

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA EN EL PÁRAMO DE GUERRERO EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE CON LA TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN CONTINUA DE CAMBIO.

MARIA CAMILA RUBIANO ALARCÓN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA
BOGOTÁ D.C

2024

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA EN EL PÁRAMO DE GUERRERO EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE CON LA TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN CONTINUA DE CAMBIO.

MARÍA CAMILA RUBIANO ALARCÓN

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Catastral y Geodesta

Director Interno

Profesor Asociado Tiempo Completo

ANDRÉS CÁRDENAS CONTRERAS

Director Externo Ingeniero Agrónomo

ALVARO ARIAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD DE INGENIERÍA

BOGOTÁ D.C.

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mis padres, quienes, cada uno a su manera, han sido pilares fundamentales en mi camino académico y personal. A mi mamá, por su inquebrantable fe en mí y por alentarme a perseguir mis sueños con determinación. A mi papá, cuya disciplina y enfoque en la planificación me han enseñado el valor del trabajo.

También quiero dedicar este logro a mi hermano menor, a quien deseo inspirar mostrándole que todo es posible si nos esforzamos y creemos en nuestras capacidades. Que pueda siempre superar mis logros y alcanzar nuevas alturas.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al profesor Andrés Cárdenas por su inigualable, apoyo y orientación a lo largo de esta opción de grado. Su paciencia, y sabias palabras fueron las que me guiaron en momentos de incertidumbre, inspirándome a alcanzar lo mejor de mí misma.

Así mismo, agradezco a las personas que conocí a lo largo de mi pasantía en la CAR, cuya colaboración y camaradería fueron un pilar fundamental en mi camino hacia el éxito. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser parte de esta etapa tan significativa en mi vida.

GLOSARIO

Análisis espacial con SIG: El análisis espacial con SIG es una herramienta fundamental para comprender la complejidad de los problemas geográficos y tomar decisiones informadas en la gestión del territorio. Permite integrar y analizar datos de diferentes fuentes para identificar patrones, relaciones y tendencias espaciales, lo que facilita la planificación, la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas efectivas en áreas como la planificación urbana, la gestión ambiental y la prevención de desastres. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia, Manual de Uso de Sistemas de Información Geográfica, 2020)

Enfoque Diferencial: El enfoque diferencial implica reconocer que las personas tienen características, necesidades y contextos particulares a considerar en el diseño e implementación de políticas públicas, programas y acciones afirmativas, para garantizar la igualdad de derechos y oportunidades para todos los grupos de población, especialmente aquellos vulnerables o discriminados. (Departamento Administrativo para la Prosperidad Social de Colombia, Guía para la Implementación del Enfoque Diferencial en la Política Social, 2018).

Plan de Zonificación Ambiental: La zonificación ambiental es un proceso técnico-administrativo que tiene como objetivo principal dividir un territorio en diferentes zonas o áreas, con base en criterios ambientales, ecológicos, socioeconómicos y de uso del suelo, con el fin de establecer normas y lineamientos para el uso sostenible de los recursos naturales, la protección de ecosistemas frágiles o de especial importancia, y la planificación del desarrollo territorial de manera integrada y equilibrada. (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Guía para la Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial, 2019)

Estudios Multitemporales: Los estudios multitemporales son una herramienta esencial para comprender los cambios en el medio ambiente y la sociedad a lo largo del tiempo. Estos análisis nos permiten identificar tendencias, evaluar impactos y tomar decisiones informadas en la gestión del territorio y los recursos naturales. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia, Manual de Análisis Temporal en Sistemas de Información Geográfica, 2019).

Cartografía Temática: La cartografía o mapa temático, es aquel que representa fenómenos geográficos específicos tanto cualitativos como cuantitativos con base en una cartografía simplificada. Un mapa temático es entonces el proceso de investigación, resultado de las fuentes y de la propia interpretación o aportación de la persona que diseña dicha nueva salida cartográfica (Bravo, 2000).

Plan de manejo ambiental: Un plan de manejo ambiental es un instrumento técnico-administrativo que establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación necesarias para prevenir, controlar o compensar los impactos ambientales adversos que pueda generar una actividad, obra o proyecto en el medio ambiente y la comunidad circundante, con el fin de garantizar su adecuado manejo y conservación.(Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Guía para la Elaboración de Planes de Manejo Ambiental, 2020).

Cobertura del Terreno: La cobertura del terreno es fundamental para comprender la estructura y la función de los paisajes naturales y humanizados. Estos datos proporcionan información detallada sobre la distribución de los diferentes tipos de superficie en un área determinada, lo que es esencial para la planificación y gestión del territorio." (Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition, John Wiley & Sons, 2015).

Uso del Suelo: El uso del suelo es un elemento clave en la planificación y gestión del territorio, ya que determina cómo se utilizan y se transforman las áreas de tierra en función de las necesidades humanas y los valores ambientales. El análisis del uso del suelo proporciona información valiosa para la toma de decisiones en una variedad de campos, desde la ordenación del territorio hasta la conservación de los recursos naturales. (Campbell, J.B., Wynne, R.H., Introduction to Remote Sensing, 5th Edition, Guilford Press, 2011).

Cobertura Vegetal: La cobertura vegetal del suelo se define como la capa de vegetación natural de la superficie terrestre, con una amplia gama de biomasas con características fisonómicas y ambientales, desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales. La causa más severa de los cambios en la biodiversidad global es el cambio en el uso del terreno, la transformación más notable de hábitat ha sucedido principalmente durante la segunda mitad del siglo XX. (Chapin III, 1997)

Geomática: Ciencia que estudia el uso, la implementación y desarrollo de equipos y procesos tecnológicos al servicio de la planificación y el desarrollo territorial, y que principalmente se apoya de la percepción remota y los Sistemas de Información Geográfica.

Detección de Cambios: La detección de cambios es una herramienta esencial en el análisis geoespacial, que nos permite entender la dinámica del paisaje y evaluar los impactos de las actividades humanas y naturales en el medio ambiente. Esta capacidad de monitorear y analizar los cambios en el paisaje a lo largo del tiempo es fundamental para la toma de decisiones informadas en la planificación territorial y la gestión de recursos. (Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., Change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, 2004).

Esquema de Ordenamiento Territorial: es una herramienta clave para promover un desarrollo territorial equilibrado, sostenible y coordinado, que asegure el uso adecuado de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la calidad de vida de la población. Su elaboración y aplicación requiere de la participación y coordinada de los diferentes actores del territorio, garantizando la planificación y gestión integrada del mismo. (Departamento Nacional de Planeación de Colombia, Ley 1454 de 2011).

Ordenamiento Territorial: Es un instrumento de planificación y de gestión de las entidades territoriales y un proceso de construcción colectiva de país, que se da de manera progresiva, gradual y flexible, con responsabilidad fiscal, tendiente a lograr una adecuada organización político administrativa del estado en el territorio, para facilitar el desarrollo institucional, el fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo territorial, entendido este como desarrollo económicamente competitivo, socialmente justo, ambientalmente y fiscalmente sostenible, regionalmente armónico, culturalmente pertinente, atendiendo a la diversidad cultural y físico-geográfica de Colombia (ley 1454 de 2011)

Páramo: Los páramos son ecosistemas únicos y vitales que proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, incluida la regulación del ciclo del agua, la conservación de la biodiversidad y la captura de carbono. Su protección y manejo sostenible son fundamentales para garantizar el bienestar de las comunidades locales y la salud del planeta. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia).

Régimen de usos: El establecimiento de un régimen de usos en los páramos es fundamental para asegurar la conservación de estos ecosistemas únicos y altamente

vulnerables. A través de la regulación y el control de las actividades humanas, se puede garantizar la protección de los servicios ambientales que ofrecen los páramos, asegurando su sostenibilidad a largo plazo y el bienestar de las comunidades que dependen de ellos. (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de los Páramos, 2018).

Sistema de Información Geográfica: Es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos. (Olaya, V. 2014)

Teledetección: Es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera datos que se procesan para obtener información interpretable de la Tierra. (IGN, 2020).

Resumen

El estudio se enfoca en el análisis multitemporal de la zonificación ambiental participativa en el Páramo de Guerrero, ubicado en el municipio de Subachoque, utilizando la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio (CCDC). El objetivo es comprender los cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal en el tiempo y evaluar el cumplimiento de la normativa ambiental establecida por la Corporación Autónoma Regional (CAR). Además, se busca integrar datos espaciales recolectados en campo mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y la plataforma Survey 123 para generar mapas temáticos y apoyar la planificación territorial.

El estudio proporciona una visión integral del estado del Páramo de Guerrero, destacando la importancia del uso de herramientas tecnológicas como CCDC, y Survey 123 para el monitoreo y la gestión ambiental en ecosistemas sensibles como los páramos.

Palabras clave: Páramo de Guerrero, zonificación ambiental, CCDC, normativa ambiental, SIG, Survey 123, monitoreo ambiental.

Abstract

The study focuses on the multi-temporal analysis of participatory environmental zoning in the Páramo de Guerrero, located in the municipality of Subachoque, using the Continuous Change Detection and Classification (CCDC) technique. The objective is to understand changes in land use and vegetation cover over time and evaluate compliance with environmental regulations established by the Regional Autonomous Corporation (CAR). In addition, it seeks to integrate spatial data collected in the field through the use of geographic information systems (GIS) and the Survey 123 platform to generate thematic maps and support territorial planning.

The study provides a comprehensive view of the state of the Páramo de Guerrero, highlighting the importance of the use of technological tools such as CCDC, and Survey 123 for environmental monitoring and management in sensitive ecosystems such as the páramos.

Keywords: Páramo de Guerrero, environmental zoning, CCDC, environmental regulations, GIS, Survey 123, environmental monitoring.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1 Introducción 13

1.2 Planteamiento del Problema 15

1.3 Objetivos 16

1.3.1 Objetivo General 16

1.3.2 Objetivos Específicos 16

1.4 Justificación 17

2. MARCO REFERENCIAL 19

2.1 Marco Referencial 19

2.2 Antecedentes 19

2.3 Marco Legal 21

2.4 Marco Institucional 22

2.5 Marco Teórico 22

2.5.1 Distrito de manejo Integrado (DMI) 22

2.5.2 Sistema de Información Geográfica 23

2.5.3 Continuous Change Detection and Classification (CCDC) 24

2.6 Marco Geográfico 26

2.6.1 Localización y ubicación geográfica 26

2.6.2 Hidrografía: 27

2.6.3 Precipitación: 28

2.6.4 Relieve: 28

2.6.5 Vegetación y Suelo: 28

2.6.6 Fauna: 28

2. Alcances Y Limitaciones 28

2.7.1 Alcances 28

2.7.2 Limitaciones 29

3. MATERIALES Y ASPECTOS METODOLOGICOS 31

3.1 Materiales Y Aspectos Metodologicos 31

3.2 Fase I. Preparación y Adquisición de Información 32

3.2.1 Revisión de literatura 32

3.2.2 Reconocimiento área de estudio 33

3.2.3 Manejo de la Herramienta de ArcGIS Online y Surve123 34

3.2.4 Organización información social 39

3.3 Fase II. Procesamiento de Datos 41
3.3.1 Clasificar segmentos del modelo 41
3.4 Fase III Zonificación y Resultados 50
3.4.1 Ejecución de la Geodatabase 50
3.4.2 Generación de la zonificación en Subachoque 57
4. ANALISIS Y RESULTADOS 58
4.1 Análisis y Resultados 58
4.2 Caracterización socioeconómica 58
4.3 Zonificación 64
4.3.1 Uso Actual 64
4.3.2 Cobertura del suelo Corine Land Cover Nivel 3 65
4.3.3 Conflicto de uso del suelo 66
4.3.4 Topografía 67
4.4 Análisis Multitemporal 70
CONCLUSIONES 75
RECOMENDACIONES 76
BIBLIOGRAFÍA 78
ANEXOS 81
Anexo 1. Evidencias fotográficas del levantamiento de información primaria en campo. 81
Anexo 2. Interfaz ficha técnica socioeconómica Survey123 83
Anexo 3. Mapas Elaborados 85
Mapas Elaborados: 85
Mapa de localización CPG y área de estudio 85
Mapa del Tipo de titulación predial 85
Mapa de Uso actual del suelo 85
Mapa de Conflicto de Uso del Suelo 85
Mapa de Cobertura de Uso del Suelo CLC Nvl.3 85
Mapa de Zonificación Ambiental 2023 85
Mapa Veredal 85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología
Tabla 2. Matriz socioeconómica
Tabla 3. Criterios determinación vulnerabilidad
Tabla 4. Valores de Cobertura de uso del suelo

Tabla 5. Valores de clasificación Conflictos de uso del suelo
Tabla 6. Valores de Clasificación de Pendientes del Suelo
Tabla 7. Valores de Clasificación de Cuerpos de Agua
Tabla 8. Valores de Clasificación de Uso Actual del Suelo
Tabla 9. Parámetros de Zonificación
Tabla 10. Áreas Régimen de usos CPG-Subachoque

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización al CPG y el área de estudio en Subachoque
Figura 2. Mapa Predial y Veredal del Área de estudio CPG Subachoque 2023
Figura 3. Ejemplo de registro fotográfico y visualización de levantamiento en ArcGIS Online
Figura 4. Visualización Ficha Técnica
Figura 5. Visualización Ficha Técnica.
Figura 6. Visualización Ficha Técnica.
Figura 7. ArcGIS Online.
Figura 8. Visualización Datos en Survey
Figura 9. Mapa de conflicto de uso del suelo
Figura 10. CCDC - Modelo clasificación de segmentos
Figura 10 Herramienta Feature to Raster
Figura 11. Cargar Coeficientes
Figura 12. Parámetros de Clasificación
Figura 13. Definir Área de estudio
Figura 14. Datos de Entrenamiento
Figura 15. Segmento de clasificación
Figura 16. API Modelo de cobertura terrestre
Figura 17. Metadatos de la clasificación segmentada
Figura 18. Fecha Cobertura Terrestre
Figura 19. Layers
Figura 20. Parámetros de Visualización
Figura 21. Cambio de banda
Figura 22. Cambio de banda 2
Figura 23. Ejemplo serie de tiempo

Figura 24. Herramienta Feature to Raster
Figura 25. Herramienta Reclassify
Figura 26. Herramienta Weighted Overlay
Figura 27. Herramienta Reclassify para la Zonificación
Figura 28. Zonificación Subachoque
Figura 29. Trabajo junto con los habitantes del Municipio de Subachoque
Figura 30. Destinación actual del predio
Figura 31. Número de cabezas de ganado
Figura 32. Uso del Predio
Figura 33. Servicios de vivienda
Figura 34. Veredas dentro del CPG
Figura 35. Viviendas encontradas dentro el área de estudio
Figura 36. Model Builder proceso de zonificación
Figura 37. Mapa Rasterizado de Uso Actual del Suelo
Figura 38. Mapa Rasterizado Cobertura del Suelo Corine Land Cover Nvl3
Figura 39. Mapa Conflicto de uso del suelo
Figura 40. Pendiente
Figura 41. Cuerpos de agua
Figura 42. Mapas de Zonificación áreas de estudio
Figura 43. Clasificación área de estudio
Figura 44. Clasificación área de estudio 2
Figura 45 Clasificación área de estudio 3
Figura 46. Clasificación área de estudio 4

1. INTRODUCCIÓN

1.1 **Introducción**

El páramo es un ecosistema propio de regiones tropicales de alta montaña, ubicado entre las nieves perpetuas y los bosques, con presencia en Sudamérica, Costa Rica, Asia (Indonesia), África (Papúa y Nueva Guinea) y Oceanía, a altitudes de 3.000 a 4.000 metros sobre el nivel del mar. Principalmente, el 99 % de los páramos mundiales se localizan en la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Colombia, incluyendo Ecuador, así como en la Sierra Nevada de Santa Marta y Costa Rica. En estas áreas, se distingue el superáramos, donde la vegetación no está presente en el margen superior, y el subpáramo o franja altoandina en el límite inferior, que representa la transición entre el bosque y la región paramuna. Este último se destaca por ser una zona con alta diversidad y elevados niveles de endemismo vegetal. Sin embargo, la definición de estos límites se ve afectada por la variabilidad de la cobertura vegetal, influenciada por actividades humanas como plantaciones forestales, cultivos agrícolas o la invasión del ecosistema paramuno.

El páramo de Guerrero, en Subachoque, es un ecosistema importante por su biodiversidad única y su papel crucial en la regulación hídrica de la región. Sin embargo, las actividades humanas, como la agricultura no sostenible, la ganadería extensiva, la minería informal y la deforestación, han generado una presión significativa sobre este ecosistema frágil.

A pesar de los esfuerzos de las autoridades y organizaciones ambientales para promover el uso sostenible de los recursos en el páramo, las comunidades locales han mostrado un desconocimiento e insensibilidad hacia la importancia de conservar este ecosistema. La falta de educación ambiental, la necesidad económica de las comunidades y la ausencia de alternativas viables de subsistencia han contribuido a esta situación.

Para abordar este problema, es fundamental implementar estrategias integrales que combinen la conservación ambiental con el desarrollo económico y social de las comunidades locales. Esto podría incluir programas de educación ambiental, capacitación en prácticas agrícolas sostenibles, promoción de actividades económicas alternativas y participación de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del páramo.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), entidad designada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como responsable de los páramos, distritos de manejo integrado y áreas protegidas en Cundinamarca, está implementando un Plan de Manejo Ambiental. Este plan, considerado la herramienta principal para la gestión y ordenamiento de los páramos, implica la participación de los municipios y comunidades afectadas. En el proceso de implementación de este plan, se requiere llevar a cabo una zonificación y establecer un régimen de usos del suelo. Estas medidas tienen como objetivo transformar el uso del suelo, ya sea restaurándolo a su estado original, realizando una reconversión o manteniéndolo en su condición actual para propósitos de conservación (CAR, 2020).

Esta política se enmarca en el documento oficial del Plan de Manejo Ambiental para los páramos de Cundinamarca, elaborado por la CAR.

El Complejo Páramo de Guerrero es uno de los seis páramos en Cundinamarca, bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR de Cund.). Este complejo abarca 17 municipios con porciones de su área. Con una extensión que supera las 42 mil hectáreas, representa el 11% del total de páramos en Cundinamarca y aproximadamente el 1.5% del territorio de Colombia. El Complejo está en la cordillera oriental colombiana, al norte de Cundinamarca, en la margen occidental de la Sabana de Bogotá. Establece una conexión con el valle de Ubaté y la vertiente del Magdalena, delimitándose en las coordenadas 74° 06'W y 05° 04'N. Su extensión abarca principalmente los municipios de Cogua, Zipaquirá, Carmen de Carupa, Pacho, San Cayetano, Subachoque, Tausa y Susa. El complejo forma parte de los páramos del Distrito Cundinamarca, que incluye el Complejo Páramo de Chingaza, Cruz Verde y Sumapaz, Iguaque y Merchán, Rabanal y Río Bogotá, Páramo de Guerrero y Páramo del Altiplano Cundiboyacense. (Alzate, 2008).

La CAR de Cundinamarca, a través de la Dirección de Gestión de Ordenamiento Ambiental y Territorial (DGOAT), con la colaboración académica mejora y acelera el proceso de zonificación en preparación para el futuro plan de manejo ambiental. El objetivo es el de desarrollar la zonificación preliminar de usos del suelo en el Complejo Páramo de Guerrero, ubicado en el municipio de Subachoque. Además, se busca aportar desde el ámbito académico con un enfoque técnico-científico innovador, mediante el análisis multitemporal que abarque desde el último plan de manejo ambiental en 2012, cuando el área era considerada un distrito de manejo integrad.

