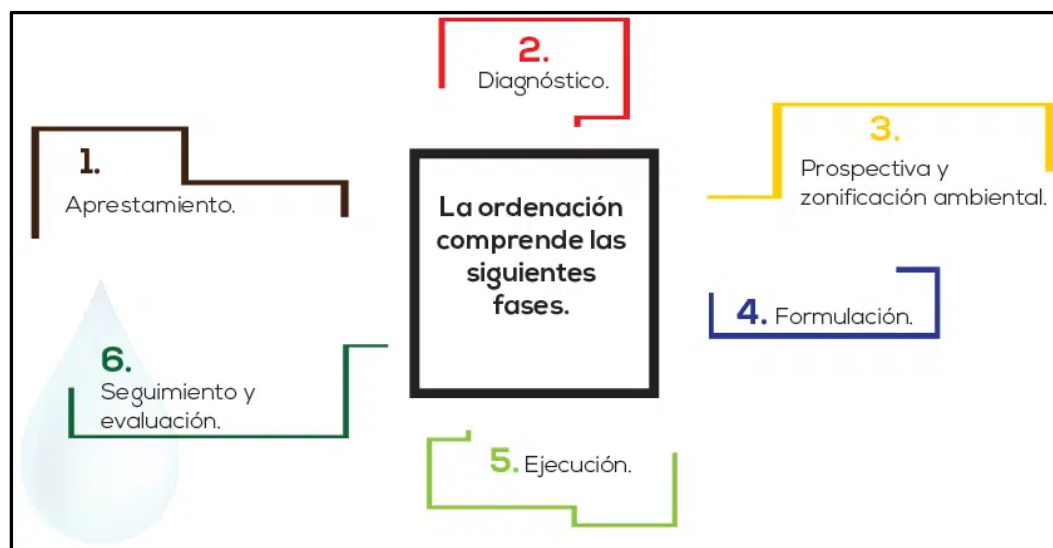
### **Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA)**

Son fundamentales para la conservación de los recursos hídricos en Colombia. Estos planes representan una estrategia integral para la gestión ambiental, enfocándose en la sostenibilidad y el equilibrio ecológico de las cuencas hidrográficas. (Zayra, 2023).

La ordenación de una cuenca, se realiza ejecutando las siguientes fases:

## Figura 2

### Fases del POMCA



*Nota.* Tomada de Zayra

El POMCA está conformado por 6 fases, entre ellas se encuentra, la fase de aprestamiento, la fase de diagnóstico, la fase de zonificación y prospectiva ambiental, la fase de formulación, la fase de ejecución y la fase de seguimiento y evaluación, las últimas cuatro esenciales para el análisis y seguimiento y evaluación de las Medidas de Administración, además, incluye tres determinantes ambientales claves que son de obligatorio cumplimiento: La zonificación ambiental del uso de los recursos naturales en la cuenca, la gestión del riesgo y el componente programático. (Leyton, 2023).

## Metodología

La Metodología de esta investigación, se basó en 3 pasos. Primero, se realizó una recopilación de la información cartográfica, satelital y documentos técnicos oficiales de interés, el segundo paso, se procesaron los datos en el software ArcGIS Pro, a través de sus herramientas se hace la estimación de las áreas y usos agrosilvopastoriles determinados en el POMCA y para finalizar validaron los datos con imágenes satelitales landsat 9.

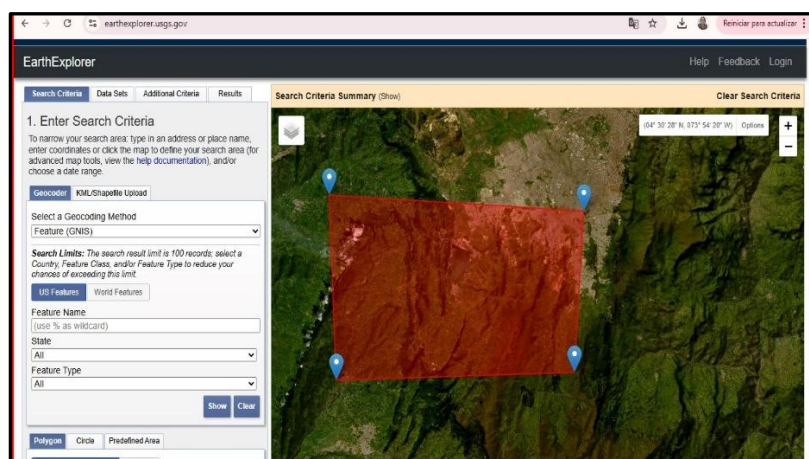
Paso 1: Se recopiló la información cartográfica, satelital y documentos técnicos oficiales de entidades como la Agencia Catastral de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Servicio Geológico de los Estados Unidos y Datos abiertos de Esri Colombia, de la zona de estudio en formatos SHP ( Formato de almacenamiento de datos geográficos vectoriales) o una GeoDataBase GDB (Una base de datos geográfica que almacena datos espaciales de una forma estructurada y organizada).

Para el proceso de descarga de imágenes satelitales Landsat 9 se realizó el siguiente procedimiento:

- Ingresar a la página Earth Explorer y diligenciar los criterios de búsqueda.

### Figura 3

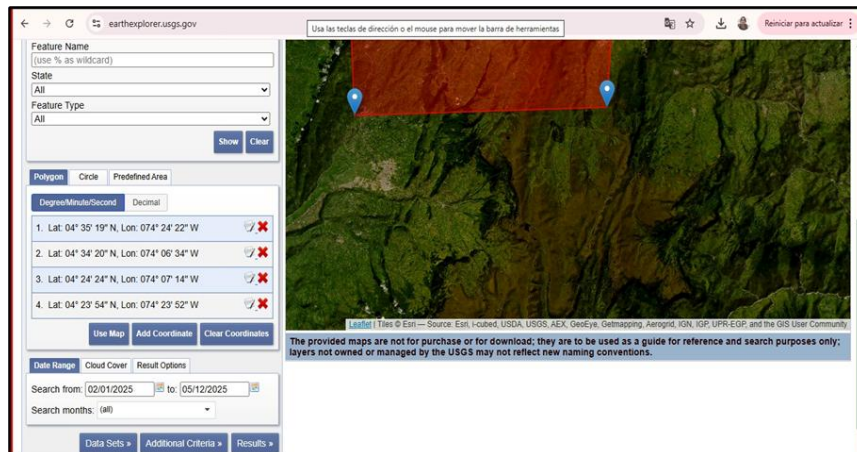
#### *Diligenciamiento Criterios de Búsqueda*



- Definir el polígono con sus coordenadas (Latitud y longitud) de la zona de estudio para la descarga de la información espacial. (Imágenes satelitales).

**Figura 4**

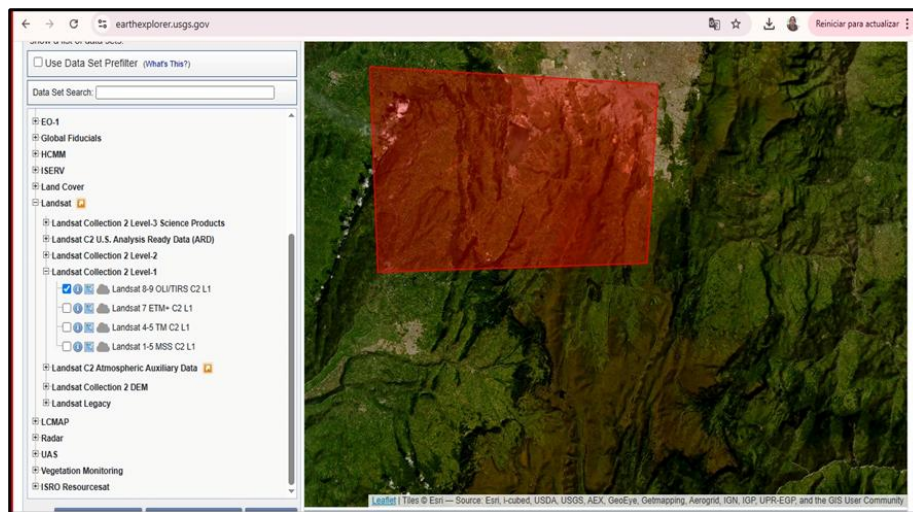
*Definir el Polígono con Coordenadas*



- Seleccionar el conjunto de datos, en este caso el satélite Landsat 9.

**Figura 5**

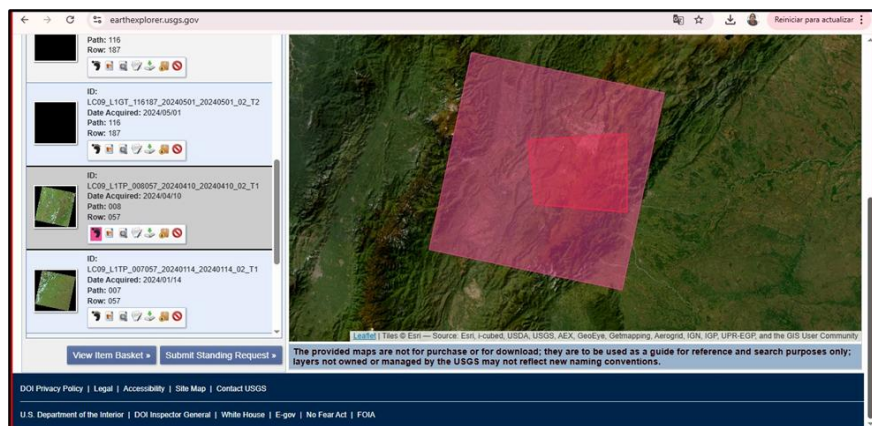
*Selección de Conjunto de Datos*



- En los resultados de búsqueda, visualizar cada uno de ellos para seleccionar la imagen más indicada y con mejor resolución.