El objetivo de esta labor es respaldar al equipo encargado de la DGOAT en realizar un análisis multitemporal de imágenes satelitales. Se busca identificar y cuantificar los cambios en el uso de la tierra en el páramo de Guerrero y sus áreas circundantes. Este proceso incluirá la recolección de información primaria en campo mediante visitas y reuniones comunitarias, así como la recepción y procesamiento de información secundaria proveniente de la CAR Cund. Además, se utilizarán datos abiertos proporcionados por el IGAC y otras entidades que brinden acceso a información relevante para el desarrollo de este proyecto.

El segundo objetivo de este estudio se enfoca en aplicar la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio (CCDC) para analizar las tendencias de cambio en el paisaje del páramo. Este enfoque meticuloso nos permitirá identificar áreas críticas que experimentan transformaciones significativas, proporcionando una comprensión detallada de los procesos de cambio en el uso de la tierra en el ecosistema del páramo de Guerrero y sus alrededores.

Además, el tercer objetivo se centra en la generación de mapas actualizados de zonificación del páramo de Guerrero, junto con la Corporación Autónoma Regional (CAR) y las autoridades locales de Subachoque. Estos mapas incluirán la clasificación de diversos usos de la tierra, permitiendo identificar áreas prioritarias para acciones de conservación y ordenamiento ambiental. Este paso es crucial para desarrollar estrategias

efectivas que promuevan la preservación de este ecosistema único. en lo que será el futuro plan de manejo ambiental del Complejo de Páramo de Guerrero.

1.2 Planteamiento del Problema

En el departamento de Cundinamarca, se observa que aproximadamente el 80.3% de sus terrenos muestra signos de degradación, principalmente debido a la actividad ganadera y a la agricultura intensiva con cultivos monoculturales como papa (Solanum tuberosum), arveja (Pisum sativum), zanahoria (Daucus carota) y otros. Se ha determinado que el manejo inadecuado del suelo es una de las causas subyacentes de esta degradación, lo que indica la necesidad urgente de implementar prácticas de manejo sostenible del suelo en la región (León; Acevedo, 2021).

Las prácticas agrícolas y ganaderas insostenibles están teniendo efectos perjudiciales en el entorno natural y están causando cambios significativos en el ecosistema del páramo de Guerrero en Subachoque, Cundinamarca. Además, una gestión inapropiada de los recursos naturales ha provocado una fragmentación extrema del paisaje y la reducción de la vegetación nativa, incluyendo el frailejón, una especie vital para el suministro de agua (Roa, 2023).

El municipio de Subachoque se caracteriza por ser un proceso de estructuración territorial en las últimas décadas, por la migración proveniente de la capital y municipios vecinos, marcando un significativo cambio en el uso del suelo y en su cobertura, generando impactos territoriales que de alguna forma inciden en su desarrollo (PGAR 2012 - 2023).

En el municipio de Subachoque, se encuentra una región de páramo donde, debido a la actividad agrícola prolongada, la presencia de frailejones y otros ecosistemas característicos de esta zona de gran altitud se ve comprometida. La delimitación de los límites de estos ecosistemas está regulada por la Ley 1930 de 2018. Sin embargo, para llevar a cabo este proceso, se requiere la intervención técnica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, quienes deben cumplir con especificaciones técnicas detalladas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

La delimitación precisa del páramo en el municipio de Subachoque se enfrenta a diversos obstáculos, como la falta de datos geográficos detallados. Estas dificultades han generado incertidumbre en cuanto a los límites exactos del páramo, lo que impacta negativamente en la aplicación de estrategias de conservación y gestión sostenible en esta área (Canal Daza, 2020). La interpretación local de las disposiciones para la gestión integral de los páramos en Subachoque puede diferir de las directrices establecidas a nivel nacional, lo que ha generado conflictos y ambigüedades en la implementación de medidas de conservación y manejo sostenible. Estos desacuerdos podrían atribuirse a particularidades locales y la falta de alineación entre las políticas nacionales y las necesidades específicas de conservación en Subachoque.

Por la situación descrita, se plantea la hipótesis de que la implementación de técnicas de Detección y Clasificación Continua de Cambio, junto con un análisis multitemporal de la Zonificación Ambiental Participativa en el Páramo de Guerrero en el municipio de Subachoque, permitirán una gestión más eficiente y coordinada del páramo, preservando así y usando este ecosistema vital.

¿Cómo puede la aplicación de la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio, junto con un análisis multitemporal de la Zonificación Ambiental Participativa en el Páramo de Guerrero en el municipio de Subachoque, contribuir a una gestión más eficiente y coordinada del páramo, asegurando su preservación y uso sostenible?

Esta hipótesis y pregunta de investigación serán el hilo conductor del documento, delineando claramente la relevancia del estudio y el aporte del autor al conocimiento en el campo de la conservación del páramo de Guerrero.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un análisis multitemporal utilizando la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio (CCDC) para la zonificación del páramo de Guerrero en el municipio de Subachoque, con el fin de proporcionar información detallada y actualizada que respalde la toma de decisiones informadas para la conservación y el ordenamiento ambiental de este ecosistema.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis multitemporal de imágenes satelitales correspondientes al período de estudio para identificar y cuantificar los cambios en el uso de la tierra en el páramo de Guerrero y sus alrededores.

- Aplicar la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio (CCDC) para determinar las tendencias de cambio en el paisaje del páramo, identificando áreas críticas con transformaciones significativas.

- Generar mapas actualizados de zonificación del páramo de Guerrero, con la Corporación Autónoma Regional (CAR) y las autoridades locales de Subachoque, con la clasificación de diferentes usos de la tierra y la identificación de áreas prioritarias para la conservación y el ordenamiento ambiental.

1.4 Justificación

La necesidad de abordar los desafíos ambientales y de desarrollo del municipio de Subachoque, en Colombia, y el ecosistema crítico del páramo de Guerrero es fundamental en la regulación de los recursos de la región. Además, alberga una rica biodiversidad, incluyendo especies endémicas y amenazadas. La preservación de este ecosistema es esencial para mantener el equilibrio ambiental y garantizar la disponibilidad de agua para las comunidades locales. (Ley-1930-2018,) Estas acciones se basarán en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales desarrollados por las entidades responsables del proceso de delimitación, en colaboración con las corporaciones autónomas regionales (C.A.R) y otras autoridades ambientales que operan en las áreas de páramo. (RES 886, 2018) Además, se exige la implementación de sistemas de seguimiento y evaluación para garantizar la eficacia de dichos planes.

La falta de datos precisos y actualizados sobre la zonificación y los cambios en el páramo de Guerrero ha dificultado la toma de decisiones efectivas por parte de las autoridades locales y la Corporación Autónoma Regional (CAR). Este proyecto llenará ese vacío de información y proporcionará una base sólida para la gestión y conservación del páramo. La información generada a partir de este análisis multitemporal con la técnica de Detección y Clasificación Continua de Cambio (CCDC) permitirá a las autoridades locales y a la CAR implementar estrategias de conservación y ordenamiento territorial más efectivas (Arévalo, 2020).

Esto a su vez promoverá una gestión ambiental sostenible y la protección a largo plazo de este ecosistema crítico. La técnica Permite integrar no solo información espectral, sino también información temporal, lo que facilita la detección y el análisis de cambios a lo largo de múltiples períodos de tiempo, (Bullock, E. 2021) lo que es esencial para un análisis exhaustivo y preciso de la Zonificación Ambiental Participativa en el páramo de Guerrero.

La técnica de CCDC, junto con la exploración de series temporales de observaciones Landsat, proporciona una herramienta crucial para monitorear cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal, lo que facilita la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental (Reinmann, 2016). Además, su capacidad para detectar y clasificar cambios de manera continua a lo largo del tiempo permite una comprensión más profunda de las dinámicas del paisaje y sus efectos en el ecosistema del páramo de Guerrero (Arévalo, 2020). Por último, la aplicación de algoritmos de detección continua de cambios ha demostrado ser eficaz en la estimación precisa de áreas afectadas por eventos naturales, como la tormenta VAIA en Italia, lo que resalta su utilidad en la evaluación de impactos ambientales y la planificación de la conservación (Giannetti, 2021).

El desarrollo de esta investigación no solo beneficiará la gestión ambiental del páramo de Guerrero, sino que también proporcionará una oportunidad invaluable para aplicar conocimientos teóricos en un contexto práctico. La implementación de la técnica CCDC, respaldada por investigaciones previas, proporcionará una base sólida para la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de conservación efectivas en este ecosistema único y vital.

Además, se ha observado en otros estudios que la técnica CCDC puede adaptarse y aplicarse con éxito en diferentes contextos geográficos y ecosistémicos. Por ejemplo, (Chen, 2021) desarrollaron un enfoque similar, CCDC-SMA, para monitorear la degradación en bosques templados, logrando una precisión del 91% en la clasificación de cambios. Esto resalta la versatilidad y eficacia de la técnica CCDC en la monitorización de cambios en diferentes tipos de ecosistemas, lo que refuerza su relevancia y aplicabilidad en el contexto del páramo de Guerrero.

La mejora en el acceso a imágenes de teledetección y algoritmos de series temporales, combinados con la creciente disponibilidad de recursos de computación en la nube y plataformas como Google Earth Engine, han ampliado significativamente la comunidad de usuarios que procesan y analizan series temporales de observaciones satelitales. Aunque los métodos de análisis de series temporales individuales y sus aplicaciones tienden a estar bien documentados, las comparaciones de diferentes enfoques son beneficiosas para los nuevos usuarios que se enfrentan a la elección de diferentes algoritmos y parametrizaciones. En este trabajo, se revisó dos enfoques de segmentación temporal que han cobrado cada vez más relevancia en la cartografía y monitoreo del uso del suelo: CCDC (detección y clasificación continua de cambios). Esta revisión resalta el trabajo y las aplicaciones, las limitaciones actuales, los desafíos en curso y las oportunidades para la futura integración y comparación de métodos y productos cartográficos (Pasquarella, 2022)

En resumen, este proyecto representa una oportunidad única para abordar una necesidad crítica de información y contribuir activamente a la gestión ambiental sostenible de la región. La aplicación de la técnica CCDC, respaldada por investigaciones previas y la colaboración con las autoridades pertinentes, promete generar resultados significativos que beneficiarán tanto al ecosistema del páramo de Guerrero como a las comunidades locales que dependen de él.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Referencial

Se exploran los antecedentes de la investigación, destacando estudios previos que han examinado el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas de páramo. Se evidencia la disminución de las reservas de carbono orgánico del suelo debido a la agricultura y la ganadería, así como la presencia de metales pesados y residuos de pesticidas asociados con estas prácticas agrícolas. Además, se señala la influencia del pastoreo en la vegetación del páramo y su impacto en la biodiversidad.

El marco legal colombiano, representado principalmente por la Ley 1930 de 2018, establece un marco integral para la conservación y gestión sostenible de los páramos, promoviendo su uso sostenible y definiendo directrices para la investigación y monitoreo de estos ecosistemas. La Resolución 1769 de 2016 y la Resolución 1294 de 2021 delimitan áreas urbanas y rurales esenciales para el análisis multitemporal del uso de la tierra en Subachoque, proporcionando un marco normativo y directrices para la planificación territorial.

A nivel institucional, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) lidera la gestión y conservación de los páramos en la región, en coordinación con entidades como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). La investigación se enmarca en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) del Páramo de Guerrero, establecido para proteger y conservar este ecosistema, y se apoya en herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el algoritmo Continuous Change Detection and Classification (CCDC) para el monitoreo de cambios en la cobertura del suelo a lo largo del tiempo.

El capítulo culmina explorando el marco geográfico del estudio, resaltando la ubicación del Complejo Páramo de Guerrero en el departamento de Cundinamarca, Colombia, en la Cordillera Oriental de los Andes, con coordenadas geográficas específicas entre los 4° 51' y 4° 55' de latitud norte y los 74° 10' y 74° 13' de longitud oeste.

Este capítulo proporciona un contexto integral para comprender los aspectos ambientales, legales, institucionales, tecnológicos y geográficos que influyen en la investigación sobre la zonificación ambiental participativa en el Páramo de Guerrero en el municipio de Subachoque.

2.2 Antecedentes

La progresiva conversión a cultivos, ganadería o minería en los páramos tiene un impacto directo en las reservas de carbono orgánico del suelo (COS). Según el estudio realizado por Daza (2020) en el Parque Natural Regional Cortadera, se encontró una disminución en las reservas de carbono debido a actividades humanas como la agricultura y la ganadería. Este hallazgo subraya la importancia de proteger los ecosistemas de páramo frente a las crecientes amenazas de cambio de uso del suelo.

Miles de campesinos desarrollan actividades agrícolas como el cultivo de papa y la ganadería en los páramos. (Cruz, 2020) revelaron la presencia de metales pesados y residuos de pesticidas asociados con estas prácticas agrícolas. Este hallazgo destaca la necesidad de evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas en los ecosistemas de páramo y tomar medidas para su conservación.

El estado de pastoreo influye fuertemente en las características de la vegetación del páramo, lo que resulta en grandes reducciones en la abundancia de arbustos y frailejones. Mills y Parra Sánchez (2023) encontraron que estos cambios en la vegetación tienen un impacto significativo en las comunidades de aves del páramo y pueden tener consecuencias en la biodiversidad y el funcionamiento ecológico de estos ecosistemas. Es esencial considerar cómo la conservación del páramo puede interactuar con el manejo de los bosques montanos adyacentes para evitar efectos de fuga y una mayor deforestación.

La diversidad de los páramos y su importancia ecológica como reguladores del clima han sido reconocidas a nivel internacional. Sin embargo, la falta de datos históricos sobre el monitoreo de estas áreas y la intervención humana han generado incertidumbre sobre su futuro. Brück et al. (2023) señalan que la actividad agrícola, la ganadería, la caza y los incendios forestales han devastado gran parte de los paisajes de páramo, lo que destaca la urgencia de implementar medidas de conservación efectivas.

Las áreas protegidas, como el Santuario de Fauna y Flora Iguaque (SFFI), desempeñan un papel crucial en la conservación de los páramos y la mitigación del cambio climático. Canal Daza (2020) muestra que SFFI almacena cantidades significativas de carbono atmosférico y contribuye a la regulación climática regional. La preservación de estas áreas protegidas es esencial para evitar la liberación de grandes cantidades de CO2 a la atmósfera y mantener los servicios ecosistémicos que brindan a las poblaciones humanas.

El monitoreo continuo de actividades de cambio de tierras y dinámicas posteriores a disturbios, como la deforestación, es fundamental para comprender y mitigar los impactos ambientales en los páramos. Arévalo (2020) presentan una metodología para el monitoreo de áreas de cambio de tierras en la Amazonía colombiana utilizando series temporales de Landsat y algoritmos de detección de cambios continuos. Este enfoque proporciona una herramienta efectiva para evaluar y gestionar los cambios en los ecosistemas de páramo y su contribución a la captura de carbono y la regulación climática.

Giannetti et al. (2021) ilustran la aplicación de algoritmos de detección de cambios continuos para estimar el área de bosque dañado por tormentas en Italia. Su estudio demuestra la utilidad de la tecnología de teledetección para monitorear eventos ambientales extremos y evaluar su impacto en los ecosistemas forestales.

El desarrollo de herramientas y metodologías para el monitoreo y la gestión de los páramos es fundamental para su conservación a largo plazo. La investigación y la colaboración internacional son esenciales para abordar los desafíos ambientales que enfrentan estos ecosistemas únicos y frágiles.

2.3 Marco Legal

La legislación colombiana sobre los páramos, representada principalmente por la Ley 1930 de 2018, establece un marco legal integral para la conservación y gestión sostenible de estos ecosistemas críticos. Esta ley define y delimita los páramos en Colombia, identificando sus límites geográficos y características específicas. Además, promueve el uso sostenible de los recursos naturales en los páramos, reconociendo su importancia para la provisión de agua y la conservación de la biodiversidad. Asimismo, fomenta la generación de conocimiento científico sobre los páramos y establece directrices para la investigación y monitoreo de estos ecosistemas. También contempla medidas para la restauración de áreas de páramo degradadas o afectadas por actividades humanas.

En línea con este marco legal, la Resolución 1769 de 2016 define y delimita áreas urbanas y rurales esenciales para el análisis multitemporal del uso de la tierra en Subachoque. Esta resolución proporciona un marco normativo para la definición de los límites entre áreas urbanas y rurales en Colombia, lo que resulta fundamental para comprender cómo ha evolucionado el paisaje en la región a lo largo del tiempo. La delimitación de áreas urbanas y rurales facilita la planificación territorial adecuada, identificando zonas sujetas a diferentes regulaciones y políticas de desarrollo, lo que influye directamente en el análisis del uso de la tierra en Subachoque. Además, esta delimitación sirve como referencia para identificar cambios en el uso de la tierra, como la urbanización y la expansión de áreas rurales, a lo largo del tiempo. Al tener en cuenta la Resolución 1769 de 2016 en el análisis, se garantiza que el proyecto esté alineado con las regulaciones y directrices gubernamentales vigentes, aumentando su validez y utilidad.

Por otro lado, la resolución 1294 del 2021 establece pautas para el desarrollo de actividades agropecuarias sostenibles en páramos, con un enfoque en la participación colectiva y la conservación ambiental. Esta resolución busca crear escenarios con actividades de bajo impacto que fomenten la equidad para la comunidad, conservando las coberturas naturales y protegiendo las fuentes hídricas. Para guiar estas acciones, se utiliza la "Metodología de Zonificación de Páramos - Jurisdicción CAR" y se cuenta con el documento técnico ET-ESA del complejo de páramos de Guerrero en la jurisdicción de la CAR Cundinamarca, que detalla la ubicación, características y aspectos socioeconómicos del área del páramo.

En conjunto, estas disposiciones legales proporcionan un marco sólido para la gestión integrada y sostenible de los páramos en Colombia, abordando aspectos clave como la conservación ambiental, el uso racional de los recursos naturales y la participación comunitaria en la toma de decisiones.

2.4 Marco Institucional

El desarrollo del presente proyecto se encuentra enraizado en un robusto marco institucional, con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) liderando como la autoridad ambiental regional preeminente. La CAR desempeña un papel esencial en la gestión, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales en la región de Cundinamarca, particularmente en los páramos, ecosistemas frágiles y vitales para el equilibrio ambiental.

En consonancia con esta misión, el proyecto se alinea con la Resolución 1294 del 2021, una normativa clave que establece directrices para el desarrollo de actividades agropecuarias en páramos de manera sostenible. Esta resolución no solo guía la implementación de prácticas ambientalmente responsables, sino que también fomenta la participación comunitaria y estrategias que buscan la conservación y preservación específica de los páramos en Cundinamarca.

A nivel nacional, se incorporan las disposiciones de la Ley 99 de 1993, la Ley 1333 de 2009 y la Ley 2811 de 1974, las cuales establecen los marcos generales para la gestión ambiental y la protección de los recursos naturales en todo el país. Estas leyes nacionales forman parte integral del contexto normativo que respalda el proyecto, proporcionando directrices fundamentales para la sostenibilidad ambiental.

A nivel regional, la CAR ha desarrollado instrumentos específicos que fortalecen la gestión ambiental en los páramos de Cundinamarca. El Plan de Acción Institucional, las Políticas Ambientales Regionales y los Planes de Manejo Ambiental de la CAR son herramientas que orientan las actuaciones en la región, considerando las particularidades de los páramos y su importancia para la biodiversidad y el abastecimiento hídrico.

El papel del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como entidad que proporciona datos y apoyo técnico, junto con la CAR, contribuyendo al enriquecimiento de la información base necesaria para tomar decisiones en los páramos de Cundinamarca.

El proyecto se sustenta en un entramado normativo que aborda específicamente las particularidades de los páramos en Cundinamarca. La convergencia de la legislación nacional, las directrices de la CAR y la colaboración con entidades como el IGAC ofrece un marco jurídico integral y especializado que respalda las acciones del proyecto, asegurando un impacto positivo y sostenible en la gestión de los páramos en esta región específica.

2.5 Marco Teórico

2.5.1 Distrito de manejo Integrado (DMI)

El Distrito de Manejo Integrado (DMI) en el Páramo de Guerrero es una figura de ordenamiento territorial que tiene como objetivo principal la protección y conservación de este ecosistema de alta montaña ubicado en Colombia. Este tipo de distrito se establece

para garantizar la gestión integral de áreas naturales de especial importancia por su biodiversidad, servicios ecosistémicos y vulnerabilidad a las actividades humanas.

El DMI del Páramo de Guerrero, establecido mediante el Acuerdo 007 del 21 de marzo de 2017, define las normas, directrices y acciones específicas para la gestión integral de este territorio. Este acuerdo surge como respuesta a la necesidad de proteger y preservar el Páramo de Guerrero, reconociendo su valor ecológico y su importancia para la provisión de agua, la regulación climática y la conservación de la biodiversidad.

Una de las principales características del DMI en el Páramo de Guerrero es su zonificación, la cual divide el territorio en diferentes áreas con distintos niveles de protección y usos permitidos. Estas zonas suelen incluir áreas de conservación estricta, donde se prohíben actividades humanas que puedan afectar el ecosistema de manera significativa, así como áreas de uso regulado y áreas de recuperación o restauración.

Además, el DMI regula actividades dentro del páramo, para minimizar el impacto humano sobre los recursos naturales y mantener la integridad del ecosistema. Esto puede incluir la prohibición o restricción de actividades como la minería, la agricultura intensiva, la ganadería extensiva y la urbanización descontrolada.

La participación comunitaria también es un aspecto fundamental del DMI, ya que involucra a las comunidades locales y otros actores interesados en el proceso de toma de decisiones y la implementación de medidas de conservación. Esto puede incluir la consulta y el consentimiento previo de las comunidades indígenas y campesinas que habitan en el área, así como la colaboración con organizaciones ambientales y gubernamentales.

El Acuerdo 007 del 21 de marzo de 2017 proporciona el marco legal necesario para la delimitación y establecimiento del DMI en el Páramo de Guerrero, así como para la definición de las normas y directrices para su gestión integral. Este acuerdo es el resultado de un proceso de consulta y negociación entre diferentes partes interesadas, incluyendo autoridades locales, organizaciones ambientales, comunidades indígenas y otros actores relevantes.

El Distrito de Manejo Integrado en el Páramo de Guerrero, establecido mediante el Acuerdo 007 del 21 de marzo de 2017, es una herramienta importante para la protección y conservación de este valioso ecosistema. A través de la zonificación, regulación de actividades, participación comunitaria y otras medidas, el DMI busca garantizar el uso sostenible del páramo y su contribución a la salud ambiental y el bienestar humano.

2.5.2 Sistema de Información Geográfica

Es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un conjunto de operaciones para trabajar con esos datos. (Olaya, V. 2014)

El campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha sido moldeado por las contribuciones de varios autores clave cuyos trabajos han sido ampliamente citados y han sentado las bases teóricas y prácticas para la comprensión y aplicación de los SIG en diversos campos.

Michael F. Goodchild, reconocido por sus aportaciones en la teoría de la información geográfica y la visualización cartográfica, ha sido una figura influyente en la evolución de los SIG. Junto a él, Paul A. Longley ha contribuido significativamente en áreas como el análisis espacial y el modelado geoespacial, mientras que David J. Maguire ha desempeñado un papel fundamental en la difusión y aplicación de los SIG como herramientas analíticas y de toma de decisiones.

Ian Heywood y Helen Couclelis han sido reconocidos por su trabajo en la introducción de los principios básicos de los SIG, así como por sus contribuciones en áreas como la modelización espacial y la interacción humano-ordenador en entornos SIG. Peter Burrough, por su parte, ha sido una figura destacada en el desarrollo de métodos y técnicas para el análisis y representación de datos geográficos.

Estos autores han dejado una marca significativa en el campo de los SIG y sus trabajos continúan siendo referencias fundamentales para estudiantes, investigadores y profesionales interesados en comprender y aplicar esta tecnología en una amplia gama de disciplinas.

2.5.3 Continuous Change Detection and Classification (CCDC)

El avance tecnológico, como la apertura del archivo Landsat y el Programa Copernicus, ha permitido el análisis de datos de series temporales, lo que antes estaba limitado por la disponibilidad de datos. Entre los métodos desarrollados, el algoritmo de clasificación y detección de cambios continuos (CCDC) destaca por modelar características temporales y espectrales utilizando datos de Landsat. Sin embargo, su complejidad computacional limitaba su uso fuera de entornos académicos hasta que fue implementado en Google Earth Engine, permitiendo análisis a escalas globales (Arévalo et al., 2020)

El artícuñp "U*n conjunto de herramientas para el Monitoreo Continuo del Cambio Terrestre en Google Earth Engine"* destaca cómo la implementación del algoritmo de clasificación y detección de cambios continuos (CCDC) en Google Earth Engine ha ampliado la capacidad de realizar análisis a escalas globales. Sin embargo, aunque esta implementación ha facilitado el acceso a los resultados del CCDC, aún se necesitan herramientas que simplifiquen la exploración, análisis y procesamiento de estos resultados.

En respuesta a esta necesidad, el artículo presenta herramientas gratuitas diseñadas para interactuar con los resultados del CCDC. Estas herramientas incluyen:

1. *Visualizadores de series temporales:* Permiten observar segmentos de tiempo generados por el CCDC, lo que facilita la comprensión de la evolución temporal de los datos.

2. *Visor de datos espaciales*: Permite explorar los coeficientes y derivados del modelo CCDC, así como visualizar información sobre cambios en los datos espaciales.

3. *Herramientas de creación de mapas*: Facilitan la generación de mapas de cobertura terrestre y cambios en ella utilizando los resultados del CCDC.

4. *Herramienta de estimación imparcial del área*: Ayuda a estimar de manera objetiva el área de variables clave relacionadas con el clima, como la extensión de la deforestación.

5. *API:* Proporciona acceso a la funcionalidad subyacente de estas herramientas, lo que permite una mayor personalización y automatización de los análisis.

El artículo ejemplifica el uso de estas herramientas en diferentes ubicaciones, utilizando series temporales de Landsat y coeficientes CCDC. Además, se presenta un ejemplo específico de mapeo de cambio de cobertura terrestre en el sureste de EE. UU., que incluye estimaciones de área y precisión (Arévalo et al., 2020). Esta amplia gama de herramientas y ejemplos demuestra cómo pueden utilizarse para abordar diversas necesidades de análisis de datos de cambio terrestre.

CCDC (Continuous Change Detection and Classification) es un algoritmo utilizado en Google Earth Engine para realizar la detección continua de cambios en imágenes de series temporales. Este algoritmo se utiliza para monitorear cambios en la cobertura del suelo a lo largo del tiempo, lo que puede ser valioso para estudios de uso del suelo, análisis de cambios ambientales, y otras aplicaciones relacionadas con la monitorización de la superficie terrestre.

El algoritmo CCDC en Google Earth Engine ofrece varias características que lo hacen una herramienta poderosa para el análisis de cambios en la cobertura terrestre. Proporciona detección continua de cambios, clasificación detallada de los mismos, adaptabilidad temporal para diferentes patrones de cambio, manejo de observaciones ruidosas y se integra con la plataforma Google Earth Engine, permitiendo análisis y visualización a escala global.

Para utilizar CCDC en Google Earth Engine, generalmente se deben proporcionar una serie temporal de imágenes satelitales y configurar los parámetros del algoritmo según las necesidades específicas del estudio. La salida del algoritmo incluirá información sobre la ubicación, la magnitud y la dirección de los cambios detectados a lo largo del tiempo.

Se desarrolló una interfaz de programación de aplicaciones (API) sobre la API JavaScript de Google Earth Engine (GEE) con el objetivo de facilitar operaciones personalizadas con las salidas del algoritmo CCDC y simplificar la creación de las herramientas gráficas presentadas en este artículo. Esta API, diseñada para optimizar el manejo de datos y la realización de análisis especializados, consta de varios módulos interconectados:

El módulo de *Entradas* permite generar pilas de imágenes Landsat, Sentinel 1 y 2, necesarias para la construcción de series temporales, así como calcular índices derivados de los sensores ópticos, facilitando la preparación de datos para su posterior análisis.

El módulo *CCDC* posibilita la manipulación de los resultados de las ejecuciones previas del algoritmo CCDC, ofreciendo herramientas para extraer coeficientes de regresión, generar imágenes sintéticas y obtener información detallada sobre los cambios temporales, incluyendo su magnitud, frecuencia y duración.

El módulo de *Clasificación* se encarga del preprocesamiento de datos de entrenamiento, la clasificación de los coeficientes CCDC y la generación de mapas de cobertura terrestre a partir de estos resultados, facilitando la interpretación y visualización de los cambios detectados.

El módulo de *Fechas* permite manejar las fechas en los formatos requeridos por el algoritmo CCDC en GEE, simplificando la gestión temporal de los datos y asegurando la correcta integración con el proceso de análisis.

Finalmente, el módulo de *Cambio* ofrece herramientas para el posprocesamiento de los resultados de cambio obtenidos mediante CCDC, incluyendo la evaluación de posibles errores de omisión y comisión, lo cual contribuye a mejorar la precisión y fiabilidad de los resultados finales.

Estos módulos, interconectados y diseñados para trabajar juntos, son una plataforma integral que facilita el análisis e interpretación de los datos de cambio terrestre, permitiendo a los usuarios analizar avanzados y generar productos derivados de manera eficiente y precisa (Bullock et al., 2019).

2.6 Marco Geográfico

2.6.1 Localización y ubicación geográfica

El Complejo Páramo de Guerrero, se ubica en el departamento de Cundinamarca, Colombia, abarcando extensiones que se entrelazan con los límites de varios municipios, especialmente en Subachoque. Su posición geográfica precisa se encuentra en la Cordillera Oriental de los Andes, una ubicación definida por coordenadas geográficas que oscilan entre los 4° 51' y 4° 55' de latitud norte y los 74° 10' y 74° 13' de longitud oeste.

Sus elevaciones rondan entre los 3200 y 3800 metros sobre el nivel del mar, lo que permite que existan zonas dominadas por rocas o montañosas anticlinales, turberas, arbustales y generosas áreas de bosque denso conservado.

De los 17 municipios que conforman la jurisdicción del Páramo de Guerrero, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR Cund.) desempeña un papel protagónico, liderando el 100% de la gestión territorial de este valioso ecosistema. Así, esta investigación se centra en la región ilustrada en la figura 1, abarcando el área del Complejo Páramo de Guerrero en el municipio de Subachoque, con 744 predios distribuidos en 10 veredas.

En términos catastrales, esta zona se divide en diversas propiedades ubicadas en las veredas de El Páramo, Pantano de Arce, El Tobal, Cascajal, Canica Alta, Altania, la Unión, Rincón Santo, Guamal, Santa Rosa, reflejando la riqueza y diversidad de este

territorio. La colaboración del equipo de la dirección de gestión de ordenamiento ambiental y territorial (DGOAT) de la CAR de Cundinamarca, y el respaldo de la administración municipal de Subachoque para recoger información, han permitido realizar la zonificación y establecimiento de regímenes de uso exclusivamente en el área del Páramo de Guerrero, dentro de Subachoque.

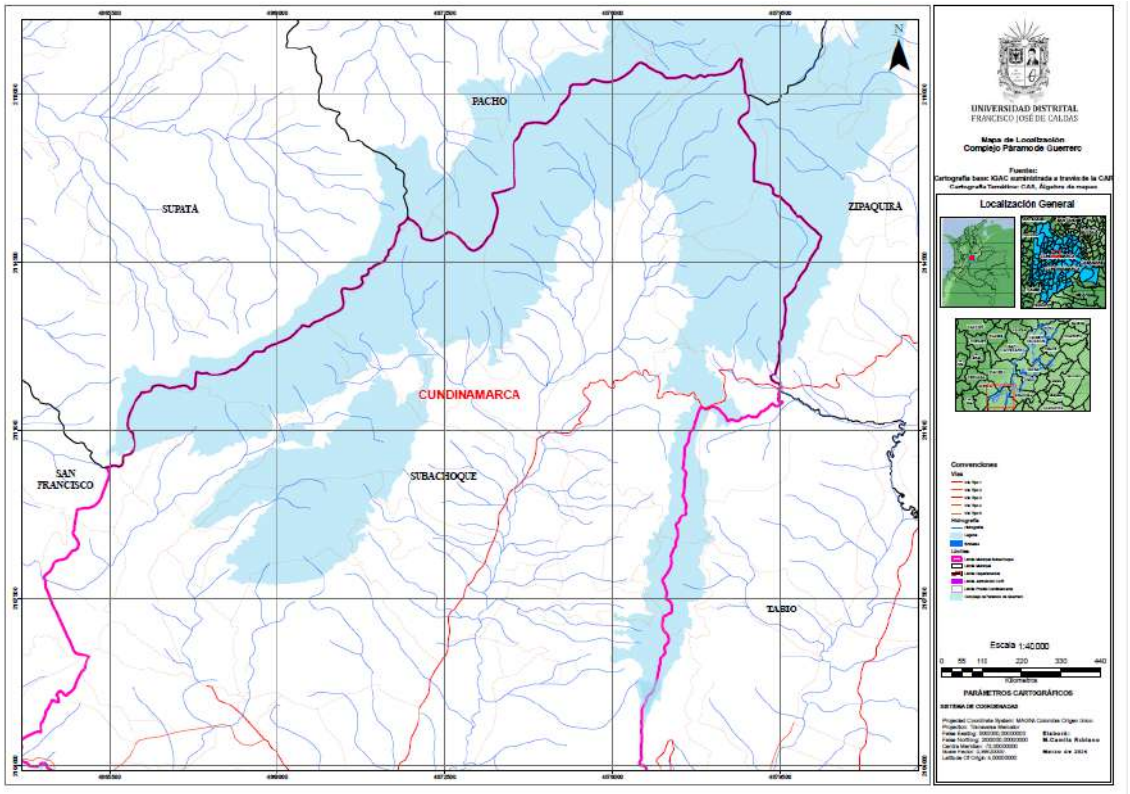


Figura 1. Mapa de Localización al Complejo Páramo de Guerrero
Fuente: Elaboración Propia, delimitación Res. 1769 de 2016.

2.6.2 Hidrografía:

El sistema hidrográfico del municipio está conformado por la subcuenca del río Subachoque, con un área de 40,086 hectáreas, integrándose a la red hidrológica del río Bogotá (Alcaldía Municipal de Subachoque, 2019).

Subachoque presenta una hidrografía marcada por la presencia de varias quebradas y arroyos que cruzan su territorio montañoso. Entre ellas destacan la Quebrada La Honda y la Quebrada Grande, que fluyen a lo largo del municipio, contribuyendo al sistema hídrico local. Estas corrientes de agua desempeñan un papel vital en el abastecimiento de recursos hídricos para la población y la agricultura en la región.

El río Subachoque, que da nombre al municipio, también juega un papel significativo en la hidrografía local, sirviendo como un importante afluente en la zona. La interacción de estas corrientes fluviales con el relieve montañoso crea paisajes pintorescos y brinda oportunidades para actividades recreativas.

2.6.3 Precipitación:

Las veredas Pantano Arce, El Tobal y Rincón Santo se ubican a altitudes comprendidas entre los 2,600 y los 3,600 m.s.n.m. Su clima, caracterizado por su frialdad y elevada humedad, oscila entre los 8 °C y 12 °C. Las precipitaciones en estas áreas presentan un patrón bimodal, manifestándose dos periodos húmedos en abril-mayo y octubre-noviembre, intercalados con dos períodos secos en diciembre-marzo y julio-septiembre (Alcaldía Municipal de Subachoque, 2019; Ballesteros et al., 2015).

2.6.4 Relieve:

En referencia al relieve, la región de estudio destaca por su topografía montañosa con laderas estructurales, contribuyendo significativamente al complejo del páramo de Guerrero, que abarca el 23.98% de la zona. Este complejo alberga sobre todo bosques húmedos montanos, correspondientes a las áreas de páramo y subpáramo (CAR, 2010; Alcaldía Municipal de Subachoque, 2019).

2.6.5 Vegetación y Suelo:

Dentro del páramo El Tablazo, se identifican comunidades vegetales como pajonales (Calamagrostis sp.), frailejones (Espeletia gachetana) y helecho macho (Blechum loxonse). En las zonas de subpáramo, se pueden observar estadios sucesionales del matorral paramuno, junto con especies como el encenillo (Weinmannia tomentosa) y la uva camarona (Macleania rupestris) (Barbosa, 2013).

Adicionalmente, la región se caracteriza por la presencia de suelos limo arenosos, los cuales poseen una notable capacidad de drenaje, variando desde profundidades considerables hasta superficiales, y presentan una baja aptitud agrícola.

2.6.6 Fauna:

En lo que respecta a la fauna, se registraron avistamientos de 26 especies de mamíferos pertenecientes a 17 órdenes en 2012. El 47.1% de estas especies correspondían al orden Rodentia, destacándose el curí (Cavia aperea), el ratón patinegro (Thomasomys niveipes), el erizo (Coendou rufescens) y la ardilla (Sciurus granatensis). La orden carnívora representaba el 23.5%, incluyendo especies como el zorro perruno (Sciurus granatensis), el zorro plateado (Urocyon cinereoargenteus), el cusumbo (Nasua nasua) y el tigrillo (Leopardus pardalis), entre otros (CAR, 2012b).

2. Alcances Y Limitaciones

2.7.1 Alcances

Este proyecto de análisis multitemporal del Páramo de Guerrero en Subachoque, Colombia, se concibe con el propósito de tener un impacto trascendental en la conservación y gestión de este valioso ecosistema. La aplicación de la técnica CCDC se

posiciona como una herramienta clave para ofrecer información actualizada y precisa que oriente decisiones fundamentadas sobre la gestión y el ordenamiento del páramo, abarcando diversos ámbitos de impacto y alcance.

En primer lugar, el impacto ambiental de esta investigación se vislumbra como una contribución esencial para la conservación del Páramo de Guerrero, al identificar áreas sensibles y prioritarias para la protección de su biodiversidad única. La zonificación actualizada derivada de este estudio permitirá implementar prácticas de manejo más efectivas y mitigar impactos negativos en el ecosistema, como la expansión de actividades agrícolas no sostenibles.

En el aspecto social, se anticipa que la conservación y el manejo sostenible del páramo tendrán un impacto positivo en la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades locales, al promover prácticas agrícolas sostenibles y garantizar la disponibilidad de recursos naturales para las generaciones futuras.

A nivel de toma de decisiones, los resultados obtenidos se convertirán en un recurso invaluable para informar políticas y estrategias de planificación territorial y ambiental en Subachoque y sus alrededores. Tanto la Corporación Autónoma Regional (CAR) como las autoridades locales dispondrán de datos actualizados y científicamente respaldados, lo que fortalecerá la capacidad de adoptar decisiones informadas y efectivas.

En cuanto a los beneficios a largo plazo, se espera que las mejoras en la conservación de la biodiversidad y la calidad del agua perduren a lo largo de las generaciones, contribuyendo a un entorno más saludable y sostenible. Al identificar áreas críticas para la conservación, mejorar la gestión del agua y proporcionar datos sólidos para la toma de decisiones, este proyecto dejará una huella duradera en la región, fomentando la sostenibilidad y la preservación de este ecosistema único y sus beneficios para la sociedad.