**Figura 6**

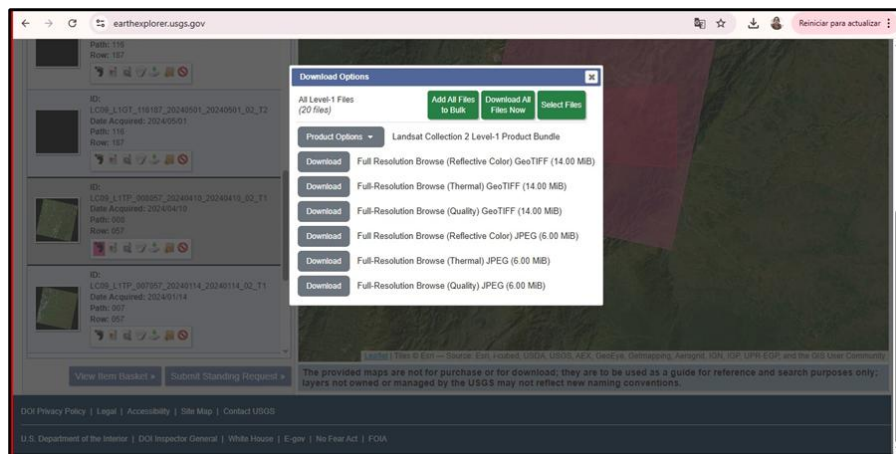
### Visualización de Imágenes



- Se procede a realizar la descarga en formato Geo TIFF.

**Figura 7**

### Descarga en Formato TIFF



Paso 2: Se realizó un geoprocesamiento de datos en ArcGIS Pro, utilizando las diferentes herramientas (Clip, Dissolve, unión, edición) para hacer el análisis de datos vectoriales, y así

estimar las áreas y usos Agrosilvopastoriles determinados en el POMCA.

Paso 3: Se validaron y analizaron los datos de las zonas identificadas con usos agrosilvopastoriles mediante el análisis multiespectral de las imágenes Satelitales Landsat 9, una clasificación no supervisada y las salidas graficas para determinar la exactitud de las áreas y usos estimados. Se realizó el siguiente procedimiento en el Software ArcGIS Pro:

Procesamiento de Imágenes Landsat 9 en ArcGIS Pro:

- Adición de Imágenes a ArcGIS Pro: Se arrastraron las imágenes Landsat 9 descargadas al mapa en ArcGIS Pro.
- Composición de Bandas: Se creó una composición de bandas para visualizar mejor las características de la vegetación y el suelo.

Para agrosilvopastoril, una buena combinación fue:

- Infrarrojo Cercano (NIR) - Rojo - Verde (Bandas 5, 4, 3 para Landsat 8/9) para una imagen de color infrarrojo estándar, donde la vegetación sana aparece brillante.
- Se utilizó la herramienta: "Composición de Bandas" (Data Management Tools > Ráster > Ráster Processing).
- Se agregaron unas mejoras Visuales (Opcional pero recomendado): Se ajustó el contraste, brillo y gamma de las imágenes para mejorar su visualización y la interpretación visual. Esto se hizo en las propiedades de la capa ráster, en la pestaña "Simbolización".
- Se realizó la evaluación visual y digital de la exactitud:
  - Aquí es donde se determinó la "validación". Se abordaron, combinando métodos visuales:

Superposición y Exploración Visual y analítica: Superposición de las capas de las zonas agrosilvopastoriles identificadas sobre la composición de bandas de Landsat 9 y se utilizó la

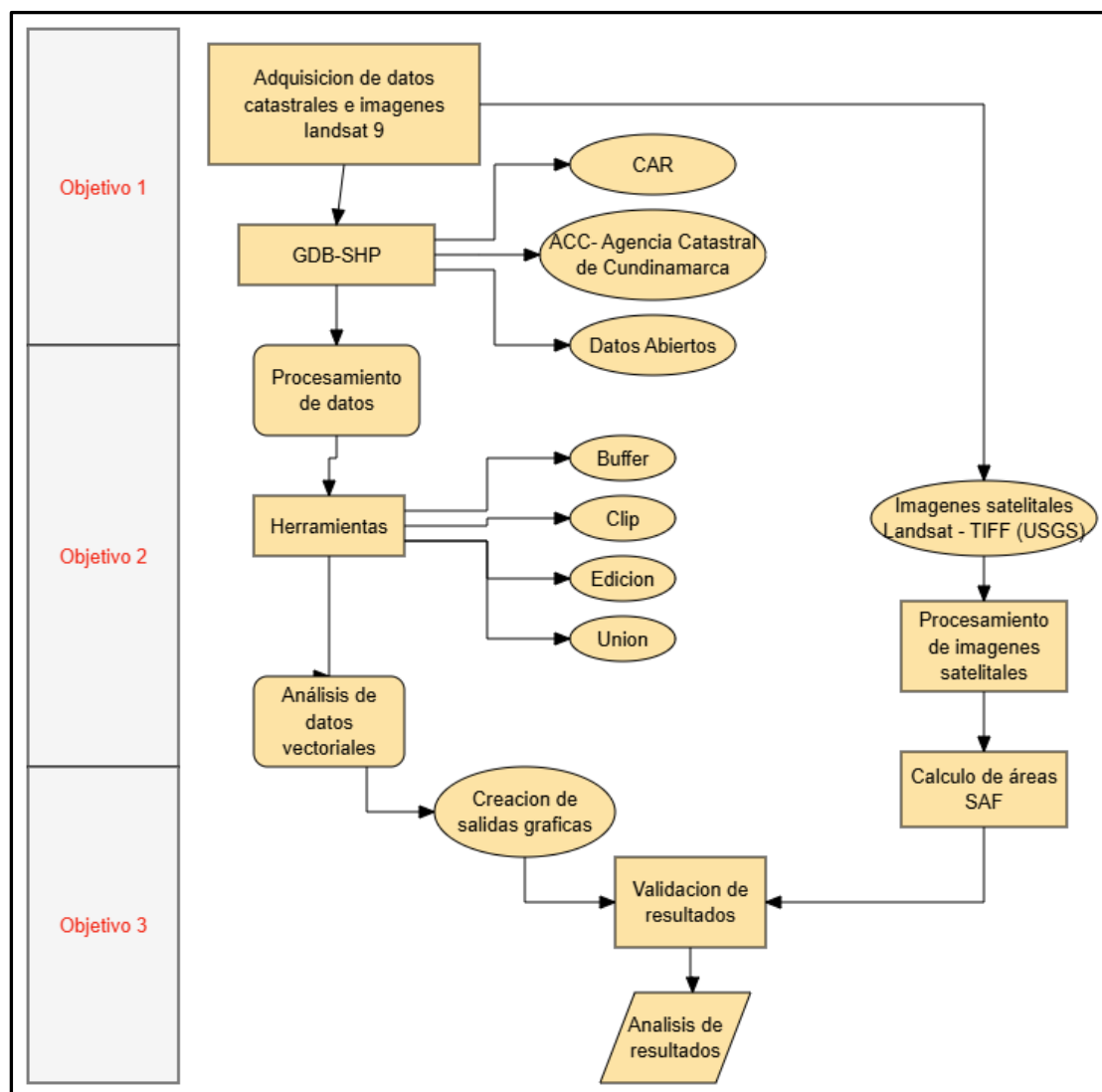
herramienta "Swipe" (Barrido) para alternar entre la visualización de las zonas y la imagen satelital subyacente.

- Se calculó el índice de vegetación como el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que al mismo tiempo determinó las áreas de viviendas rurales, a partir de las bandas de Landsat 9.

- Finalmente se realizó un análisis de Clasificación No Supervisada, para validar las coberturas y áreas estimadas.

Figura 8

## Metodología



## **Resultados**

Los resultados obtenidos una vez aplicada la metodología de la investigación son los siguientes:

- Identificación precisa de las áreas agrosilvopastoriles: Se obtuvo una delimitación geográfica clara y específica de las áreas dentro de las veredas de San José y Panamá del municipio de Sylvania que están designadas para usos agrosilvopastoriles según la zonificación ambiental del POMCA del Río Sumapaz.
- Cuantificación detallada de la extensión de estas áreas: El proyecto arrojó cifras exactas sobre la superficie total (en hectáreas) que corresponde a las áreas agrosilvopastoriles y sus posibles afectaciones, identificadas dentro de la zona de estudio.
- Cartografía digital y fotogrametría de las áreas agrosilvopastoriles: Se generaron salidas graficas que visualizan claramente la ubicación y los límites de las zonificación ambiental según el POMCA del Rio Sumapaz, las áreas agrosilvopastoriles determinadas dentro de la zonificación ambiental y los predios identificados por debajo de la UAF dentro de las zonas Agrosilvopastoriles, con la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la validación de las zonas con la implementación de técnicas fotogramétricas a partir de archivos ráster (Imágenes satelitales Lansdat 9).