2.7.2 Limitaciones

Al recopilar información necesaria para este proyecto, se enfrentó limitaciones que se pueden dividir en dos categorías: restricciones en el campo durante la obtención de datos y limitaciones técnicas y operativas en la oficina durante el análisis y procesamiento de la información recolectada. Estas limitaciones han sido factores cruciales que han influido en el desarrollo del estudio y han requerido un enfoque estratégico para superarlas.

En primer lugar, las limitaciones en el campo han representado desafíos significativos. Una de las principales dificultades ha sido la negativa ocasional por parte de la comunidad para permitir el acceso a sus predios, recopilar información o participar en encuestas. Esta actitud ha impactado directamente en la disponibilidad de datos relevantes, requiriendo un esfuerzo adicional para establecer relaciones de confianza y colaboración con la comunidad local.

Además, el acceso al área de estudio se ha visto obstaculizado por condiciones desfavorables de las vías o incluso su ausencia, lo que ha afectado la eficiencia y efectividad de la recopilación de información en terreno. Las limitaciones de tiempo y las condiciones climáticas adversas también han sido desafíos importantes, especialmente en cuanto al traslado desde la capital hasta el municipio de Subachoque, lo que ha añadido complejidad a la gestión temporal del proyecto.

Por otro lado, las limitaciones técnicas y operativas en la oficina también han influido en el desarrollo del proyecto. La captura de información y la toma de coordenadas mediante aplicaciones móviles de baja precisión se han visto obstaculizadas por la mala o nula recepción de señal en determinadas áreas del terreno, lo que ha afectado la calidad de los datos recopilados.

Además, la complejidad geográfica del páramo de Guerrero, con su vasta extensión y características naturales intrincadas, ha generado demoras en la ejecución del cronograma inicialmente establecido. A pesar de los esfuerzos diligentes de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), encargada de esta labor, la magnitud del territorio ha contribuido a un tiempo de ejecución mayor al previsto.

A pesar de estas limitaciones, se han tomado medidas para desarrollar un plan de manejo ambiental integral que permita superar estos desafíos y garantizar la ejecución adecuada del proyecto. La identificación y consideración de estas limitaciones desde el inicio del proceso ha sido crucial para adaptar las estrategias de trabajo y maximizar la eficacia del estudio en el contexto específico del páramo de Guerrero.

3. MATERIALES Y ASPECTOS METODOLOGICOS

3.1 Materiales Y Aspectos Metodologicos

El desarrollo metodológico de este proyecto se estructuró en fases secuenciales con pasos, datos y procesos específicos, como se ilustra en la Tabla 1 que acompaña este documento. La metodología inicia con una fase preliminar dedicada al reconocimiento e investigación del área de estudio, combinada con la asimilación de conocimientos relevantes y la adquisición de habilidades necesarias para llevar a cabo los resultados previstos. La segunda fase se centra en la adquisición, recolección y preparación de datos primarios y secundarios esenciales tanto para la zonificación como para el análisis multitemporal, haciendo uso de la información satelital asignada.

La etapa final del proceso implica la ejecución de resultados mediante una herramienta que tiene Google Earth Engine utilizando modelos algorítmicos para la zonificación y clasificación de coberturas del suelo, respectivamente. Este último paso lleva a un análisis detallado basado en las salidas cartográficas de la Zonificación y el Régimen de usos del área de estudio correspondientes al año 2023, y en el Análisis Multitemporal del CPG entre 2012 y 2023 para la misma área mencionada. Este enfoque metodológico asegura una implementación sistemática y eficaz, permitiendo una comprensión profunda de la dinámica del área de estudio a lo largo del tiempo.

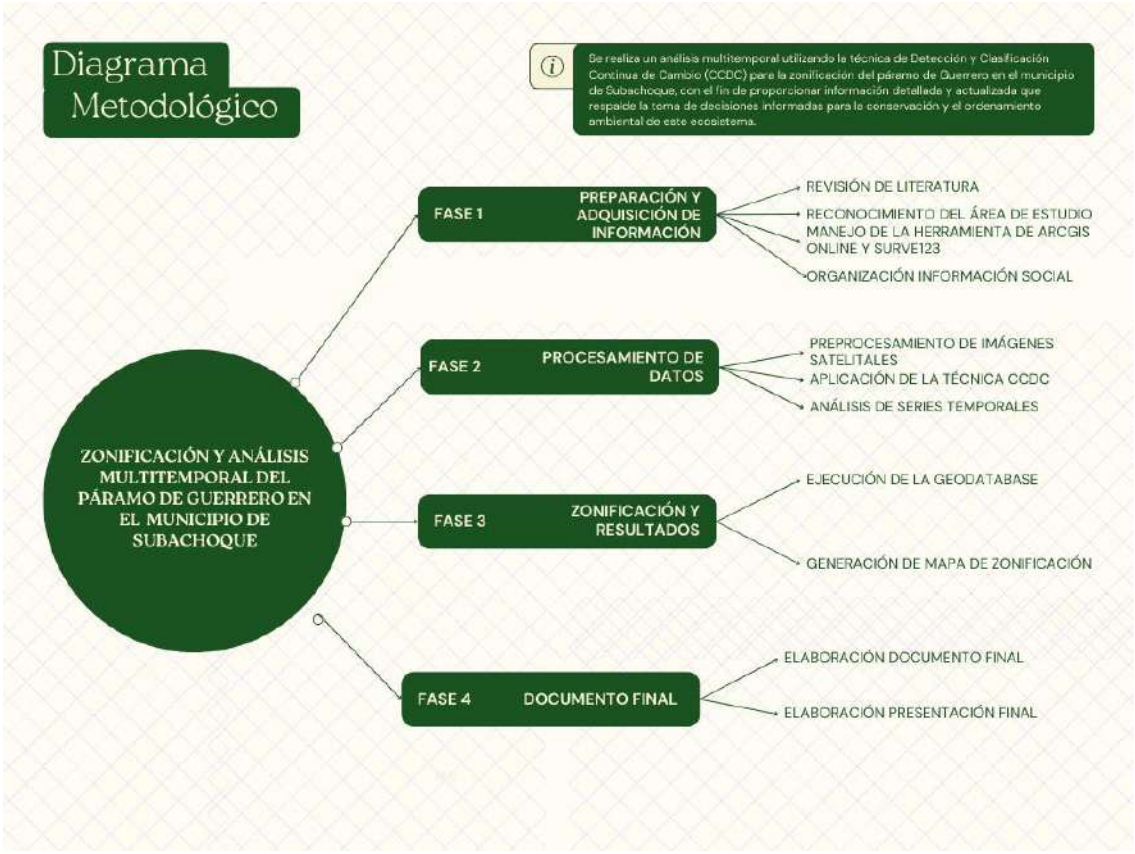


Tabla 1 Metodología.
Fuente: Elaboración propia

3.2 Fase I. Preparación y Adquisición de Información

3.2.1 Revisión de literatura

En la fase inicial de preparación y adquisición de información, la revisión de literatura es fundamental al establecer los fundamentos para comprender la dirección del estudio y anticipar un resultado de calidad. Es crucial examinar detenidamente las normas vigentes que rigen el ámbito de estudio y las funciones que se realizarán sobre él. Entre estas normas destacadas se incluyen el Artículo 79 de la Constitución Política de 1991 y la Ley 99 de 1993, que establecen la creación del Ministerio de Ambiente, organizan el Sistema Nacional Ambiental y definen el ordenamiento territorial de Colombia. Además, la Ley 1930 de 2018, también conocida como Ley de Páramos, dicta disposiciones para la gestión integral de estos ecosistemas en Colombia, procurando su integridad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento.

La normativa colombiana también incluye resoluciones específicas, como la Resolución 0886 de 2018, que adopta lineamientos para la zonificación y régimen de usos en áreas de páramos delimitados, y la Resolución 1769 de 2016, que delimita el Complejo Páramo de Guerrero bajo la jurisdicción de la CAR. Además, la Resolución 1294 establece lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias sostenibles en páramos, promoviendo la participación colectiva y considerando la influencia de las comunidades cercanas.

Estas normas y resoluciones proporcionan un marco legal y regulatorio para la gestión integral de los páramos, garantizando su conservación y sostenibilidad ambiental. Además, establecen directrices para programas de sustitución y reconversión de actividades agropecuarias, así como para el desarrollo de actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en estos ecosistemas.

En esta etapa de revisión de literatura, también es importante consultar documentos técnicos específicos, como el ET ESA del Complejo Páramo de Guerrero 2015, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Estos documentos proporcionan información detallada sobre la geografía, la biodiversidad y otros aspectos relevantes de los páramos, lo que contribuye a una comprensión más profunda del área de estudio.

Además de revisar la normativa vigente, es crucial llevar a cabo un reconocimiento del área de estudio utilizando herramientas como Google Earth Pro, mapas bases en ArcGIS Online y Google Earth Engine. Estas herramientas actúan como visores fundamentales que permiten visualizar y analizar la geografía y la cobertura del suelo del área de estudio. Además, se recurre a estudios e información secundaria para comprender el contexto social y determinar accesos preferentes que facilitarán la planificación de rutas durante las salidas de campo.

La revisión de literatura en la fase de preparación y adquisición de información da una base sólida para el estudio, al establecer el marco legal y regulatorio y al proporcionar información detallada sobre el área de estudio y su contexto socioambiental.

3.2.2 Reconocimiento área de estudio

En la Figura 2 muestra el mapa del área de estudio que son los datos proporcionados por las entidades territoriales responsables de la jurisdicción del Páramo de Guerrero, especialmente la CAR de Cundinamarca. Esta entidad suministra datos catastrales de los predios en la zona, así como información sobre coberturas del suelo a través de Corine Land Cover, pendientes, conflictos de uso del suelo, capacidad del suelo y drenajes, todo representado en cartografía especializada a escala 1:25. 000.También se recibe información cartográfica básica, como límites municipales, departamentales y veredales, de la misma escala.

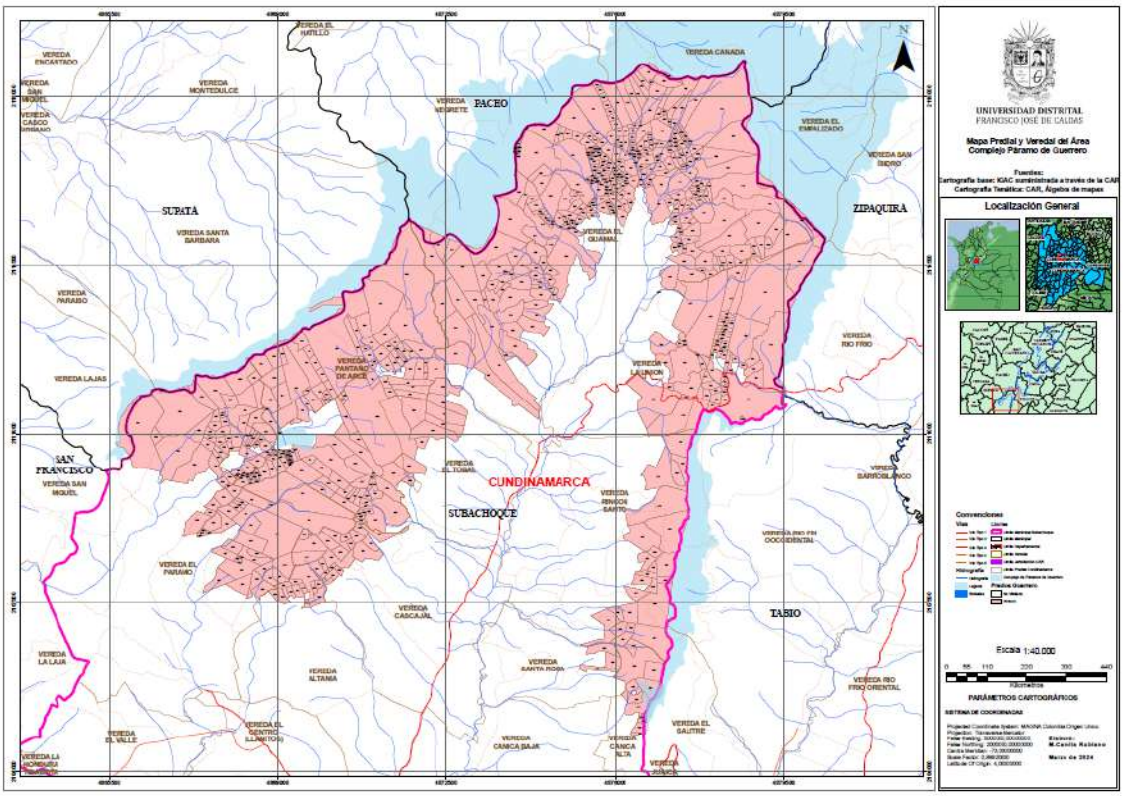


Figura 2. Mapa Predial y Veredal del Área de estudio CPG Subachoque 2023.

Fuente: Elaboración propia, datos suministrados por la CAR de Cundinamarca, con base a los datos abiertos del IGAC.

Es crucial resaltar que la información base suministrada por la CAR de Cundinamarca y la alcaldía municipal de Subachoque se obtuvo gracias a la consolidación de datos abiertos proporcionados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Al igual que con la información primaria, la información secundaria de cobertura y conflicto de uso del suelo se importa a una geodatabase para facilitar el proceso final de zonificación.

La *Figura 3* presenta un ejemplo ilustrativo del registro fotográfico y la visualización de un levantamiento en ArcGIS Online. Este ejemplo demuestra la capacidad de la plataforma para integrar datos geoespaciales con imágenes fotográficas, proporcionando una herramienta eficaz para la documentación y análisis de terrenos. La imagen muestra cómo ArcGIS Online permite superponer imágenes georreferenciadas sobre mapas digitales, lo que facilita la identificación de características específicas del terreno y su correlación con la información geoespacial. Esta funcionalidad es útil en aplicaciones como la cartografía, la planificación urbana, la gestión ambiental y la ingeniería, donde combinar datos visuales con información geoespacial permite una comprensión completa y detallada del entorno físico.



Figura 3. Ejemplo de registro fotográfico y visualización de levantamiento en ArcGIS Online.
Fuente: ArcGIS Online.

3.2.3 Manejo de la Herramienta de ArcGIS Online y Surve123

La obtención de información primaria en campo se simplifica significativamente gracias a la herramienta Survey123. Al georreferenciar los predios mediante la captura de puntos coordenados en un mapa, logramos registrar con facilidad y precisión el uso observado, como conservación, agropecuario, pasturas, agrícola, ganadería, mixto, turismo o minería. Además, se aprovecha las funcionalidades de la aplicación para detallar otras observaciones relevantes, como cuerpos de agua, deforestación y maquinaria tecnificada.

En el caso de viviendas, la ficha técnica de encuesta socioeconómica se ejecuta de manera eficiente con Survey123, evaluando el arraigo al predio y la dependencia para subsistir, gracias a la facilidad de registro de actividades heredadas y el tiempo dedicado.

La Figura 4 muestra cómo la herramienta Survey123 simplifica significativamente la obtención de información primaria en campo. Al utilizar esta aplicación, podemos georreferenciar los predios capturando puntos coordenados en un mapa, lo que nos permite registrar con facilidad y precisión el uso observado del terreno, como conservación, agropecuario, pasturas, agrícola, ganadería, mixto, turismo o minería. Además, aprovechamos las funcionalidades de Survey123 para detallar otras observaciones relevantes, como cuerpos de agua, deforestación y maquinaria tecnificada. En el caso de viviendas, la ficha técnica de encuesta socioeconómica se ejecuta de manera eficiente con Survey123, evaluando el arraigo al predio y la dependencia para subsistir, gracias a la facilidad de registro de actividades heredadas y el tiempo dedicado (Fuente: Survey123). Esta herramienta proporciona una solución completa y eficaz para la recolección de datos en campo, mejorando la precisión y la eficiencia en la recopilación de información geoespacial.

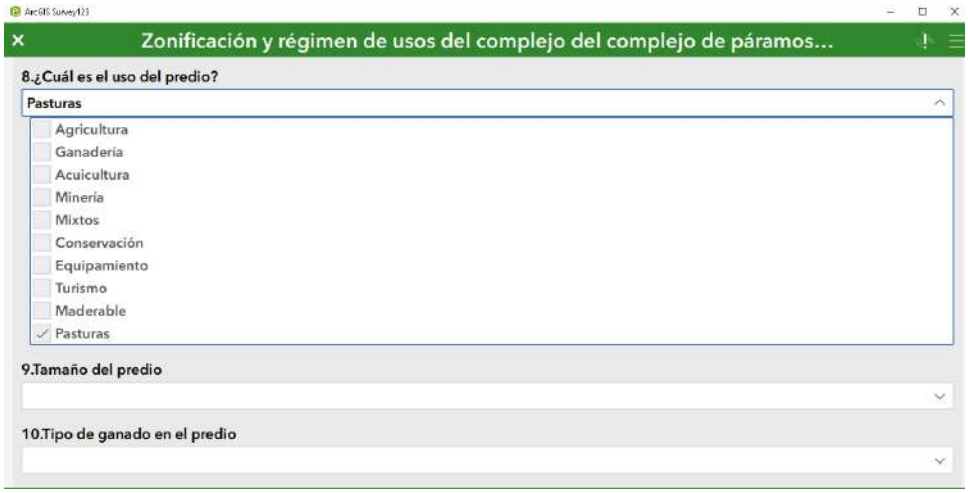


Figura 4. Visualización Ficha Técnica.
Fuente: Survey123

Para evitar confusiones, como se muestra en la Figura 5, se asignó un único nombramiento a cada predio mediante el número CAR, incorporando el nombre de la vereda correspondiente, optimizando así la organización de la información recolectada. En situaciones que involucran predios extensos, la versatilidad de Survey123 nos permite levantar múltiples puntos para obtener una descripción detallada de todas las observaciones en el área.



Figura 5. Visualización Ficha Técnica.
Fuente: Survey123

En el proceso de captura de información, se aprovechó la versatilidad de Survey123 y ArcGIS Online para garantizar la precisión y eficacia en la adquisición de datos geoespaciales. A través del aprendizaje detallado de estas herramientas, se perfeccionó la recopilación de información tanto física como socioeconómica. Al crear un mapa en Línea desde ArcGIS Online se unificó el formulario de Survey123, facilitando la adquisición de datos offline, permitiendo la captura de información en campo de manera precisa y eficiente. En la Tabla 6 se ve utilizando formularios personalizados, recopilando datos georreferenciados, optimizando así la representación cartográfica de la información física y catastral del territorio.



Figura 6. Visualización Ficha Técnica.
Fuente: Survey123

Además, ArcGIS Online se ha convertido en un pilar esencial para procesar información satelital y crear mapas detallados. Con esta herramienta, se logró visualizar y analizar la

información capturada en tiempo real, mejorando la toma de decisiones. La integración de estas tecnologías no solo ha optimizado la captura de datos, sino que también fortaleció la generación de informes y presentaciones mediante la incorporación de datos geoespaciales. En resumen, la combinación de Survey123 y ArcGIS Online ha potenciado la capacidad para adquirir, analizar y presentar información de manera precisa y eficiente en nuestro estudio del área de interés.



Figura 7. ArcGIS Online
Fuente: ArcGIS Online

El diligenciamiento de fichas técnicas se observa en cada banderín que posee cada predio en la imagen de la figura 7 logrando evidenciar el registro y control de su visita o captura por satélite. Siendo esta aplicación esencial para la recolección y organización eficiente de información social recopilada en campo.

A través de encuestas cuidadosamente diseñadas, se capturó datos relevantes que serán integrados en una base de datos matriz. En este archivo central se fusionó la información catastral y social recolectada en campo, junto con los datos secundarios proporcionados por los entes territoriales como el IGAC y la CAR de Cundinamarca. Survey123 no solo facilitó la captura precisa de datos sociales, sino que también agilizó el proceso de creación de una base de datos unificada, asegurando la integridad y coherencia de la información recolectada en nuestro estudio del área de interés.

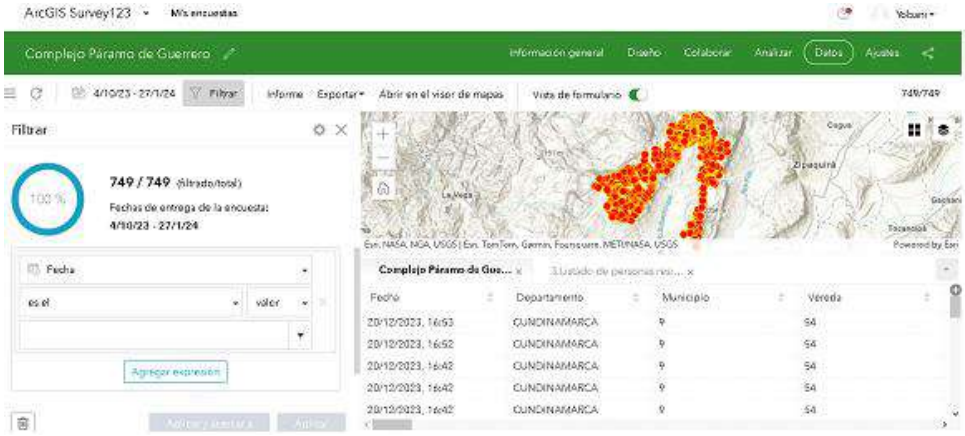


Figura 8. Visualización Datos en Survey
Fuente: Survey123

Dada la metodología de recolección de información primaria, como se muestra en la Figura 8 se procedió a construir las bases de datos durante las visitas en campo, abordando cada predio individualmente. Por la temporada electoral, no se pudieron realizar reuniones de concertación con la comunidad.

Esta decisión se tomó con la intención de evitar la politización de las visitas y garantizar la objetividad del proceso. Aunque no podía realizar reuniones previas, en las visitas al capturar datos se buscó asegurar que la comunidad comprenda plenamente el proceso, la normativa que lo respalda y permitir la validación específica de la información recopilada hasta ahora.

Al concluir la recopilación de información en toda el área de estudio, se inicia el proceso de consolidación y preparación de los datos esenciales para la zonificación en bases de datos matriz de tipo espacial alfanumérico. A diferencia del uso de archivos KMZ, que inicialmente se consideraron, el enfoque adoptado con Survey123 y ArcGIS Online ha eliminado la necesidad de almacenar puntos en este formato. No obstante, la información recopilada a través de estas aplicaciones sigue siendo accesible y visualizable por otros funcionarios de la CAR de Cundinamarca y/o terceros autorizados.

Luego se consolidó y verificó la base de datos, centrados en el uso actual del suelo, como se ilustra en la figura 9 Este proceso garantizó la integridad de los datos antes de su exportación a una Geodatabase, asegurando la calidad y coherencia necesarias para llevar a cabo el siguiente geo proceso con eficacia.

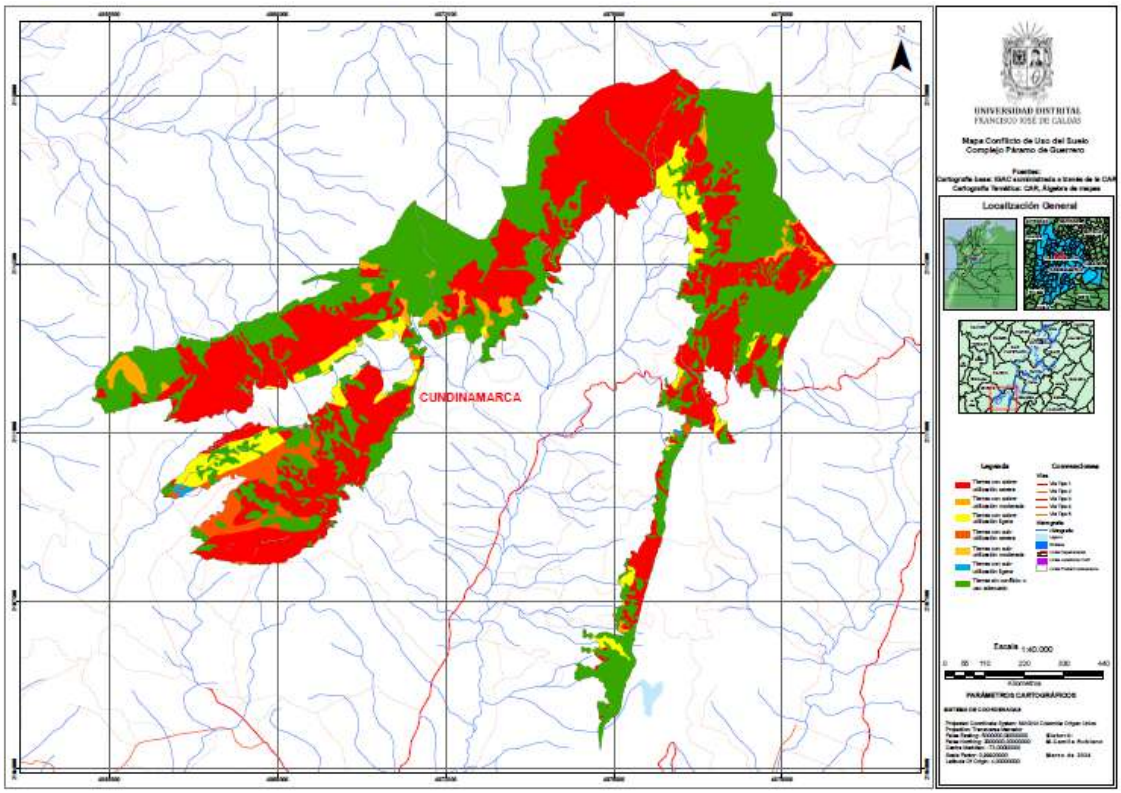


Figura 9. Mapa del Conflicto de Uso del Suelo
Fuente: Elaboración propia, datos suministrados por la CAR de Cundinamarca, con datos abiertos del IGAC.

En la etapa final, se concentra en la investigación especializada para llevar a cabo un análisis multitemporal, destacando la utilización de la herramienta Google Earth Engine (GEE) con la herramienta CCDC. A través de la revisión de artículos científicos, tesis y otras fuentes académicas. Con énfasis en GEE CCDC se exploran índices y algoritmos esenciales para rasterizar la información, así como las opciones de clasificación de cobertura del suelo. Este enfoque informado garantizó un análisis multitemporal de alta calidad, adaptado específicamente a las necesidades de nuestro estudio en el área de interés.

3.2.4 Organización información social

La recopilación de información primaria social se efectuó a través de la aplicación de una ficha socioeconómica, que contribuye a la creación de una matriz social respaldada por el equipo DGOAT. Esta matriz comprende datos fundamentales, como la vereda, el código CAR y los detalles personales del poseedor del predio, incluyendo cédula, teléfono y estado civil. Asimismo, se registra el nombre del predio o dirección, características del arraigo, detalles sobre los habitantes del predio, características de la vivienda, aspectos económicos relevantes, y se incluye una fotografía de la visita, junto con la firma del propietario (Anexo 1).

Vereda	Numero Predial	Coordenadas		Nombre predio	Nombre quien atiende	Nombre Propietario	Subdivisión					
		X	Y				Numero Dueño	Cédula	Teléfono	Sexo	Estado Civil	Nombre del Predio

Tabla 2. Matriz socioeconómica.
Fuente: Elaboración propia.

Cuando se registra esta información Socioeconómica como se muestra en la Tabla 2, se determina el nivel de arraigo y dependencia de cada entrevistado. Este paso es crucial para identificar la vulnerabilidad y sus criterios que se presentan en la Tabla 3, que será fundamental en la elaboración de la zonificación.

Vulnerabilidad	Criterio	Puntaje	Rango
Alta	Familias que viven en el páramo.	4	16 a 20 Puntos
	Han estado allí por al menos dos generaciones.	4	
	Dependen de la tierra para ganar dinero.	4	
	Ganan menos de la cantidad establecida por el salario mínimo.	4	
	La familia es la principal fuerza laboral en la tierra.	4	
Media - Alta	Familias que viven cerca del páramo.	3	11 a 15 Puntos
	Han estado en el páramo por al menos dos generaciones.	3	
	Dependen en parte de la tierra en el páramo para ganar dinero.	3	
	Ganan menos de la cantidad establecida por el salario mínimo.	3	
	La familia es la principal fuerza laboral en la tierra.	3	
Media - Baja	Familias que no viven directamente en el páramo.	2	6 a 10 Puntos
	Usan la tierra para cultivar y criar animales, empleando a otras familias con menos dinero.	2	
	Tienen otras formas de ganar dinero además de la tierra.	2	
	No están tan conectadas al lugar, máximo dos generaciones han estado allí.	2	
	Tienen más dinero para invertir que las otras dos situaciones, y a menudo alquilan la tierra a otras personas.	2	
Baja o Nula	Este trabajo lo hacen personas de afuera del lugar.	1	0 a 5 Puntos

	Alquilan la tierra por un tiempo para cultivar y criar animales.	1
	Deciden invertir según lo que la gente quiere comprar.	1
	No están muy conectados con la zona.	1
	Ganan dinero de diferentes lugares, no solo de la tierra en el páramo.	1

Tabla 3. Criterios determinación vulnerabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el procedimiento anteriormente expuesto nos arroja un puntaje el cual clasifica la vulnerabilidad del predio en Alta, medio alta, medio baja, baja-nula de este modo se consigna tanto en la matriz socioeconómica como en la base de datos espaciales.

Se destaca que no se pudo analizar la vulnerabilidad por limitaciones en las visitas. Estas limitaciones incluyen condiciones climáticas adversas, restricciones de tiempo, dificultades de acceso al predio y la ausencia del propietario durante la recopilación de datos para completar la ficha técnica. En consecuencia, solo se presenta la tabla y la descripción del cálculo de la vulnerabilidad como referencia.

3.3 Fase II. Procesamiento de Datos

3.3.1 Clasificar segmentos del modelo

Ejecutaremos la detección y clasificación de cambios continuos (CCDC) en el motor de Google Earth. Para empezar, se usó la aplicación para clasificar segmentos del modelo ccdc utilizando los datos del área de estudio.

Para clasificar los segmentos del modelo CCDC utilizando datos de entrenamiento categóricos. Esta herramienta facilita el proceso de clasificación de los segmentos de modelo obtenidos mediante el algoritmo Continuous Change Detection and Classification (CCDC) en Google Earth Engine. Se Puede acceder a la aplicación a través del siguiente enlace previamente registrado en la plataforma de Google Earth Engine: Enlace a la aplicación

Cuando ejecutamos el código de la aplicación, se muestra una pantalla como muestra la Figura 10:

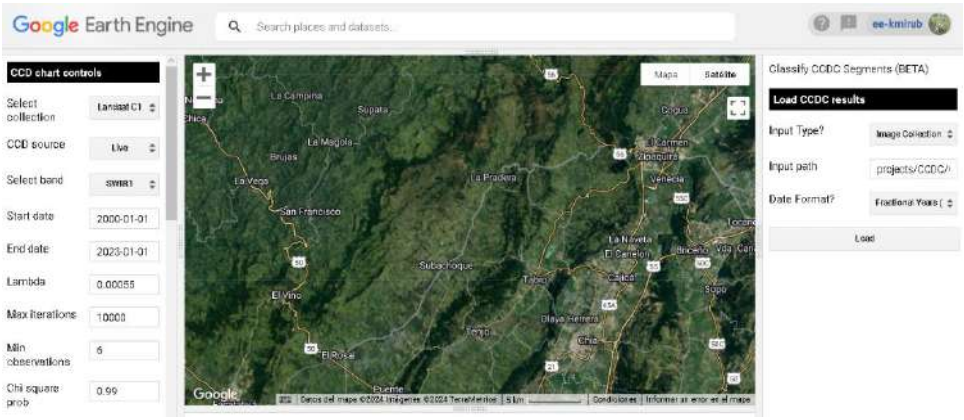


Figura 10 CCDC - Modelo clasificación de segmentos
Fuente Google Earth Engine

Lo primero que se debe hacer es cargar los coeficientes calculados previamente y cambiar la información, en este caso, en el área de estudio.

Se pega la ruta de entrada mostrada en la Figura 11, en el recuadro superior derecho y se da en ejecutar usando los años fraccionados para el formato de fecha o se puede dejar así.

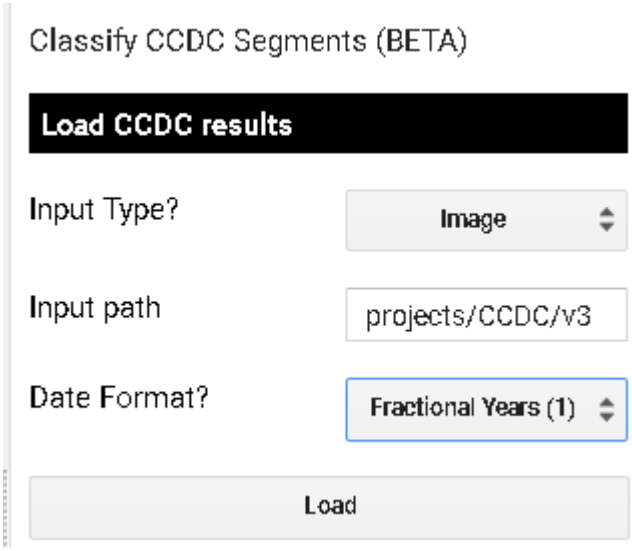


Figura 11. Cargar Coeficientes
Fuente Google Earth Engine

Cuando se da clic en Load (cargar), entrará en el archivo de resultados y determinará cuales fueron las bandas de entrada utilizadas como coeficientes y los mostrará en estas casillas de verificación. Por lo que se tiene la opción de especificar qué bandas, datos auxiliares y coeficientes usar para la clasificación y luego qué clasificador (Figura 12).

En el momento solo tiene 3 clasificadores:

- Máquina de vectores de soporte
- Bosque aleatorio
- Distancia euclidiana.

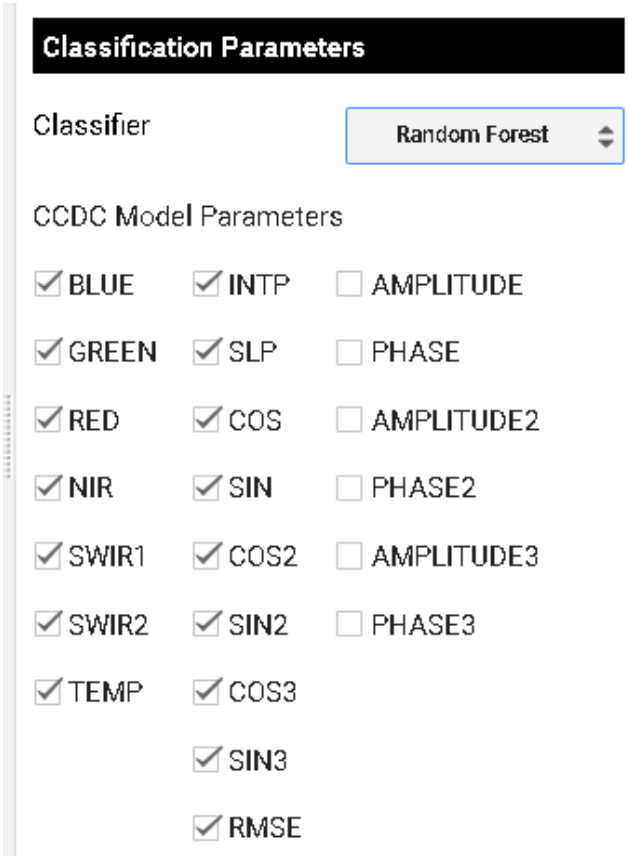


Figura 12. Parámetros de clasificación
Fuente Google Earth Engine

Se procede a definir la región de estudio manualmente haciendo clic en cinco puntos en el mapa que definen los límites Figura 13..

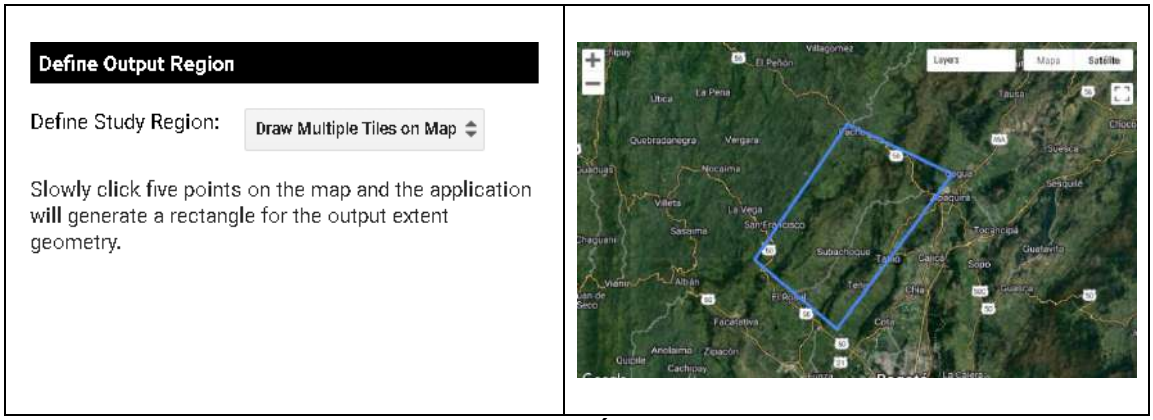


Figura 13. Definir Área de estudio
Fuente Google Earth Engine

Posteriormente se define la estrategia de datos de entrenamiento (Figura 14); Los datos de entrenamiento requieren que cada punto tenga un atributo que identifique la etiqueta de cobertura terrestre y también debe corresponder a un año específico para el entrenamiento. Utilizar solo los puntos que se encuentran dentro de la región de estudio. Luego se debe especificar cuál es el atributo que contiene la etiqueta de cobertura terrestre y para este conjunto de datos es *Landcover* , finalmente en que año corresponden las etiquetas.

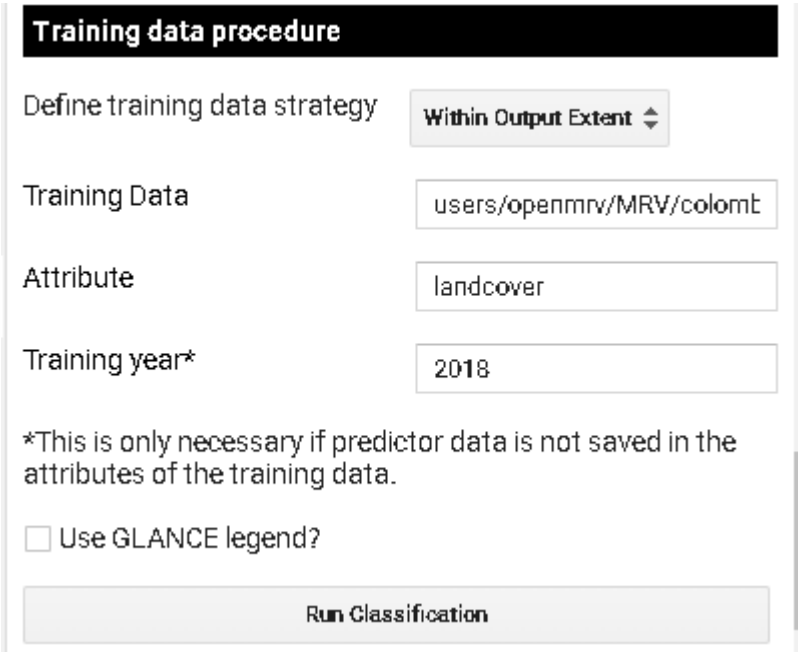


Figura 14. Datos de entrenamiento
Fuente Google Earth Engine

Cuando se hace clic en ejecutar clasificación, lo que estamos haciendo es clasificar cada uno de los segmentos del modelo CCDC.