### **Procesamiento y Cálculo de Datos Vectoriales**

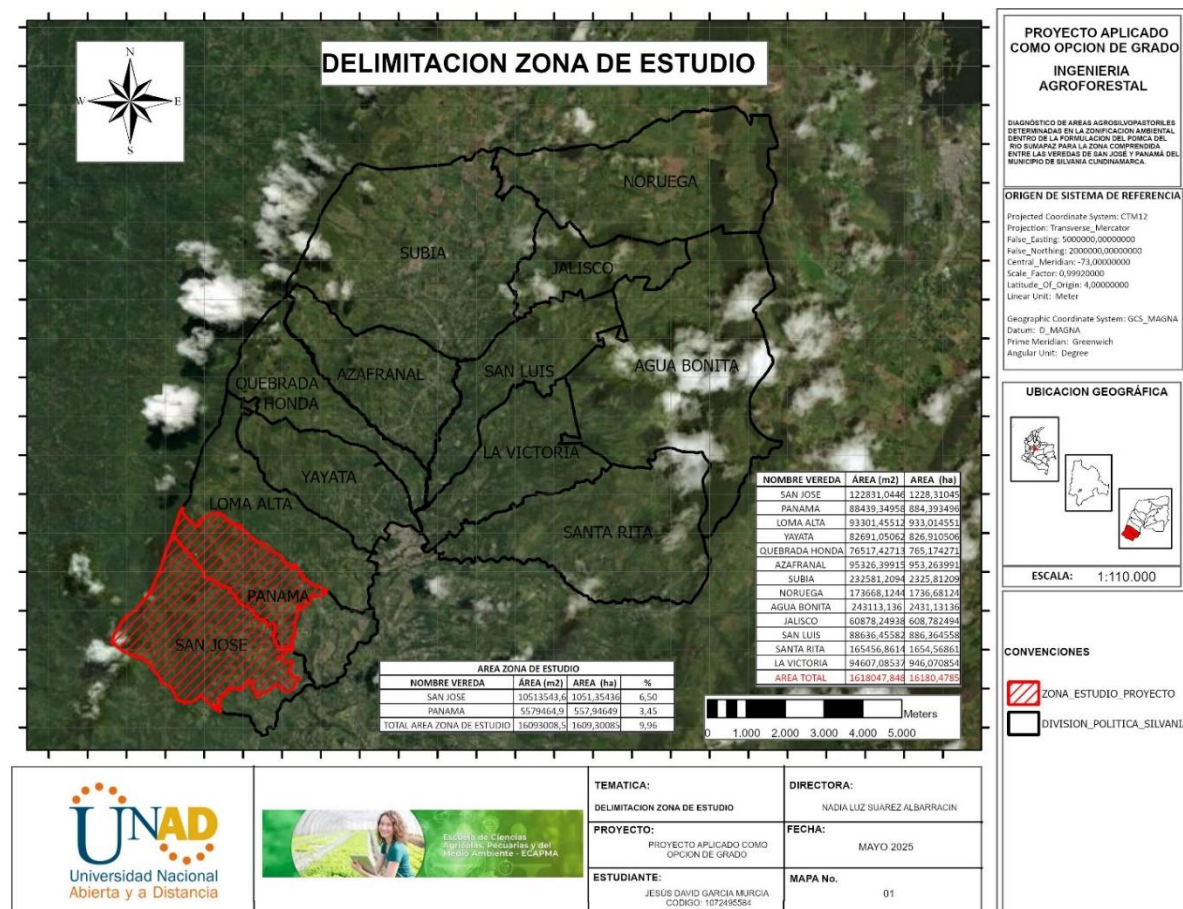
#### ***Delimitación Zona de Estudio***

En el siguiente mapa se observa la división político administrativa del municipio de Sylvania, que está constituida por 13 veredas, la zona de estudio está conformada por las veredas Panamá y San José ubicadas en el costado sur occidental del municipio. Los datos vectoriales utilizados para la elaboración de la cartografía son de tipo polígono en formato Shapefile,

suministrados por la base de datos del municipio de Silvania y datos abiertos de Esri Colombia.

**Figura 9**

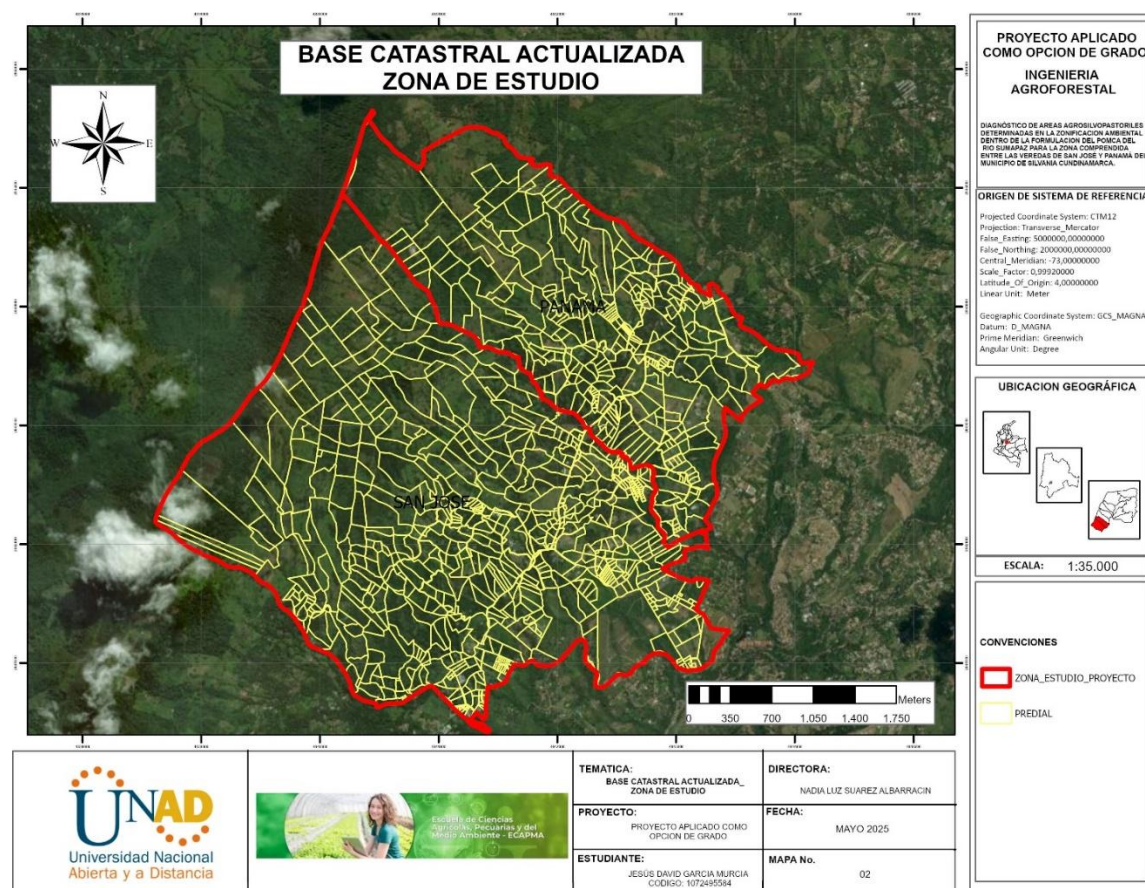
*Delimitación Zona de Estudio*



***Predios Base Catastral de la Zona de Estudio***

En el siguiente mapa se observa la base catastral actualizada dentro de la zona de estudio (veredas Panamá y San José), los datos vectoriales utilizados para la elaboración de la cartografía son de tipo polígono en formato Shapefile, suministrados por la Agencia Catastral de Cundinamarca.