Se da una personalización a una sola banda o visualización en escala de grises, seleccionando la banda de *clasificacion1*. Se configura 4 coberturas terrestres y ponemos en la paleta de colores el orden de coberturas terrestres que se desea visualizar, en este caso verde para bosque, azul para el agua, amarillo para la vegetación y negro para desarrollo o construcciones Figura 15.

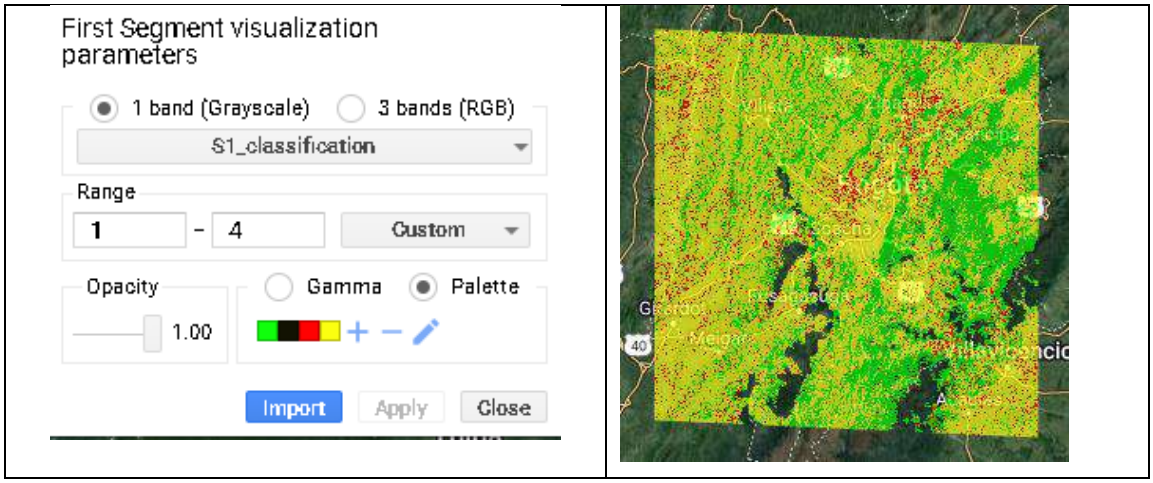


Figura 15. Segmento de Clasificación
Fuente Google Earth Engine

6.2.2 Modelo de cobertura terrestre y cambios de cobertura terrestre.

La aplicación "Land Cover and Land Cove Change" para la creación de mapas de cobertura terrestre y cambios en la cobertura terrestre. Esta herramienta permite generar mapas detallados que muestran la distribución y los cambios en la cobertura terrestre a lo largo del tiempo. Puedes acceder a la aplicación a través del siguiente enlace: Enlace a la aplicación

Se demuestra la aplicación de cobertura terrestre y cambios de cobertura terrestre para crear mapas de cobertura en fechas específicas, además de mapas de cambio.
Se hizo una clasificación para cada segmento del modelo, pero en este caso con esta aplicación filtraremos las clasificaciones de segmentos para crear un mapa en el que la clasificación de cada píxel sea para una fecha específica en lugar de un segmento de modelo.

Cuando se ejecute la aplicación se ve una pantalla como esta

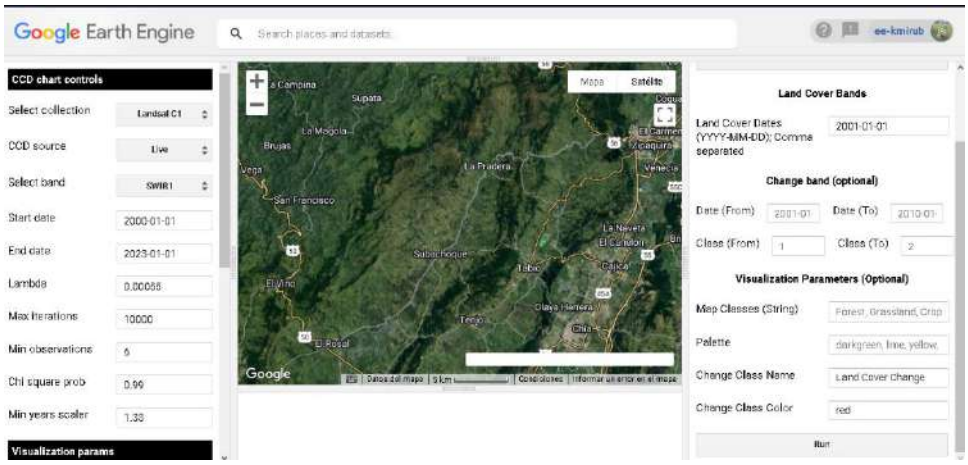


Figura 16. API Modelo de cobertura terrestre
Fuente Google Earth Engine

El único cuadro que se debe completar es la ruta al archivo creado en la aplicación de clasificación de cobertura terrestre, que es la pila de clasificaciones de segmentos, ubicado en la esquina superior derecha. Cuando se da clic para ejecutar, se despliegan unas opciones que se completan solo con una nota rápida sobre esta clasificación de segmentos.
Se debe exportar en la aplicación de clasificación de cobertura terrestre, con información en los metadatos, incluidos los coeficientes de cambio o los coeficientes ccdc y parte del formato de imagen.

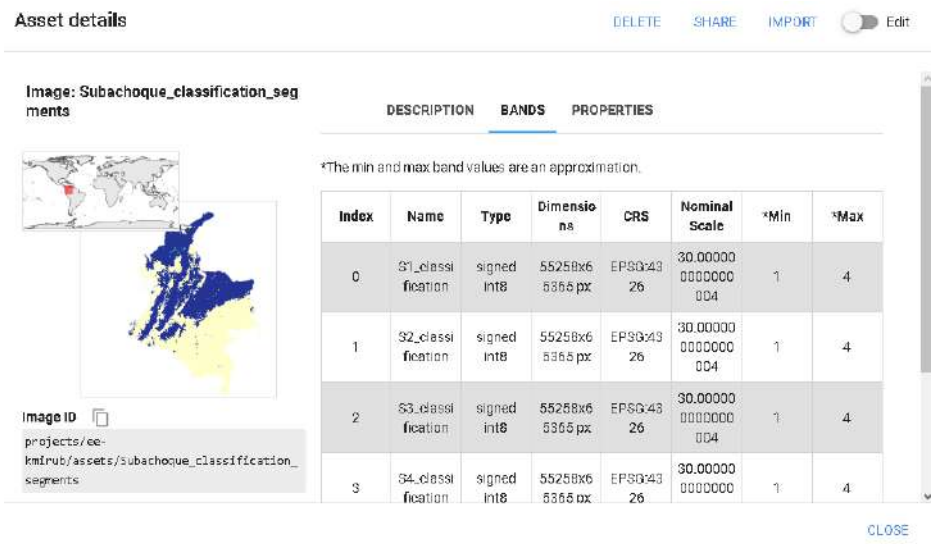


Figura 17. Metadatos de la clasificación segmentada
Fuente Google Earth Engine

Se ejecutan en esta aplicación de cobertura terrestre para que pueda leer correctamente los resultados y usar la información de cobertura apropiada para el filtrado de fechas.

Después de cargarlo, las únicas opciones que tiene tienen que ver con las fechas que desea y opcionalmente que clases de cambio desea crear. Para crear capas de clasificación de cobertura terrestre que datan diferentes fechas, simplemente se ingresa las fechas en este cuadro y de manera predeterminada, se ingresa la fecha del 1 de enero de 1985, luego se puede ingresar cualquier fecha dentro de su periodo de estudio y creara una banda adicional en la salida para la clasificación de esa fecha. Así que la separamos por comas y la última fecha que sería 1 enero de 2024.



Figura 18. Fecha Cobertura Terrestre
Fuente Google Earth Engine

Cuando se ejecuta esto, una de las 4 capas de salida serán clasificaciones para cada una de las fechas escritas previamente. (Figura 19).
Al ejecutar eso se verá que el mapa se mueve al área que hemos estado trabajando y vera que se agregan un par de capas, esta clasificación para cada uno de estos estados y luego se agrega una sombra de colina en la parte superior con solo transparencia parcial para que le dé un poco de contexto a las imágenes, Pero se puede desactivar si lo desea.

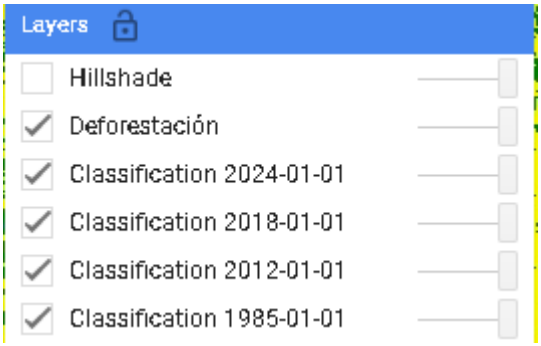


Figura 19. Layers
Fuente Google Earth Engine

Como no se le dijo a la aplicación cuáles son las diferentes etiquetas de clasificación, los valores de pixel, solo elige una paleta de colores aleatoria. Opcionalmente en los parámetros de visualización podemos darle una leyenda; las clases que le pondremos será: Bosque, agua, vegetación herbácea y desarrollo(construcciones). Luego también se le puede dar los colores para cada una de esas etiquetas, así que serán: verde oscuro para el bosque, azul para el agua, amarillo para la vegetación y gris para el desarrollo (Figura 20). Posteriormente se dará clic para ejecutar nuevamente y veremos hora una leyenda agregada al mapa junto con las clases con el estilo correspondiente.

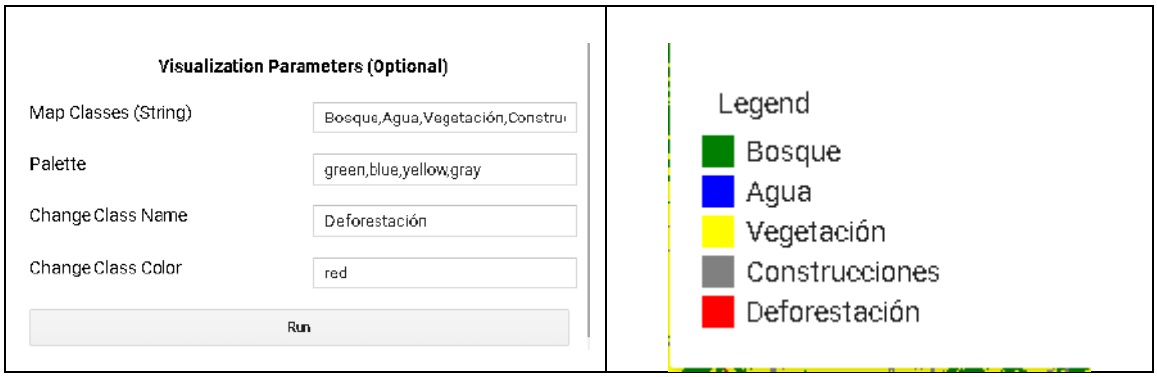


Figura 20. Parámetros de Visualización
Fuente Google Earth Engine

Lo último que se puede hacer con esta aplicación es crear mapas de cambio, por lo que en esta sección se agrega una banda de cambio opcional. Por lo que primero se debe especificar la fecha entre las fechas de inicio y finalización para calcular el cambio.
Esto calculará el cambio de cobertura el suelo entre estos dos periodos de tiempo. Los siguientes son para decirle a la API que clases calcular entre el cambio de estas fechas.
Si se pone el numero 1 en el cuadro de origen y luego se pone el numero 2, 3 y 4 en el segundo cuadro, esto hace que un cálculo entre las fechas seleccionadas y se muestre el cambio entre el bosque a cualquier otra clase. (Figura 21)

Es decir, si se quiere evidenciar un cambio en la vegetación, con respecto al Bosque, solo pondríamos el 3 en la siguiente casilla dejando la primera casilla intacta. En este caso la comparación la haremos con las tres clases:

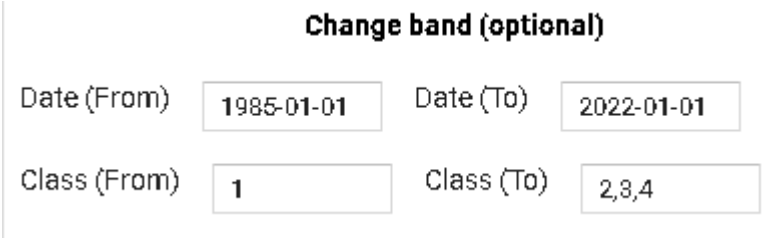


Figura 21. Cambio de banda
Fuente Google Earth Engine

También se puede hacer a la inversa, donde hay crecimiento forestal o la reconversión de una clase no forestal a bosque. entonces la clase de origen sería: 2,3,4 y la siguiente clase seria 1 para bosque, de esta manera:

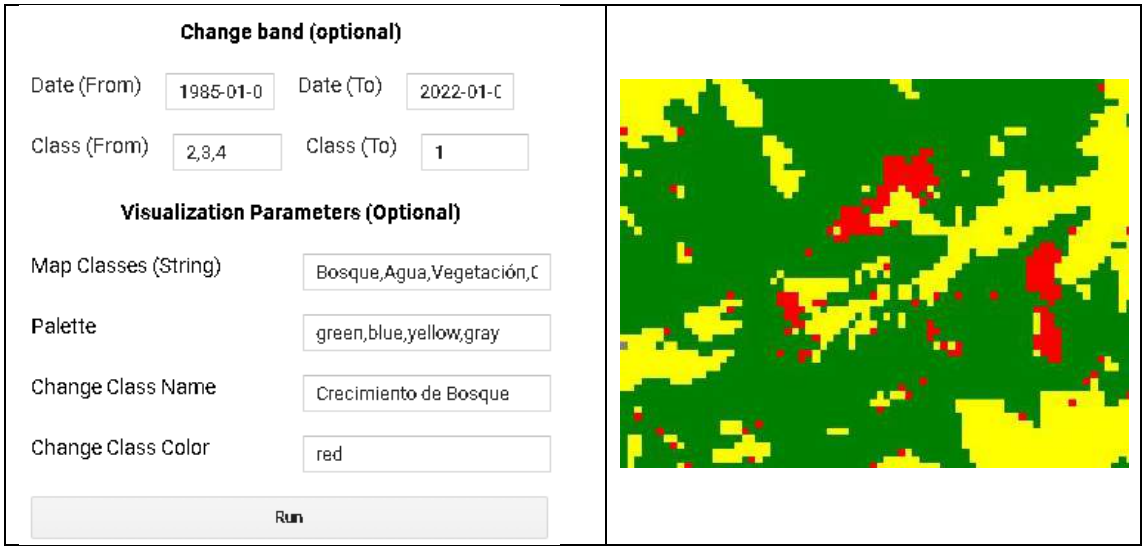


Figura 22. Cambio de banda 2
Fuente Google Earth Engine

Así que ahora estos pixeles rojos que muestra la figura 22 son para los que se asignan como crecimiento del bosque. Podemos hacer esto con cualquier clase de las leyendas.

Esto generar una imagen de múltiples bandas para cada una de las clasificaciones de cobertura terrestre y luego una banda de cambio de acuerdo con lo que se especifique en el periodo de tiempo.

Aquí podemos evidenciar el visor de serie de tiempo simple; cuando clicamos en un área del mapa, aparece un panel en la parte inferior para mirar el archivo histórico de Landsat, además del CCDC adecuado para la trayectoria de pixeles de esa ubicación.

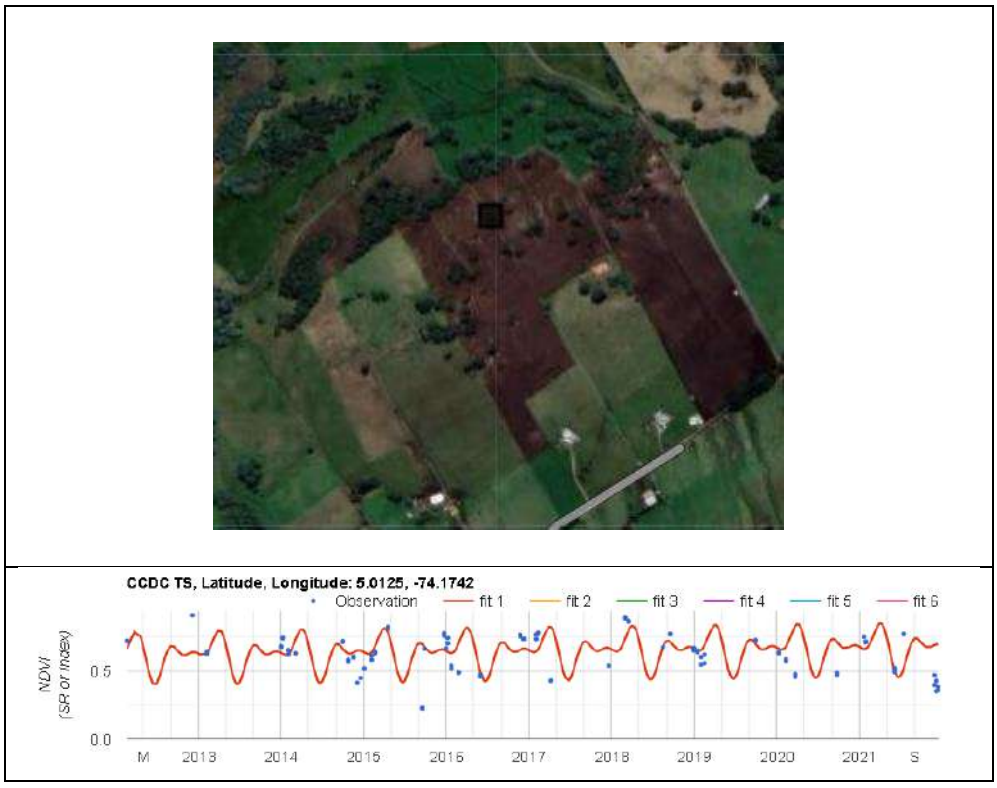


Figura 23. Ejemplo Serie de Tiempo
Fuente Google Earth Engine

Básicamente se navega a algún lugar del mapa y se le da un clic, aparece un recuadro en negro donde se empieza a cargar el procesamiento, consultando el archivo landsat de Google Earth Engine e intentando extraer la serie de tiempo determinada para esa observación.

En la Figura 23 se ve para ese gráfico una trayectoria de la serie de tiempo para ese píxel. Los puntos azules son las observaciones Landsat y luego la línea roja es el modelo armónico ccdc que se ajusta solo para esta banda.

Se observa un poco de estacionalidad; Se ha capturado bastante bien con el ajuste ccdc. Reconstruyendo con el tiempo los datos gracias a la API CCDC. Durante este periodo de año es bastante estable, no hay signos obvios de cambio más que el suelo de agricultura evidenciando cambios entre pastura y agricultura cada 6 meses en el año.

3.4 Fase III Zonificación y Resultados

3.4.1 Ejecución de la Geodatabase

En relación con los datos sobre la utilización y cobertura del suelo, empleando la metodología Corine Land Cover con un nivel de especificidad tres, se identificaron aproximadamente 14 tipos de coberturas en el área de investigación.