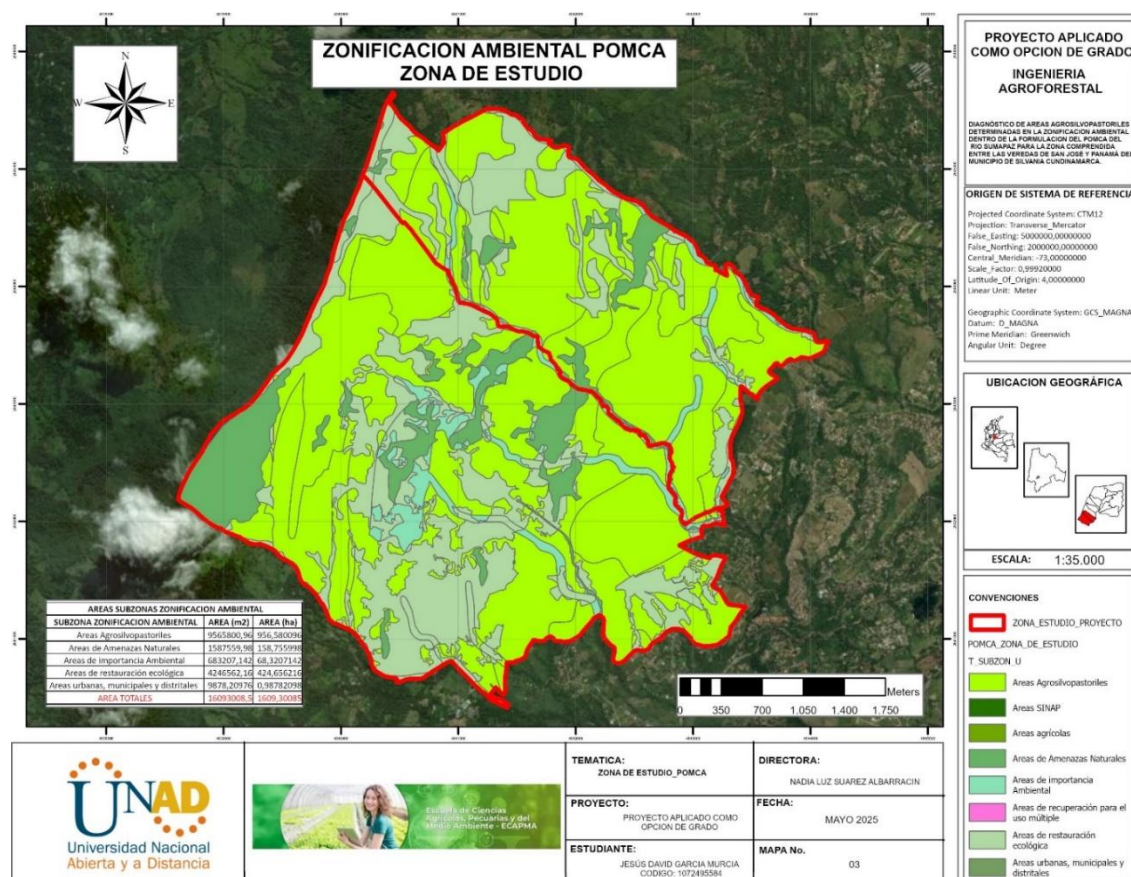
Figura 10

*Predios Base Catastral de la Zona de Estudio**Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio*

En el siguiente mapa se observan las subzonas determinadas en la zonificación ambiental del POMCA del rio Sumapaz dentro de la zona de estudio (veredas Panamá y San José), los datos vectoriales utilizados para la elaboración de la cartografía son de tipo polígono en formato Shapefile, suministrados por la Corporación Autónoma Regional CAR.

Figura 11

### Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio



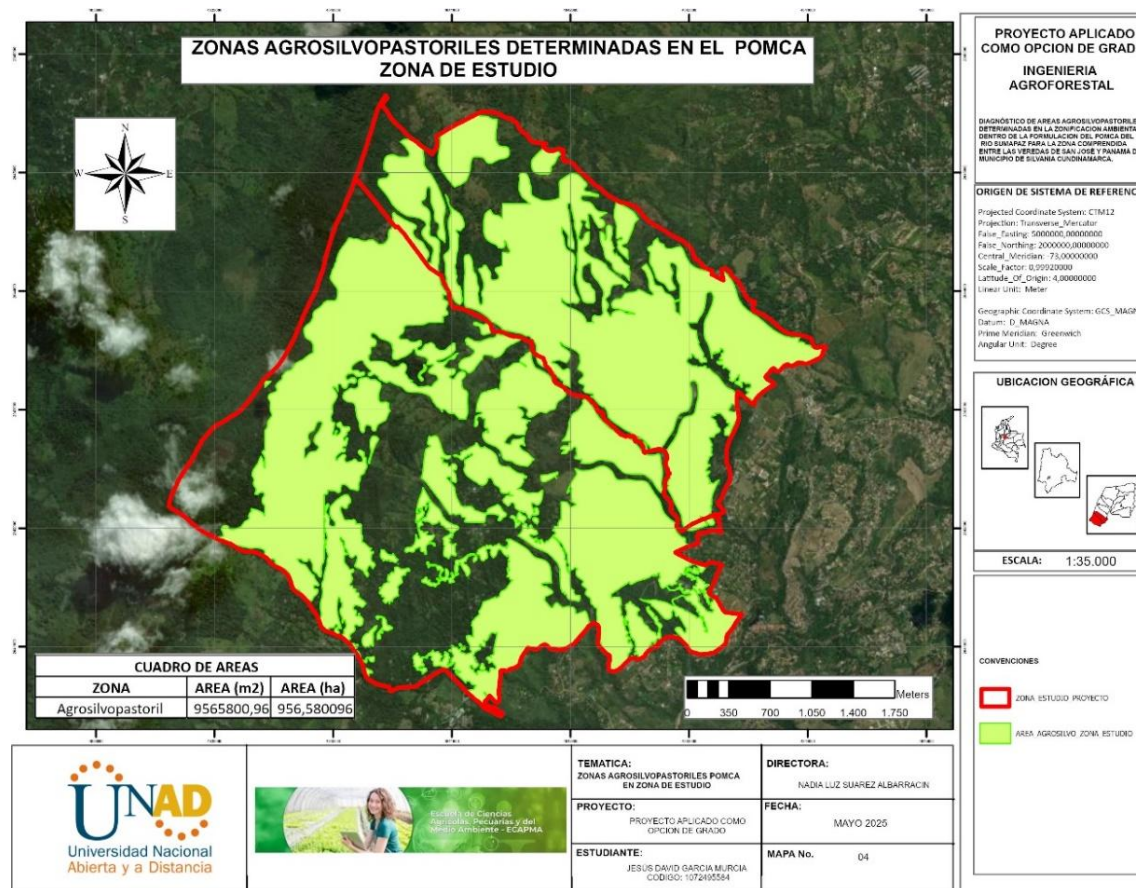
### Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zonificación Ambiental del POMCA en la Zona de Estudio

En el siguiente mapa se observan las áreas agrosilvopastoriles que son el objeto de la investigación, determinadas en la zonificación ambiental del POMCA del rio Sumapaz dentro de la zona de estudio (veredas Panamá y San José), esta capa generada a partir de herramienta de geo proceso Dissolve, que se encarga de combinar datos espaciales que comparten un mismo atributo, en este caso la “Subzona”, para así crear un nuevo Shapefile de tipo polígono con las áreas agrosilvopastoriles. Los datos vectoriales utilizados para la elaboración de la cartografía son

de tipo polígono en formato Shapefile, suministrados por la Corporación Autónoma Regional CAR.

**Figura 12**

*Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zonificación Ambiental del POMCA del Rio Sumapaz en la Zona de Estudio*



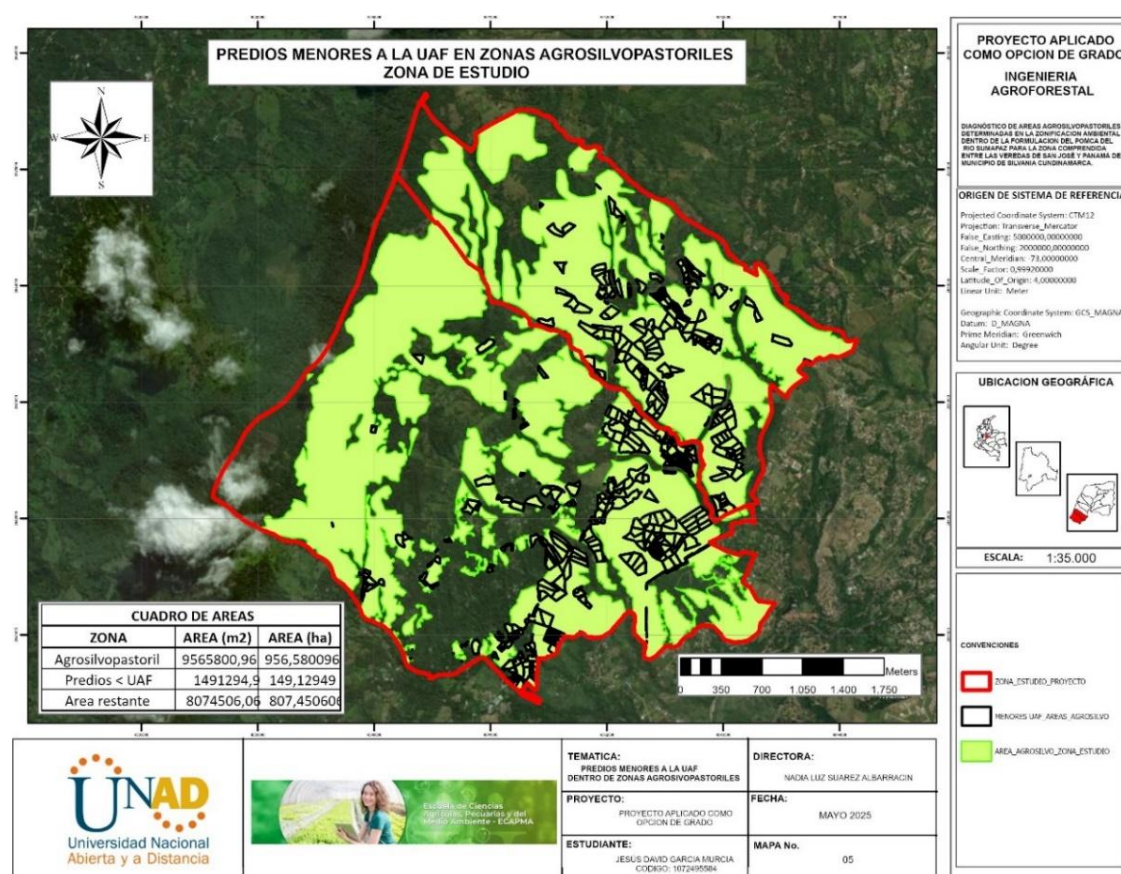
*Predios por Debajo de la UAF en Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zona de Estudio*

En el siguiente mapa se observan las áreas agrosilvopastoriles y los predios menores a la Unidad Agrícola Familiar UAF, dentro de la zona de estudio. Acá se evidencia el cambio que han presentado las áreas agrosilvopastoriles con la aprobación de subdivisiones con fines distintos a

los agrosilvopastoriles como lo estipula el POMCA del río Sumapaz. Los datos vectoriales utilizados para la elaboración de la cartografía son de tipo polígono en formato Shapefile, suministrados por la Corporación Autónoma Regional CAR y la Agencia Catastral de Cundinamarca.