Tras recoger los datos esenciales, se registra el uso actual del suelo identificado en el campo, la cobertura del suelo a nivel 3 según CLC, y el conflicto de uso del suelo, todos a escalas 1:25000. Estos datos se almacenan de manera organizada en una geodatabase (GDB), que no solo contiene la información principal, sino también datos complementarios relevantes como límites, departamentos, municipios, y otra información cartográfica básica.

Con la GDB completamente alimentada, se inicia el proceso de zonificación para los 744 predios en el municipio de Subachoque, que constituye el área de estudio. Este proceso se lleva a cabo siguiendo la metodología diseñada por la CAR de Cundinamarca. La zonificación se determina como un resultado de un análisis multicriterio, utilizando la superposición ponderada de las capas de usos actuales, conflicto de uso del suelo y cobertura del suelo. Este proceso se realiza mediante el uso de Model Builder, una herramienta dentro de ArcGIS Pro que permite diseñar y ejecutar flujos de trabajo geoespaciales de manera visual. Se sigue la metodología diseñada por la CAR de Cundinamarca, utilizando la superposición ponderada de las capas.

A continuación, se procede al rasterizado de las capas vectoriales de Cuerpos de Agua, pendientes, uso actual, conflicto de uso del suelo y cobertura (Figura 24). Esta tarea se realiza específicamente en Model Builder utilizando la herramienta Feature to Raster en ArcGIS Pro. Esta herramienta convierte las capas vectoriales en capas ráster, generando nuevas representaciones espaciales basadas en los atributos de cada capa.

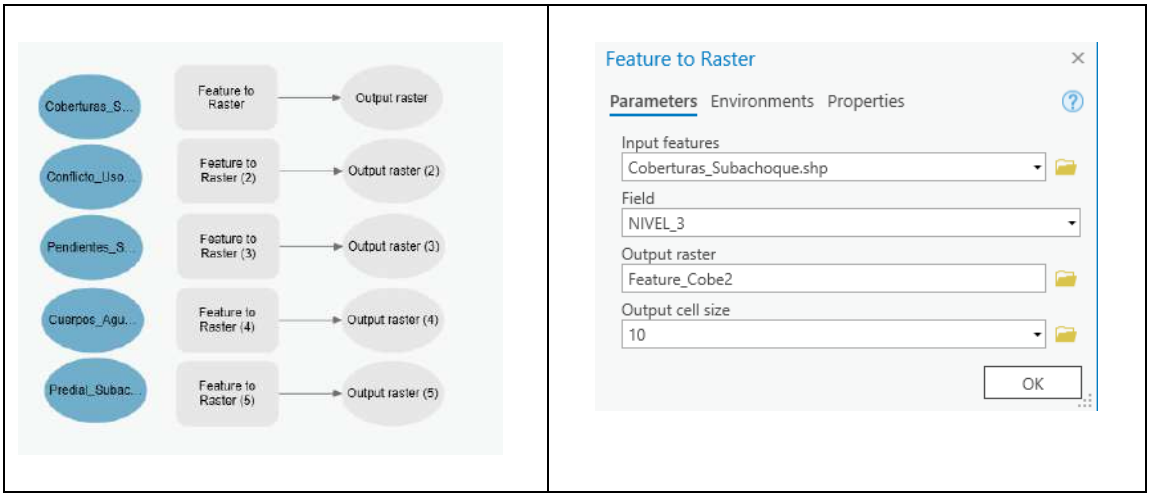


Figura 24. Herramienta Feature to Raster.
Fuente: Interfaz ArcGIS Pro.

En el siguiente paso, se procede a la reclasificación de valores para las tres capas rasterizadas. (Figura 25) Este proceso, al igual que en el paso anterior, se realiza utilizando una herramienta de ArcGIS Pro llamada Reclassify. La finalidad de esta herramienta es reemplazar los valores descriptivos alfabéticos por valores numéricos, facilitando así la superposición ponderada en cinco rangos o clasificaciones.

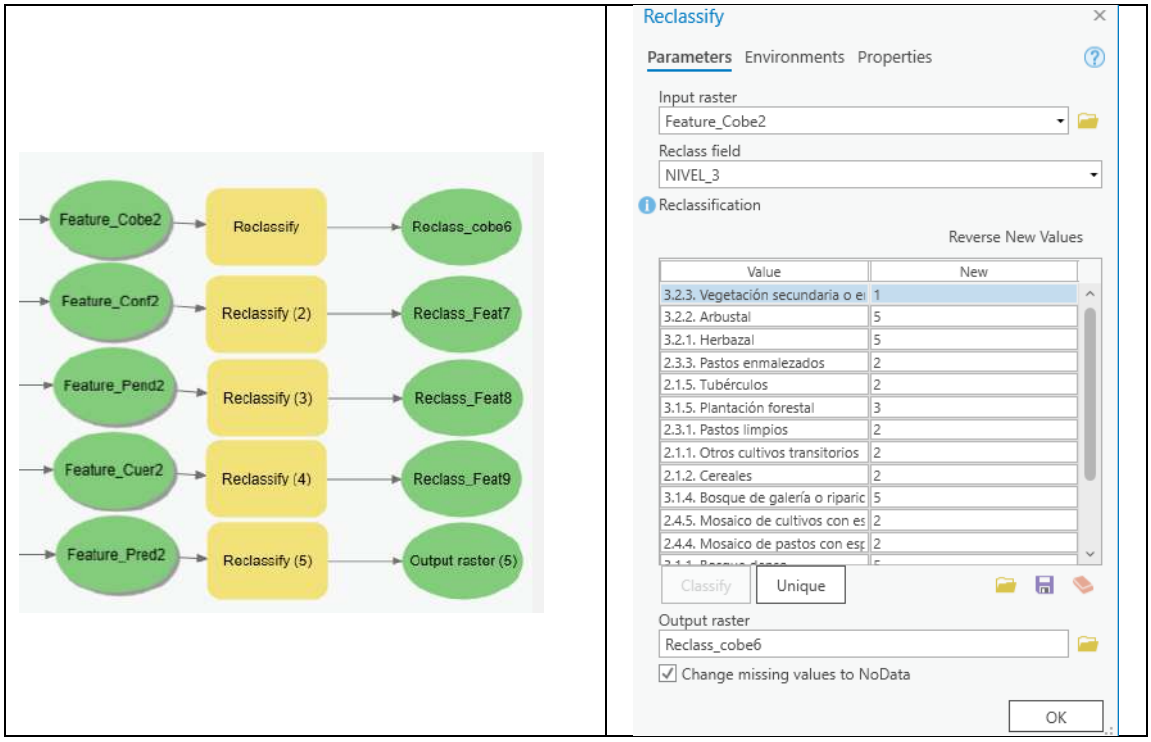


Figura 25. Herramienta Reclassify
Fuente: Interfaz ArcGIS Pro.

La leyenda utilizada para el ejercicio específico en el complejo de páramos de Guerrero, basada en la clasificación Corine, abarca varios tipos de coberturas. Por lo tanto, era necesario agrupar algunos de estos tipos en niveles para facilitar su interpretación durante la zonificación.

Esta metodología fue revisada y aprobada por los profesionales de la Comisión Conjunta del Corredor de Ecosistemas Estratégicos de la Región Central de la Cordillera Oriental (CEERCCO). Se acordó asignar un valor a cada cobertura presente en el páramo, para asignarles un peso adecuado.

En la Tabla 4 se muestra el criterio asociado a cada uno de los niveles que posteriormente se asignarían a los tipos de coberturas presentes:

- Nivel 1: Coberturas altamente relacionadas con la infraestructura humana, con poca o ninguna presencia de vegetación natural.
- Nivel 2: Coberturas asociadas a actividades productivas o con una fuerte intervención humana en los suelos de páramo.

- Nivel 3: Coberturas no necesariamente asociadas a los ecosistemas de páramo, con intervenciones humanas mínimas o plantaciones de diferentes especies.
- Nivel 4: Coberturas con vegetación secundaria en transición o fragmentadas, con mínima intervención humana.
- Nivel 5: Coberturas asociadas a ecosistemas de páramo, incluyendo individuos, grupos o áreas fragmentadas con vegetación exclusiva de los páramos y cuerpos de agua.

Coberturas	Área (Ha)	%	Ponderación
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	4,90	0,10%	1
2.1.1. Otros cultivos transitorios	15,73	0,31%	2
2.1.2. Cereales	2,04	0,04%	2
2.1.5. Tubérculos	635,24	12,60%	2
2.3.1. Pastos limpios	2.040,57	40,46%	2
2.3.3. Pastos enmalezados	191,65	3,80%	2
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	19,53	0,39%	2
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	19,24	0,38%	2
3.1.1. Bosque denso	0,43	0,01%	5
3.1.4. Bosque de galería o ripario	158,41	3,14%	5
3.1.5. Plantación forestal	106,43	2,11%	3
3.2.1. Herbazal	887,72	17,60%	5
3.2.2. Arbustal	692,40	13,73%	5

Tabla 4. Valores de Cobertura de Uso del Suelo.
Fuente: Elaboración propia.

Una etapa crucial en el proceso es la de reclasificación de las capas raster. Este paso implica asignar ponderaciones o pesos a cada uno de los rangos presentes en los tres parámetros principales: coberturas, conflicto de uso y uso actual. Durante esta asignación de valores, se otorga mayor peso a aquellos rangos que reflejan un mayor estado de conservación o una menor intervención humana. Por el contrario, se asignan valores más bajos a las categorías que sugieren un deterioro ambiental significativo o una fuerte intervención humana.

En cuanto a los conflictos de uso, se adoptan los 8 niveles sugeridos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para el territorio colombiano. Cada nivel recibe una asignación de valor del 1 al 8, donde el valor más alto (8) indica un uso adecuado del suelo, en línea con su vocación natural, mientras que el valor más bajo (1) denota un uso inadecuado. Este enfoque proporciona una base sólida para la evaluación y priorización de las áreas en estudio, permitiendo una toma de decisiones más informada en materia de

gestión del territorio. Sin embargo, para este trabajo se utilizaron hasta los 7 valores que posee el municipio como se muestra en la siguiente tabla 5 :

Conflictos de Uso	Ponderación
Tierras con sobre-utilización severa	1
Tierras con sobre-utilización moderada	2
Tierras con sobre-utilización ligera	3
Tierras con sub-utilización severa	4
Tierras con sub-utilización moderada	5
Tierras con sub-utilización ligera	6
Tierras sin conflicto o uso adecuado	7

Tabla 5. Valores de Clasificación Conflicto de Uso del Suelo.
Fuente: CAR.

Para evaluar la pendiente del suelo, se han establecido distintos rangos de inclinación, cada uno con su correspondiente ponderación. Estos rangos se dividen en intervalos de porcentaje de pendiente, desde 0% hasta más del 75%. A continuación, se detallan los valores y la Tabla 6 de clasificación de pendiente del suelo junto con sus ponderaciones:

- De 0 a 3%: Se asigna una ponderación baja de 1, indicando una pendiente mínima que no representa un desafío significativo para la mayoría de las actividades.
- De 3 a 7%: Igualmente, se asigna una ponderación baja de 1, ya que la pendiente sigue siendo relativamente suave y no presenta grandes dificultades.
- De 7 a 12%: Se mantiene una ponderación baja de 1, indicando una pendiente moderada que aún puede ser manejada con relativa facilidad.
- De 12 a 25%: Se asigna una ponderación baja de 1, ya que la pendiente comienza a ser más pronunciada, pero aún se considera manejable.
- De 25 a 50%: Se asigna una ponderación media de 3, indicando una pendiente considerable que puede representar desafíos en términos de manejo del suelo y del agua.
- De 50 a 75%: Se asigna una ponderación alta de 5, ya que la pendiente es muy pronunciada y puede ser difícil de trabajar, lo que puede aumentar el riesgo de erosión y deslizamientos de tierra.
- Más del 75%: Se asigna una ponderación alta de 5, indicando una pendiente extremadamente empinada que presenta importantes desafíos para la agricultura, la construcción y otras actividades humanas.

  Estos valores de clasificación y ponderación proporcionan información importante para la planificación y gestión del territorio, ayudando a identificar áreas con distintos grados de pendiente y sus posibles implicaciones en términos de uso del suelo y conservación

Pendiente	Ponderación
0-3%	1
3-7%	1
7-12%	1
12-25%	1
25-50%	3
50-75%	5
>75%	5

Tabla 6. Valores de Clasificación de Pendiente del Suelo.
Fuente: CAR.

Para asignar una ponderación al factor de drenaje, se establecieron dos categorías distintas: "Posee" y "No Posee". Estas categorías reflejan la presencia o ausencia de drenaje en las áreas analizadas. A continuación, se detallan las ponderaciones y la Tabla 7 asignadas a cada categoría:

- "Posee": Esta categoría se asigna a áreas que cuentan con un sistema de drenaje funcional. Se le asigna una ponderación alta de 5 debido a la importancia del drenaje en el mantenimiento de condiciones adecuadas para el ecosistema y la minimización de riesgos asociados con la acumulación de agua.
- "No Posee": Esta categoría se asigna a áreas que carecen de un sistema de drenaje o presentan problemas de drenaje significativos. Se le asigna una ponderación baja de 1, ya que la falta de drenaje puede llevar a problemas como inundaciones, encharcamientos y pérdida de productividad del suelo.

Estas ponderaciones sirven para evaluar y clasificar áreas según su estado de drenaje, fundamental para la planificación y gestión efectiva del territorio.

Drenaje	Ponderación
Posee	5
No Posee	1

Tabla 7. Valores de Clasificación de Cuerpos de agua
Fuente: CAR.

Para asignar pesos a los usos de suelo identificados en las visitas de campo en el complejo de páramo de Guerrero, se decidió valorar las áreas bien conservadas o con mínima intervención que representen un bajo grado de degradación para el ecosistema.

Los usos de suelo encontrados en el complejo de páramos de Guerrero, junto con sus respectivas definiciones, se detallan a continuación:

- Ganadería: Incluye áreas con presencia de ganado, como bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Esta actividad degrada significativamente el suelo de páramo, por lo que se le asigna el valor mínimo en la ponderación 1.

- Agricultura: Engloba áreas destinadas a cultivos de diversos tipos y extensiones. Aunque no causa los mismos impactos negativos que la ganadería, se le asigna un valor de ponderación de 2.
- Mixto: Comprende áreas con presencia tanto de ganadería como de agricultura, pero también con áreas de conservación. Dado que ambas actividades representan una fuerte alteración para el ecosistema de páramo, se les asigna un valor de ponderación de 3.
- Conservación: Representa áreas con altos grados de conservación, con vegetación propia del ecosistema de páramo y sin evidencia de intervención humana o contaminación. Esta categoría recibe el máximo valor de ponderación, que es 5.

USO	Ponderación
Ganadería	1
Pasturas	2
Mixto	3
Agricultura	2
Conservación	5

Tabla 8. Valores de Clasificación Uso Actual del Suelo.
Fuente: CAR.

A continuación, se lleva a cabo la superposición ponderada de las capas ráster reclasificadas mediante la herramienta Weighted Overlay en ArcGIS Pro (Figura 26). Esta herramienta permite combinar las 5 capas rasterizadas y reclasificadas de manera ponderada. En primer lugar, se solicita ingresar el porcentaje ponderado para cada capa. Luego, se procede a escalar todas las reclasificaciones anteriores a una misma clasificación.

Para este caso, y de acuerdo con los tres regímenes de usos de suelo expuestos en la resolución 886, Este proceso facilita la obtención de una representación integrada y ponderada que refleja de manera precisa la combinación de los diferentes aspectos analizados en las capas ráster.

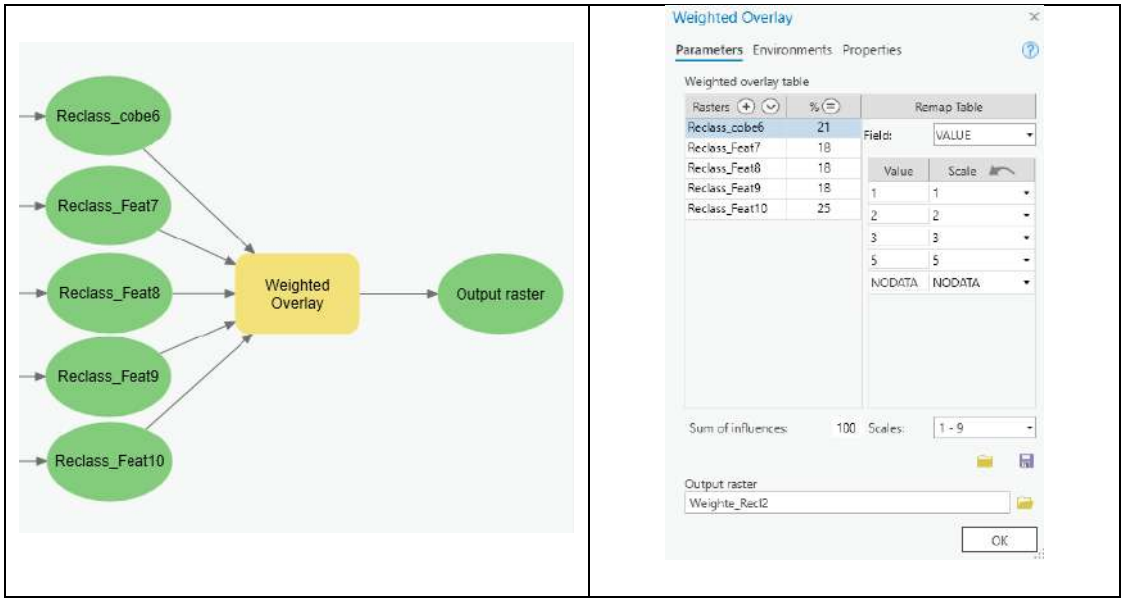


Figura 26. Herramienta Weighted Overlay
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 9 se muestra y reclasifica según la norma en los 3 parámetros de zonificación

Zonificación
Zona en tránsito a la reconversión y sustitución
Áreas prioritarias para la restauración ecológica
Áreas prioritarias para su preservación

Tabla 9. Parámetros de Zonificación
Fuente: CAR.