### Figura 13

*Predios por Debajo de la UAF en Zonas Agrosilvopastoriles Determinadas en la Zona de Estudio*



## Validación del Cálculo de Áreas a partir de Imágenes Satelitales

A partir de la aplicación de las diferentes etapas de la metodología, se presentan a continuación la validación de las áreas y usos obtenidos a partir de la composición de bandas de

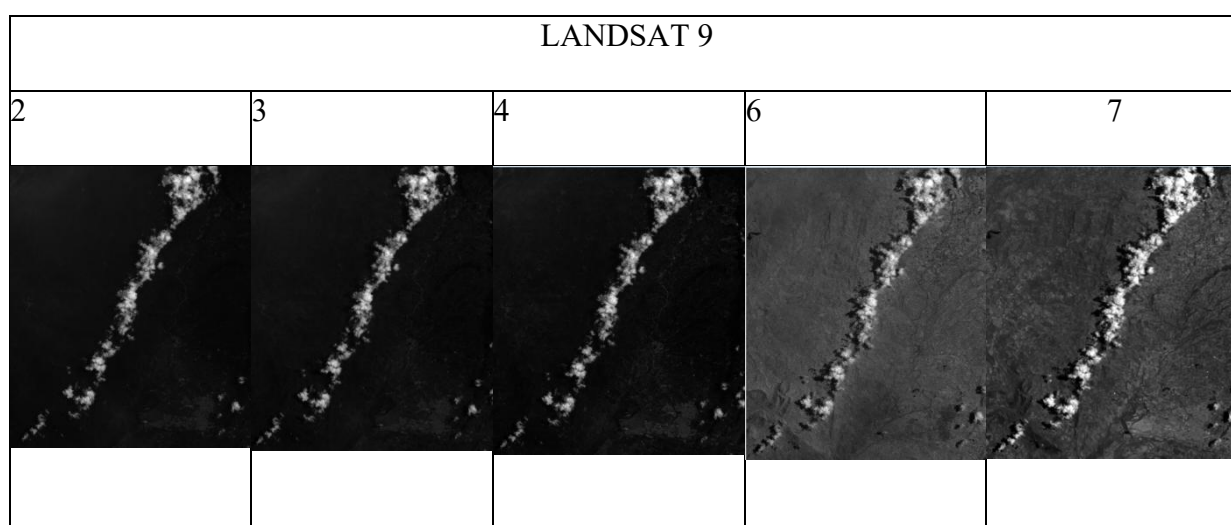
las imágenes satelitales Landsat 9 y una clasificación no supervisada del área de estudio.

### ***Estudio con Imágenes (Landsat 9)***

La imagen Landsat 9, de la (NASA, 2025), descargada del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), correspondiente a las bandas en la zona de estudio en las veredas Panamá y San José del municipio de Sylvania.

### **Figura 14**

#### *Bandas Landsat 9*

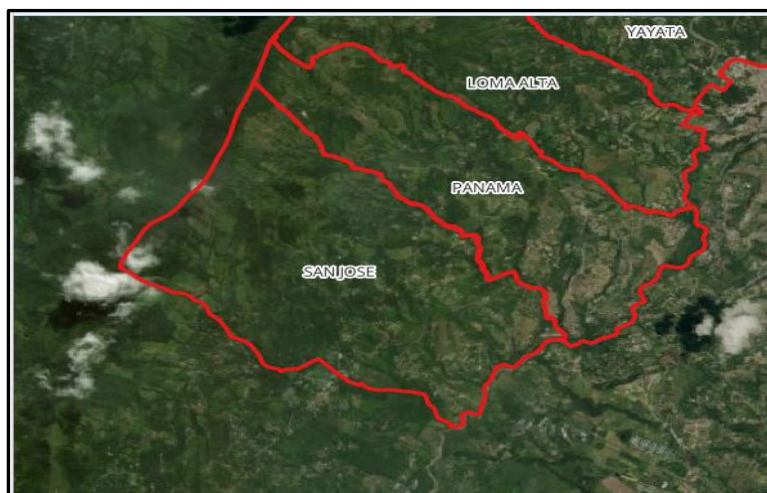


### ***Definición Zona de Estudio***

La zona de estudio está delimitada por las veredas Panamá y San José del municipio de Sylvania, y generadas a partir de un archivo vectorial .shp de tipo polígono, y se identifica un archivo tipo ráster (imagen satelital) generado por el satélite Landsat 9 descargado por la página del Servicio Geológico de Estados Unidos USGS.

## Figura 15

### *Definición Zona de Estudio*

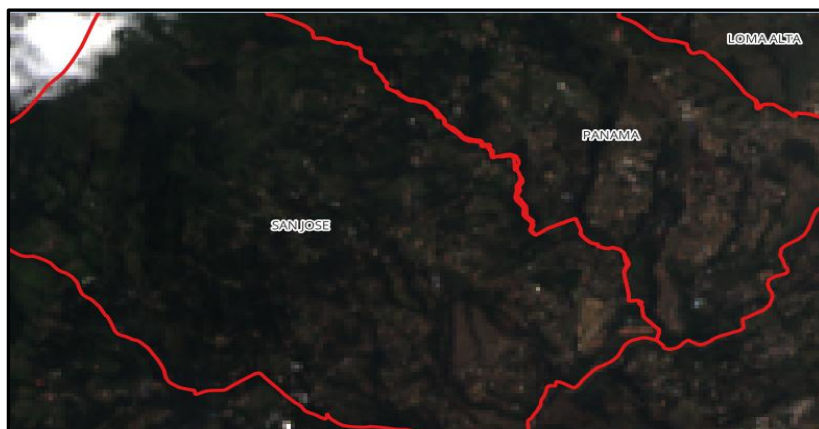


### *Color Natural (Bandas 4,3,2) de la Zona de Estudio*

Este color natural es también conocido como color verdadero, constituido por las bandas RGB (Red, Green, Blue), en color verde oscuro se puede observar la vegetación sana, en color verde más claro se identifican vegetación no saludable o menos densa, y en color amarillo se pueden identificar las zonas urbanas.

## Figura 16

### *Color Natural 4,3,2 de la Zona de Estudio*



### ***Infrarrojo Cercano (Bandas 5, 4, 3) de la Zona de Estudio***

Esta combinación de bandas nos permite tener una mayor sensibilidad a la vegetación, en color rojo brillante se observa una vegetación sana y zonas boscosas, y en color rojo claro se evidencia la presencia de pastizales y vegetación escasa en gran proporción. En un color con tonalidad azul se puede identificar paisaje urbano junto con el suelo escaso de vegetación con color marrón oscuro y claro.

### **Figura 17**

*Infrarrojo (Bandas 5, 4, 3) de la Zona de Estudio*



### ***Usos Agrícolas (Bandas 6, 5, 2) de la Zona de Estudio***

Esta combinación de bandas nos permite realizar un análisis para la detección de zonas de uso agrícola, donde el color verde fluorescente indica que hay zonas de cultivos, en verde más oscuro se identifica una vegetación con características boscosas y en otros colores se identifican suelos descubiertos, o estructuras asociadas a la agricultura, por ejemplo, invernaderos.

## Figura 18

*Usos Agrícolas (Bandas 6, 5, 2) de la Zona de Estudio*

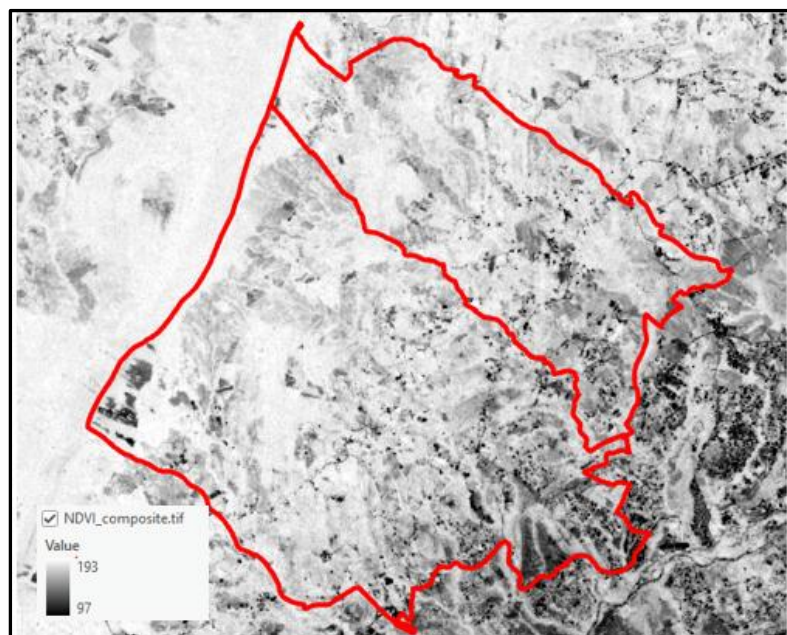


### *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)*

Esta es una composición generada por una función ráster a partir de la imagen multiespectral, que nos proporciona un índice que se utiliza para analizar la salud y la densidad de la vegetación utilizando imágenes de satélite. El NDVI puede ayudar a inferir áreas construidas porque estas suelen tener valores de NDVI muy bajos o negativos, indicando ausencia de vegetación. La composición generada presenta valores entre 97 y 193, donde se puede observar que las tonalidades de color negro correspondientes a valores de 97 hacen referencia a áreas construidas o que presentan ausencia de vegetación.

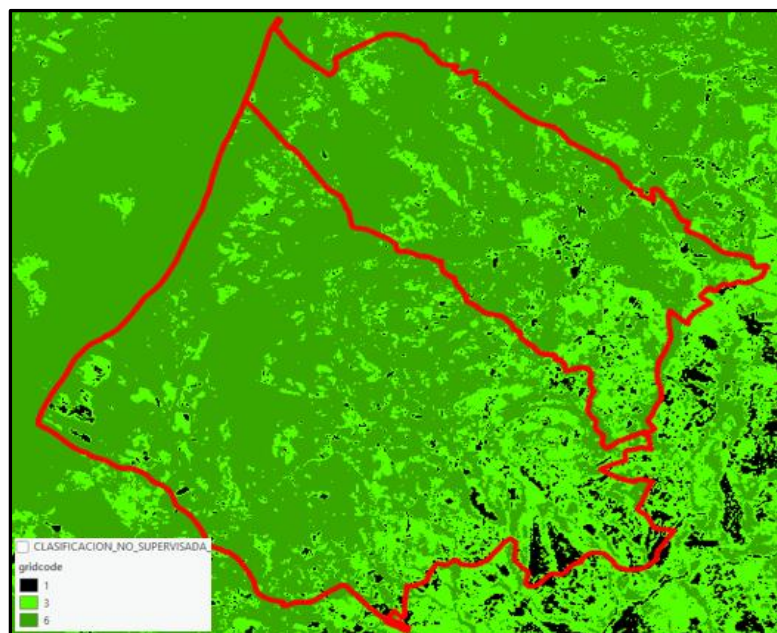
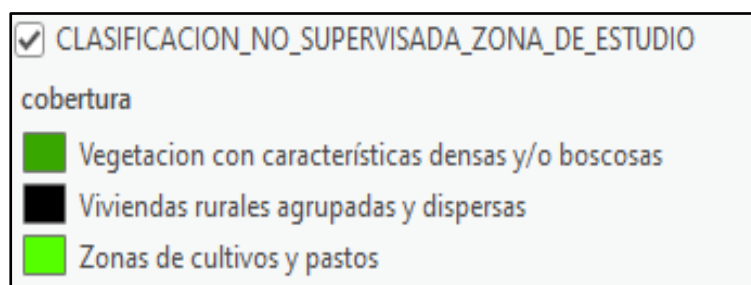
## Figura 19

### *Composición NDVI*



### *Clasificación No Supervisada*

Este método de análisis mediante un algoritmo que se basa en similitudes y agrupa automáticamente los datos en clases, sin la intervención o conocimiento previo de un profesional, generando una imagen tipo ráster. Una vez generada la imagen ráster se realizó una selección por atributos para luego unirlos mediante la herramienta “Merge”, así se generaron para este análisis solo tres coberturas o atributos que fueron discriminados por nombres específicos según sus características y colores, de los cuales el color negro es el relevante, para determinar las áreas y usos distintos a los agrosilvopastoriles, en este caso viviendas rurales agrupadas y dispersas.

**Figura 20***Clasificación No Supervisada***Figura 21***Coberturas Clasificación No Supervisada*

Para poder validar la información con la estimación de áreas fue necesario convertir el ráster en polígono, a través de la herramienta “raster to poligon”, y luego ajustar la simbología con la gama de colores utilizada en la imagen raster, para luego unir los polígonos y poder calcular las geometrías de cada una de las coberturas identificadas.

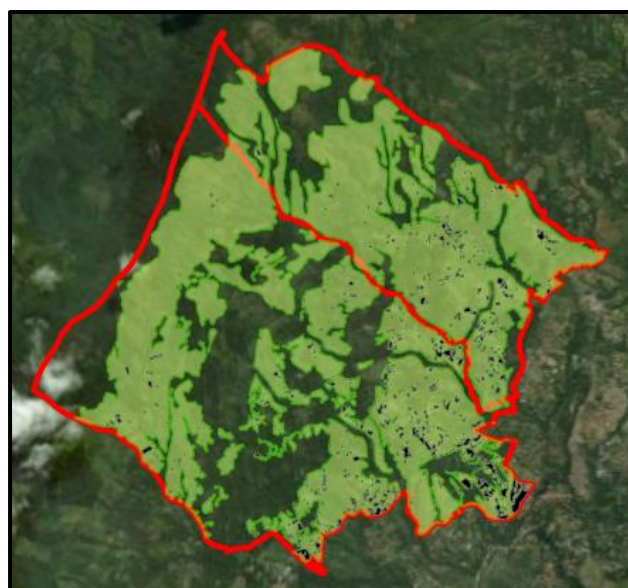
**Figura 22***Cuadro de Áreas Clasificación No Supervisada*

<b>Cobertura</b>	<b>Area ( ha)</b>
Viviendas rurales agrupadas y dispersas	37
Zonas de cultivos y pastos	416
Vegetacion con características densas y/o boscosas	1156
<b>TOTAL</b>	<b>1609</b>

Para validar las áreas estimadas, se realizó un cruce de la capa de áreas agrosilvopastoriles de la zona de estudio, y la capa de viviendas rurales agrupadas y dispersas, obtenida por la clasificación no supervisada. Posteriormente se agregó la capa de predios por debajo de la UAF en la zona de estudio, para identificar el comportamiento de predios formales e informales que destinan usos distintos dentro la zona agrosilvopastoril determinada por el POMCA del rio Sumapaz.

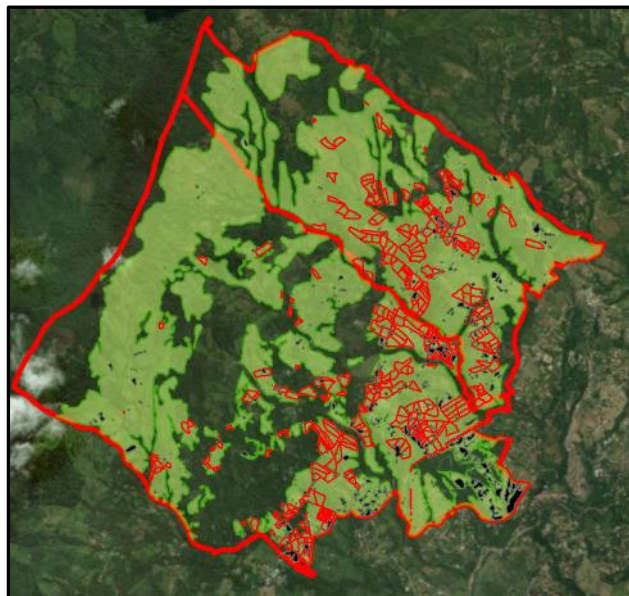
**Figura 23**

*Validación Áreas Estimadas- Cruce Agrosilvopastoril vs Viviendas Rurales Agrupadas y Dispersas*

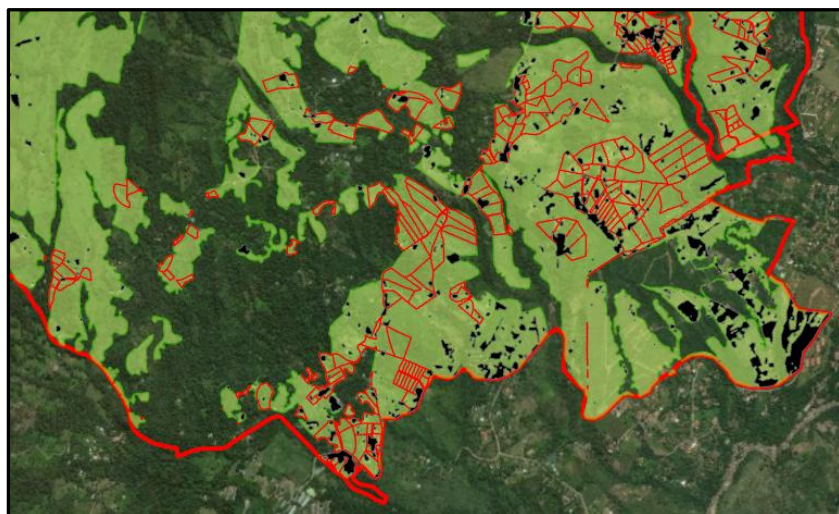


**Figura 24**

*Validación Áreas Estimadas- Cruce Agrosilvopastoril vs Viviendas Rurales Agrupadas y Dispersas Vs Predios Debajo de la UAF*

**Figura 25**

*Validación de Áreas Estimadas Vereda San José Municipio de Silvania, Cundinamarca*



**Figura 26**

*Validación de Áreas Estimadas Vereda Panamá, Municipio de Sylvania, Cundinamarca*



### Análisis de Resultados

El municipio de Sylvania cuenta con un área en el sector rural de 16163.4261 ha, el área de estudio perteneciente a las veredas de San José y Panamá recubre un área de 1051.35436 ha y 557.94649 ha respectivamente, con un total de 1609.30085 ha equivalente al 9.96 % del sector rural del municipio.

Según la base catastral actualizada en el año 2025, la zona de estudio cuenta con 1029 predios en total.

La zona de estudio posee 5 subzonas establecidas en la zonificación ambiental del POMCA del río Sumapaz.

#### Figura 27

*Cuadro de Áreas Subzonas Zonificación Ambiental POMCA*

<b>AREAS SUBZONAS ZONIFICACION AMBIENTAL</b>			
<b>SUBZONA ZONIFICACION AMBIENTAL</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>%</b>
Áreas Agrosilvopastoriles	9565800,96	956,580096	59,44
Áreas de Amenazas Naturales	1587559,98	158,755998	9,86
Áreas de importancia Ambiental	683207,142	68,3207142	4,25
Áreas de restauración ecológica	4246562,16	424,656216	26,39
Áreas urbanas, municipales y distritales	9878,20976	0,98782098	0,06
<b>AREA TOTALES</b>	<b>16093008,5</b>	<b>1609,30085</b>	<b>100,00</b>

Las áreas agrosilvopastoriles en la zona de estudio tienen un área de 956.58 ha correspondientes al 59.44 % del área total.

Dentro de las áreas agrosilvopastoriles que hacen parte de la zona de estudio, se identifican 486 predios por debajo de UAF, los cuales son destinados a otro tipo de uso como vivienda campestre y/o usos de tipo recreacional.

El área de los predios por debajo de la UAF identificados es de 149.30 ha, correspondiente al 15.59% del total de las áreas agrosilvopastoriles.

Se observa que se ha perdido el 15.59 % de las áreas agrosilvopastoriles en la zona de estudio, debido a malas decisiones administrativas que aprueban licencias de subdivisión para fines distintos a los determinados en el POMCA y PBOT.

La validación de las áreas agrosilvopastoriles y sus diferentes usos, pudo ser analizada y revisada a partir de las imágenes satelitales, sus combinaciones de bandas, su composición NDVI y la clasificación no supervisada. La ilustración 15 y 16 nos demuestran la realidad y objeto de estudio, donde se evidencian varios factores en los análisis de resultados anteriormente mencionados:

- 1- La aprobación de licencias de subdivisión en suelo rural, por debajo de la UAF (1 hectárea).
- 2- La presencia de conjuntos de viviendas agrupadas y de tipo campestre en zonas netamente agrosilvopastoriles.
- 3- El nivel de informalidad que presenta el municipio de Sylvania con la destinación de usos campestres y de urbanización.
- 4- La pérdida de suelo agrosilvopastoril, y las posibles sensaciones de consecuencias ambientales que se presentarán a futuro.

Las consecuencias negativas en los ecosistemas consisten en disminución del recurso hídrico, ya que las asociaciones de usuarios de acueducto no tienen el caudal suficiente para brindar el servicio a todo el sector, además el mal manejo de aguas servidas contamina el recurso hídrico, porque las construcciones no poseen un pozo séptico idóneo o permiso de vertimientos autorizado por el ente ambiental (CAR). La aparición de urbanizaciones en suelo rural aumenta la deforestación y degradación de los suelos, lo que implica pérdida de sector productivo en la zona.

Las imágenes satelitales a través de las composición y combinación de bandas nos validan la información cartográfica, si bien la zona de estudio posee una gran capa vegetal en buen estado

hacia la parte de la cuchilla de Peñas Blancas, colindando con el municipio de Viotá. Se logra identificar que, en suelo rural, hacia el sector Sub urbano conocido como los condominios se presentan urbanizaciones y zonas de suelo sin capa vegetal que cumplen usos distintos a los estipulados, afectando los ecosistemas y la vocación rural del municipio.

Las imágenes satelitales nos validan la aparición de construcciones de tipo urbanización en zonas distintas a los predios menores a la UAF determinados en la cartografía, siendo conjuntos de viviendas legalmente jurídicos no identificados.

## Conclusiones

Este diagnóstico se realizó con base en la fuente oficial de la Corporación Autónoma Regional CAR, dentro de su respectiva formulación del POMCA del río Sumapaz, puntualmente analizando las áreas agrosilvopastoriles como subzona de zonificación ambiental, que vienen presentando afectaciones por la pérdida de vocación rural generadas principalmente por la informalidad que presentan algunos predios de las veredas Panamá y San José del municipio de Silvania, que son destinados a vivienda campestre y otro uso distinto al Agrosilvopastoril o agropecuario como lo definen el POMCA y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial “PBOT” Acuerdo 022 del año 2000.

La recopilación de información cartográfica, satelital y documentos técnicos oficiales, me permitió interactuar con las diversas plataformas y geoportales de las entidades (Agencia Catastral de Cundinamarca (ACC), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y datos abiertos de Esri Colombia y la Alcaldía municipal de Silvania, para generar archivos en formatos PDF, Shapefile y ráster de la zona de estudio.

La metodología utilizada para estimar las áreas agrosilvopastoriles se realizó a través de geoprosesamientos de datos vectoriales como el Shapefile del POMCA del río Sumapaz y el cruce con la capa catastral ( Shapefile) correspondiente a la base catastral actualizada del municipio de Silvania, con fuentes oficiales como lo son la Corporación Autónoma Regional CAR y la Agencia Catastral de Cundinamarca ACC respectivamente, implementando los Sistemas Información Geográfica SIG, estos datos permitieron identificar verídicamente el área total de las zonas agrosilvopastoriles determinadas en el POMCA (958.58 ha) y la determinación de los predios y su respectiva área (149.30 ha) que se encuentran por debajo de la Unidad Agrícola Familiar UAF que está definida en 1 Ha, que condicionan las áreas agrosilvopastoriles por la destinación de usos

del suelo distintos a los establecidos en zonas rurales.

Los datos obtenidos a partir del procesamiento de archivos ráster (Imágenes landsat 9), sus combinaciones de bandas, y la clasificación no supervisada, permitieron validar las áreas agrosilvopastoriles estimadas y determinadas en la cartografía, y sus posibles afectaciones por agrupaciones de viviendas de tipo campestre en gran magnitud debido a la informalidad de predios y en otros casos más puntuales por la aprobación de licencias de subdivisión por debajo de UAF sin justificación, identificados en las veredas Panamá y San José, impugnando los lineamientos del POMCA y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Sylvania, provocando pérdida de ecosistemas y vocación rural.

La cartografía generada nos permitió estimar las áreas de la zona de estudio, áreas agrosilvopastoriles y las áreas de los predios que no cumplen con los lineamientos mínimos de subdivisión.

Es indispensable un control por parte de los entes gubernamentales para que las zonas identificadas presenten obras de mitigación básicas, tales como permisos de vertimientos, sistemas sépticos integrados y conservación de las rondas hídricas.

Este diagnóstico es una fase preliminar para proyectos de planificación y ejecución en cuanto a implementación de técnicas agrosilvopastoriles para recuperar parte de la zona afectada, y mejorar las condiciones del suelo rural en las veredas Panamá y San José.

## Referencias Bibliográficas

- Acevedo, M., & Medina, V. (2023). *Caracterización del espacio público utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la avenida los libertadores entre los puentes Benito Hernández y Jorge Gaitán, como insumo al proceso de saneamiento predial del espacio público del municipio*. Obtenido de <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7466>
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Abaunza, C. (08 de 2021). *Especies con potencial para sistemas agroforestales en el Departamento del Magdalena, Colombia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8088663>
- Ambiente, M. d. (07 de 08 de 2022). *Decreto 1729 de 2002 Ministerio del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>
- ANT, A. N. (2018). RESOLUCION “Por la cual se adopta la Guía Operativa de UAF Predial y se desarrollan las excepciones contempladas en el artículo 26 del Decreto 902 de 2017, que permite la adjudicación de extensiones inferiores a la UAF predial”.
- Avila, G., & Velasquez, M. (02 de 2024). *Unidad Agrícola Familiar: un insumo de políticas públicas para el desarrollo social en el municipio de Cajibío Cauca*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/42219e0e-aaa1-48c2-8b93-ef790ebb6070/content>
- Azabache, M. P., & Lasso, L. (2023). *Zonificación ambiental estratégica para la reducción de la vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico en la zona alta de la microcuenca de la quebrada la Sardinata del municipio de Palermo, Huila*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/items/d2770968-1ebe-45fb-9ef3-6b273c00d7f1>
- Banguero, J. (2024). *Densidad poblacional a través de imágenes satelitales, caso de estudio Apartadó, Antioquia*. Obtenido de <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/3890adfe-1dde-4353-8ed5->

91c8912a266d/content

Beleño, E., & Borrero, L. (2024). *Descripción de los elementos con el fin de actualizar el POT del municipio el Banco, Magdalena con base en la zonificación ambiental para el territorio de dominio de la ciénaga de zapatosa ambiental para el territorio de dominio de la ciénaga de zapatosa*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/items/04f1275e-960d-4350-a5a8-9bb4a5502a0d>

Botero, J. (2000). *Código Penal-Artículo 318. Urbanización ilegal*. Obtenido de [https://oig.cepal.org/sites/default/files/2000\\_codigopenal\\_colombia.pdf](https://oig.cepal.org/sites/default/files/2000_codigopenal_colombia.pdf)

CAR. (2023). *Resolución conjunta 3527 del 27 jun 2023*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/vercontenido/82>

Cardenas, J. F., & Restrepo, K. (12 de 2023). *Identificación de áreas protegidas intervenidas por la expansión urbana en el municipio de San Rafael, Antioquia*. . Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/60216/jfcardenascar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castiblanco, D. (2023). *Relación entre los instrumentos (DRMI), (POMCA) y (PBOT) en la zona oriental de la vereda de Centro del Llano en el municipio de Ubaté*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/0a55ccbe-bf7a-40a9-a3e8-63cc259d259b/content>

Castro, J. (08 de Julio de 2019). *Estudio de impacto ambiental para la para la línea de conexión subestación nueva Colonia-Puerto Antioquia*. Obtenido de [https://www.miga.org/sites/default/files/2020-01/Cap%206.%20Zonificaci%C3%B3n%20ambiental\\_V3.pdf#:~:text=La%20zonificaci%C3%B3n%20ambiental%20es%20un%20proceso%20en%20el,naturales%20y%20antr%C3%B3picos%20en%20el%20entorno%20sin%20proyecto](https://www.miga.org/sites/default/files/2020-01/Cap%206.%20Zonificaci%C3%B3n%20ambiental_V3.pdf#:~:text=La%20zonificaci%C3%B3n%20ambiental%20es%20un%20proceso%20en%20el,naturales%20y%20antr%C3%B3picos%20en%20el%20entorno%20sin%20proyecto)

- Chacon Paja, J. A., & Camayo Sánchez, A. (2023). *Revista Novedades Colombianas*. Obtenido de Uso de los SIG en la zonificación ambiental de las canteras de arcilla en la vereda Pueblillo, del municipio de Popayán-Cauca:  
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/novedades/>
- Chiguazuque, A. (2022). *Apoyo técnico en el levantamiento topográfico del río Sumapaz y la elaboración del modelo digital de terreno para el mejoramiento de PTAR la esmeralda del municipio de Nilo, Cundinamarca*. Obtenido de  
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/46a92ede-0dc2-4a0a-9978-07c7c649825e/content>
- Chuquiruna, F., & Lujan, I. (2024). *Afectación de la cobertura vegetal por expansión urbana usando imágenes satelitales*. Obtenido de  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/157701/B\\_Churiquiruna\\_MFP-Lujan\\_LIY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/157701/B_Churiquiruna_MFP-Lujan_LIY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CORPOGUAVIO. (2022). *POMCAS*. Obtenido de  
<https://2022.corpoguavio.gov.co/pomcas/#1670889540584-9f121f56-4023>
- Corrales, V., & Henao, K. (2024). *Diseño de aplicación con Sistemas de Información Geográfica para el seguimiento de Políticas Públicas y Planes de Desarrollo. Caso municipio de El Peñol, Antioquia*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/dde0ed06-8124-4253-b367-0a15a83ae650/content>
- CORTOLIMA. (S,F). *PLAN DE ORDENACION Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RIO SUMAPAZ ( COD. 2119), LOCALIZADA EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA Y TOLIMA*. Obtenido de  
[https://cortolima.gov.co/images/POMCA/POMCA\\_SUMAPAZ/2DIAGN%C3%93STIC](https://cortolima.gov.co/images/POMCA/POMCA_SUMAPAZ/2DIAGN%C3%93STIC)

O/3.3.\_Hidrogeolog%C3%ADa.pdf

Hernandez, A. (2020). *Determinación de la pendiente y los factores morfométricos para el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Sumapaz a partir de un modelo digital del terreno corregido*. Obtenido de <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/d7xpwp4l3r?limiters=FT1%3AY&q=cuenca%20%20hidrografica%20sumapaz>

Hernandez, S. (2022). *Sistemas agroforestales a partir de técnicas de forestación en zonas agrícolas degradadas bajo el contexto de cambio climático*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=323095>

Hernandez, S., Clavijo, J., & Vargas, C. (2024). *El costeo en la definición de la viabilidad agrícola de las Unidades Agrícolas Familiares (UAF) Ejemplo del cultivo de limón Tahití*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/cd91de5f-332c-4d1e-bd54-84f337a1c5fd/content>

Leyton, A. (2023). *Apoyo en la elaboración de los mecanismos de seguimiento y evaluación a las medidas de administración establecidas en los POMCA Alto Suárez, seco y otros directos al Magdalena y Garagoa*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/bd98fd6f-c105-401a-a354-7de4a6c9aba8/content>

Lezcano, M. (2023). *Propuesta de innovación curricular a partir del uso de los Sistemas de Información Geográfico (SIG) en la carrera de ingeniería zootecnista*. Obtenido de <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/hfv6xunaqr?limiters=FT1%3AY%2CDT1%3A2020-04-03%2F2025-04-03&q=sistemas%20de%20informacion%20geografica>

- Morales, C. (2022). *Análisis al esquema de ordenamiento territorial en sus componentes urbano, rural y general del Municipio de Trujillo Valle del Cauca del año 2015*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/52008/cmoralesp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreira, Mirandola, Pinto, Chavez, & Oliveira. (2020). *Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7218214>
- Murillo, C. A. (2021). *Análisis comparativo del cambio del uso del suelo y análisis comparativo del cambio del uso del suelo y nukak producto de la firma de los acuerdos de paz en Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/c27fd1e9-5aee-4ba8-870e-c9280166ca06/content>
- NASA. (2025). *Nasa en español*. Obtenido de <https://www.nasa.gov/es/>
- Prieto, L. (2023). *Diseño de un Sistema Agrosilvopastoril en la Finca "SHAYO" en Junín Cundinamarca*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/58040/leprietomo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- pública, F. (1994). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66789>. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66789>
- Ramírez, G., Mata, I. V., & Castelo, D. (2025). *Análisis espacial Aplicaciones y retos para el futuro*. doi:DOI.ORG/10.52501/cc.279
- Rodriguez, D. (2024). *Análisis de la integración SIG, topografía y digitalización vectorial de imágenes para la gestión sostenible de la conservación y documentación de arte rupestre en el área arqueológica protegida serranía de la lindosa*. Obtenido de

ebsco-

com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/j3z3i5bc2r?limiters=FT1%3AY%2CDT1%3A2020-04-03%2F2025-04-

03&q=sistemas%20de%20informacion%20geografica

Rodriguez, L. (2021). *Sistemas Agrosilvopastoriles como estrategia de sustentabilidad en Zonas Tropicales*. Obtenido de <https://research-ebsco->

com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/xaleb3shaz?limiters=FT1%3AY&q=sistemas%20agrosilvopastoriles

Sanchez, A. F., Zapata, J., Lopez, S., Yarce, A., & Pinel, N. (2021). *Cambios en el uso del suelo y su incidencia en la concentración y deposición de nitrogenados en el*. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/items/ca8a8fff-900a-4bd5-ac92-46ee33fe6b09>

Silvania, A. d. (31 de 10 de 2000). *Proyecto de acuerdo PBOT municipio de Silvania (C/marca)*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://silvania-cundinamarca.gov.co/Transparencia/Normatividad/DECRETO%20022%20DEL%202000%20-%20PBOT.pdf>

UPRA. (2014). *Presentación institucional*. Obtenido de

[https://www.minagricultura.gov.co/Documents/UPRA\\_Oferta\\_Institucional.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Documents/UPRA_Oferta_Institucional.pdf)

Zambrano, D. (2020). *Indicadores físicos de calidad de suelo en áreas con sistemas agrosilvopastoriles*. Obtenido de <https://research-ebsco->

com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/c/qcagk4/search/details/27pmyspiin?limiters=FT1%3AY&q=sistemas%20agrosilvopastoriles

Zayra. (27 de 11 de 2023). *¿Qué es un Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA?* Obtenido de <https://lineabase.com.co/que-es-un-plan-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-pomca/>

Zubieta, J., & Buitrago, W. (2024). *Generación de un índice ecológico de teledetección (RSEI) para estimar la calidad ambiental de Zipaquirá en el periodo 1998-2023*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f36ba53-55fa-4ce8-a03d-025b28acaaa8/content>