Al finalizar el modelamiento, se ejecuta el mismo, y el resultado es la zonificación, para este caso, el complejo de páramos de Guerrero en el municipio de Subachoque, de la jurisdicción CAR. (ver Figura 28)

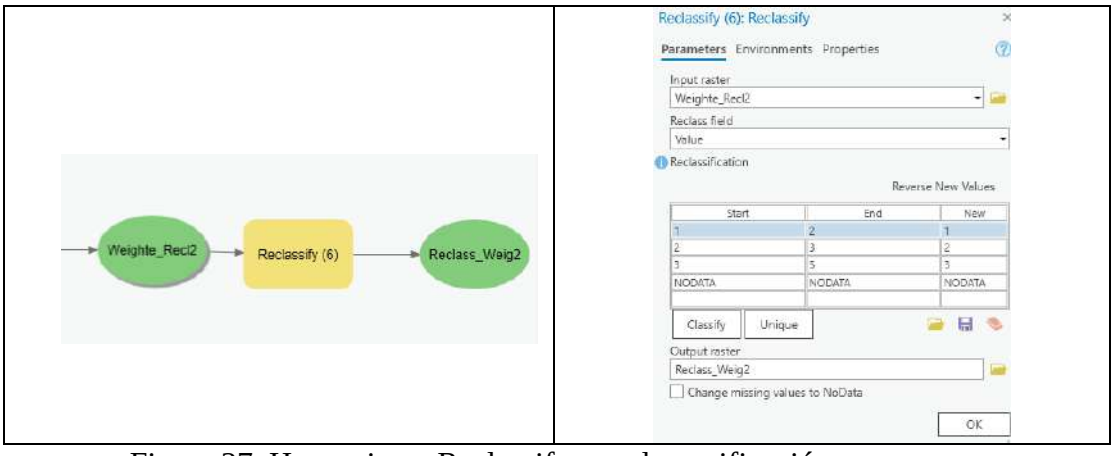


Figura 27. Herramienta Reclassify para la zonificación
Fuente: Interfaz ArcGIS Pro

3.4.2 Generación de la zonificación en Subachoque

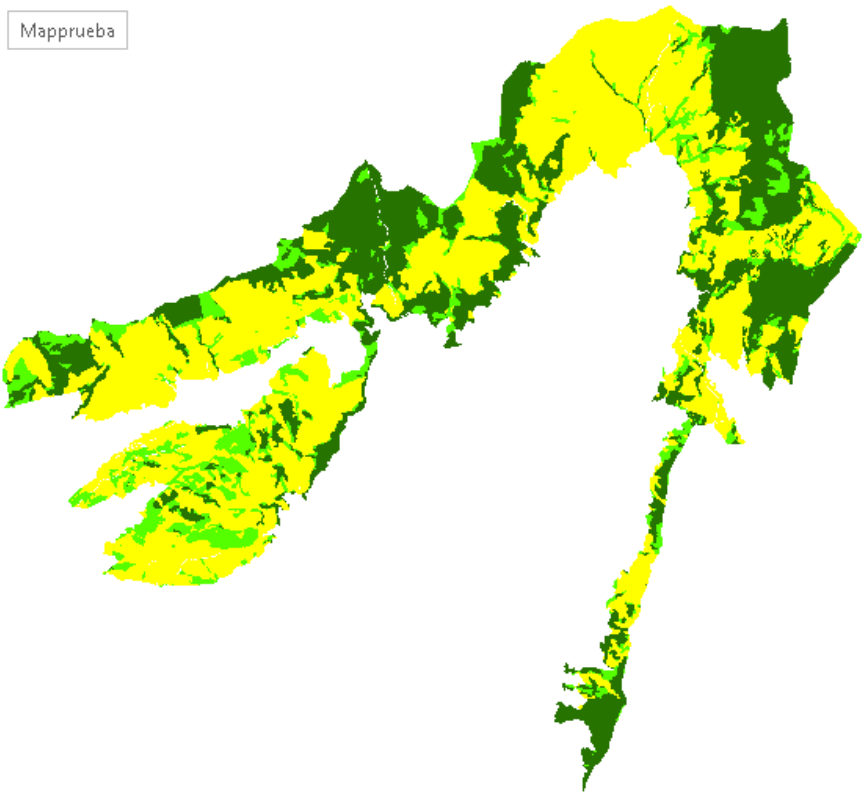


Figura 28. Zonificación Subachoque
Fuente: Elaboración Propia

Aunque el mapa completo y finalizado se observa en los anexos del documento, la Figura 28 muestra la generación de zonificación en Subachoque mediante la representación de tres colores distintos:

- Amarillo: Zona en tránsito a la reconversión y sustitución.
- Verde: Áreas prioritarias para la restauración ecológica.
- Verde claro: Áreas prioritarias para su preservación.

Estos colores proporcionan una visualización clara de las distintas categorías de zonificación en Subachoque, ayudando a comprender la distribución y prioridades en la gestión del territorio.

4. ANALISIS Y RESULTADOS

4.1 Análisis y Resultados

El análisis socioeconómico realizado durante la pasantía con la CAR en el Páramo de Guerrero en Subachoque se centró en comprender las necesidades y percepciones de la comunidad dentro del área protegida, siguiendo los lineamientos establecidos por la legislación pertinente. Aunque se recopiló información de un número limitado de predios por limitaciones, los datos iniciales dieron una visión preliminar de las actividades en la zona. Por ejemplo, se observó que un porcentaje significativo de predios se destinaba a actividades agropecuarias, con una presencia notable de ganadería.

El análisis también reveló disparidades en el acceso a servicios básicos en las viviendas de la comunidad, destacando áreas de oportunidad para mejorar la infraestructura y la calidad de vida. Además, se identificaron las distintas veredas dentro del Complejo del Páramo en Subachoque y la distribución de predios en cada una, lo que proporciona información relevante para la planificación y gestión del territorio en el contexto de conservación y desarrollo sostenible.

En cuanto a la zonificación, se desarrolló un modelo utilizando ArcGIS Pro, que permitió integrar eficientemente la información recopilada y ofrecer una representación gráfica detallada de los pasos y decisiones involucradas en la zonificación. Se identificaron tres categorías principales de zonificación: áreas en tránsito a la reconversión y sustitución, áreas prioritarias para la restauración ecológica y áreas prioritarias para su preservación. Estas categorías proporcionan una guía para la toma de decisiones en la gestión del territorio, respaldando la planificación sostenible y la conservación de áreas críticas.

El análisis multitemporal permitió identificar y comprender los cambios en la zona del Páramo de Guerrero en los últimos años, proporcionando una perspectiva dinámica que contribuirá a la toma de decisiones informada y a la planificación sostenible en el contexto del proyecto. Se observaron cambios en la cobertura del suelo, como la disminución de la cobertura boscosa y posterior retorno de la cobertura verde, lo que sugiere intervenciones humanas y posibles políticas de conservación implementadas por autoridades ambientales.

4.2 Caracterización socioeconómica

En la caracterización socioeconómica en la pasantía con la CAR, se acercó con la comunidad del Páramo de Guerrero en Subachoque, según los lineamientos establecidos por la Resolución 1769 del 28 de octubre de 2016 y la Ley 1930 del 27 de julio de 2018. El propósito fundamental fue comprender las necesidades y percepciones de los habitantes dentro del área protegida. La información recopilada de la comunidad se concibe como un componente esencial para la formulación de proyectos y programas integradores, buscando la creación de sinergias que fomenten un ambiente sostenible, alineado con los principios de conservación ambiental del Páramo.



Figura 29. Trabajo junto con los habitantes del Municipio de Subachoque
Fuente: Elaboración propia.

Se destaca la limitación en la fiabilidad de los resultados debido a que, de los 744 predios, solo se obtuvo información de un número reducido.

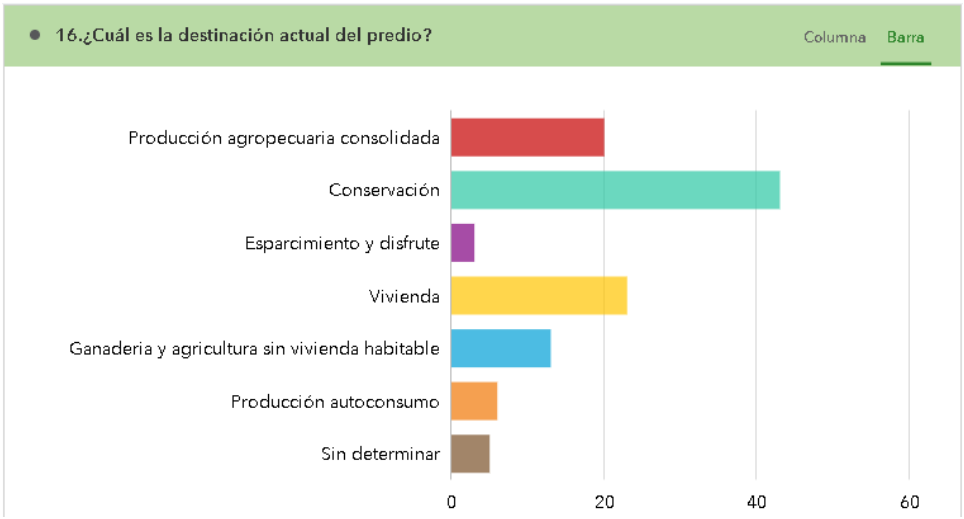


Figura 30. Destinación actual del predio
Fuente: Interfaz Survey123

Un 5,74 % de los predios se destinan a conservación, con 43 registros. En menor medida, un 3.07% se utiliza para vivienda (23 registros), mientras que la producción agropecuaria abarca un 2.67%, equivalente a 20 predios. Resulta notorio que, pese a la baja participación, estos datos iniciales dan una visión preliminar de las actividades de la zona, aunque con cautela por la escasa representatividad de la muestra. (Figura 30)

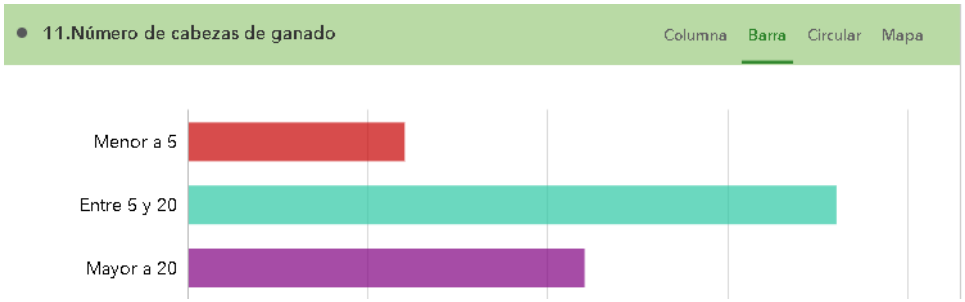


Figura 31. Número de cabezas de ganado
Fuente: Interfaz Survey123

Aunque la muestra presenta limitaciones, los datos sugieren que el municipio exhibe una actividad ganadera notable. Aunque solo se recogió información de pocos predios, se observa una presencia significativa de cabezas de ganado, con un 2.4% informando de entre 5 y 20 cabezas, y un 1.47% con más de 20 cabezas. Estos resultados preliminares indican que la ganadería podría ser una actividad económica relevante en la zona, aunque se recomienda cautela al interpretarlos debido a la baja representatividad de la muestra. (Figura 31)

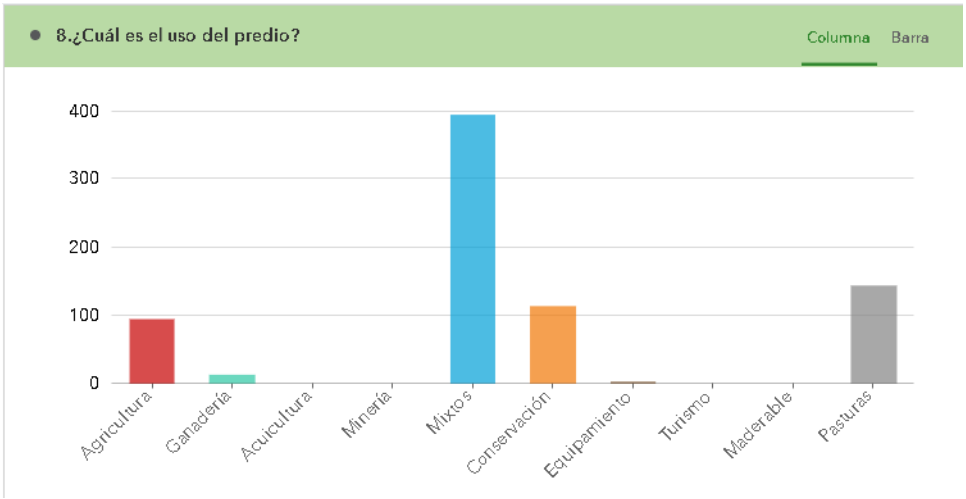


Figura 32. Uso del predio
Fuente: Interfaz Survey123

El análisis del predio ofrece una visión integral de las actividades de la zona, considerando que la mayoría de los datos se recopilaron desde un visor en oficina, con precaución sobre la representatividad de estos. Destaca que un 52.87% de los predios presenta usos mixtos, combinando diversas actividades agrícolas, ganaderas u otras. La conservación también se evidencia como una faceta relevante, representando un 15.35% de los predios. La agricultura y las pasturas muestran un 12.82% y un 19.36%, respectivamente, subrayando la presencia de actividades agropecuarias. Además, se registra un 1.74% destinado exclusivamente a la ganadería y un 0.4% para equipamiento. (Figura 32) La metodología de recopilación desde el visor en oficina puede haber influido en la precisión de ciertos datos, lo cual debe tenerse en cuenta al interpretar estos resultados.

La información adicional sobre la transición de los predios a pastos, donde el ganado se traslada para alimentarse en otro lugar, agrega un matiz importante al análisis. La presencia significativa de predios dedicados a pasturas (19.36%) podría indicar una estrategia común en la región, donde los animales se desplazan para obtener alimento. Esta dinámica puede influir en la gestión sostenible de los recursos, la rotación de pastizales y la diversificación de las actividades agropecuarias. No obstante, la interpretación precisa de esta práctica también debe considerar el contexto local, las prácticas agrícolas específicas y los factores económicos que impulsan estas decisiones. Este detalle resalta la importancia de contextualizar los datos dentro del panorama general de la gestión agropecuaria en la zona.

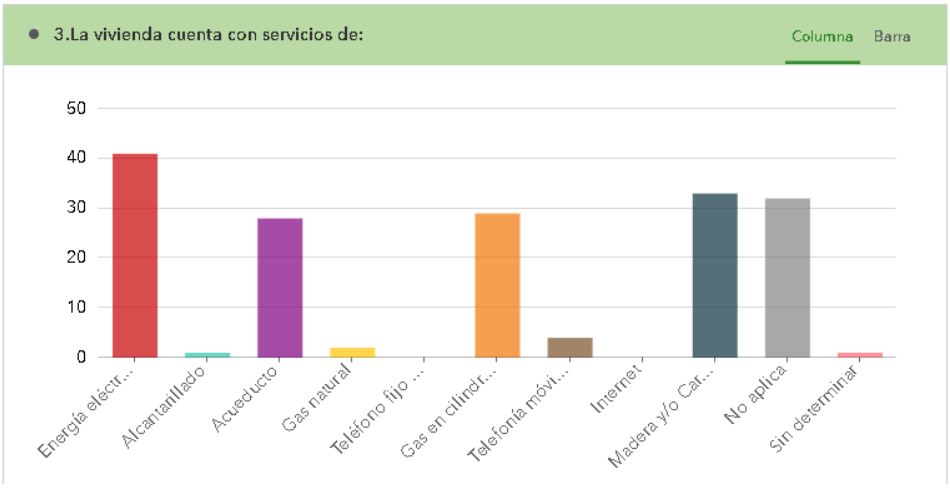


Figura 33 Servicios de vivienda
Fuente: Interfaz Survey123

El análisis de los servicios en las viviendas revela una variedad en el acceso a infraestructuras básicas, aunque se debe tener en cuenta la baja representatividad de la muestra. Un 5.47% de las viviendas cuenta con electricidad, mientras que el alcantarillado está presente en un 0.13% y el acueducto en un 3.74%. Es notable que no se registra acceso a telefonía fija, y el servicio de internet también muestra una ausencia. El gas en cilindro es utilizado en un 3.87% de las viviendas, y el consumo de madera y/o carbón se observa en un 4.41%. (Figura 33)

Estos datos sugieren disparidades en el acceso a servicios básicos, destacando áreas de oportunidad para mejorar la infraestructura y la calidad de vida en la comunidad.

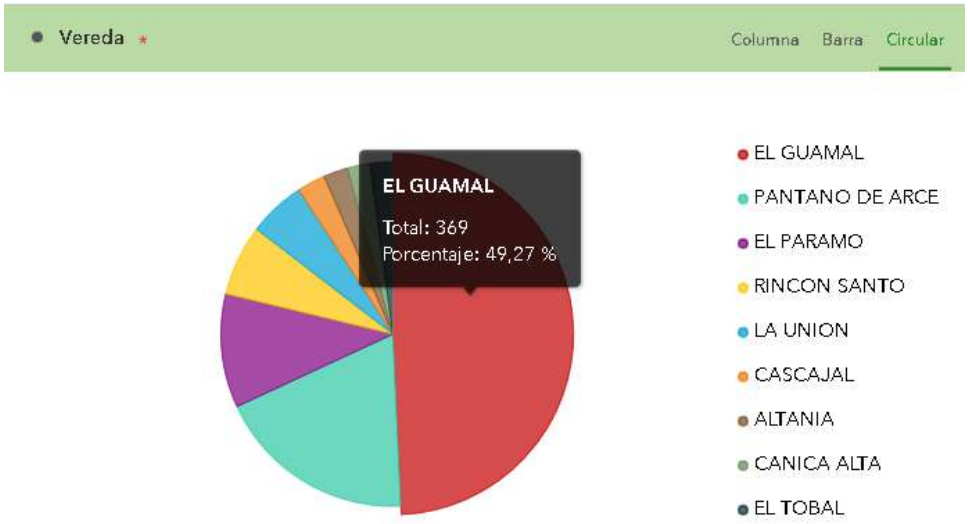


Figura 34. Veredas dentro del CPG
Fuente: Interfaz Survey123

El análisis de las veredas en el municipio de Subachoque que están en el complejo del páramo, junto con la cantidad de predios en cada una, da una visión detallada de la distribución de la actividad en esta área específica. (Figura 34) Las cifras son las siguientes:

1. El Guamal: 369 predios (49.27%)
2. Pantano de Arce: 141 predios (18.83%)
3. El Páramo: 80 predios (10.68%)
4. Rincón Santo: 50 predios (6.68%)
5. La Unión: 40 predios (5.34%)
6. Cascájal: 20 predios (2.67%)
7. Altania: 17 predios (2.27%)
8. Canica Alta: 16 predios (2.14%)
9. El Tobal: 15 predios (2%)
10. Santa Rosa: 1 predio (0.13%)

Estos datos indican la distribución relativa de predios dentro del complejo del páramo en las distintas veredas. El Guamal destaca como la vereda con la mayor cantidad de predios, seguido por Pantano de Arce y El Páramo. Este análisis puede proporcionar información

valiosa para la planificación y gestión de actividades en el contexto de conservación y desarrollo sostenible en estas áreas específicas del municipio.



Figura 35. Viviendas encontradas dentro del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

La recolección de información buscaba determinar la vulnerabilidad de los habitantes según su dependencia y arraigo a los predios. Sin embargo, la ejecución de este análisis se vio obstaculizada, ya que el total de las visitas programadas no pudo completarse en campo debido a restricciones de tiempo y dificultades de acceso.

Se enfrentaron situaciones en las que los propietarios de los predios no estaban disponibles o no se mostraron dispuestos a colaborar en la encuesta para elaborar fichas técnicas. Estas limitaciones logísticas impactaron la exhaustividad del análisis, destacando la importancia de considerar estos desafíos en la interpretación de los resultados obtenidos.

La planificada socialización previa con la comunidad antes de las visitas no se realizó por la coincidencia de las fechas con eventos electorales. En este contexto, se optó por evitar politizar el trabajo de la corporación y prevenir posibles influencias externas en las propuestas que la comunidad pudiera presentar, vinculadas a las agendas de campaña. Esta decisión responde a la necesidad de preservar la integridad y objetividad del proceso, reconociendo la importancia de mantener un entorno imparcial y enfocado en las necesidades genuinas de la comunidad, al margen de consideraciones políticas temporales.

4.3 Zonificación

En el marco del proceso de investigación, se ha desarrolló modelo de Zonificación utilizando la potente herramienta Model Builder de ArcGIS Pro. La figura 36 ilustra visualmente este modelo, donde los rectángulos amarillos representan cada uno de los procesos aplicados a la información de base (óvalos azules) y a la información ya procesada (óvalos verdes). Este enfoque sistemático ha permitido la integración y modelado eficiente de la información recopilada, ofreciendo una representación gráfica detallada de los pasos y decisiones involucradas en la zonificación. A continuación, se presenta una visión detallada de este modelo, destacando su contribución al proceso de toma de decisiones y planificación del territorio en el contexto del proyecto.

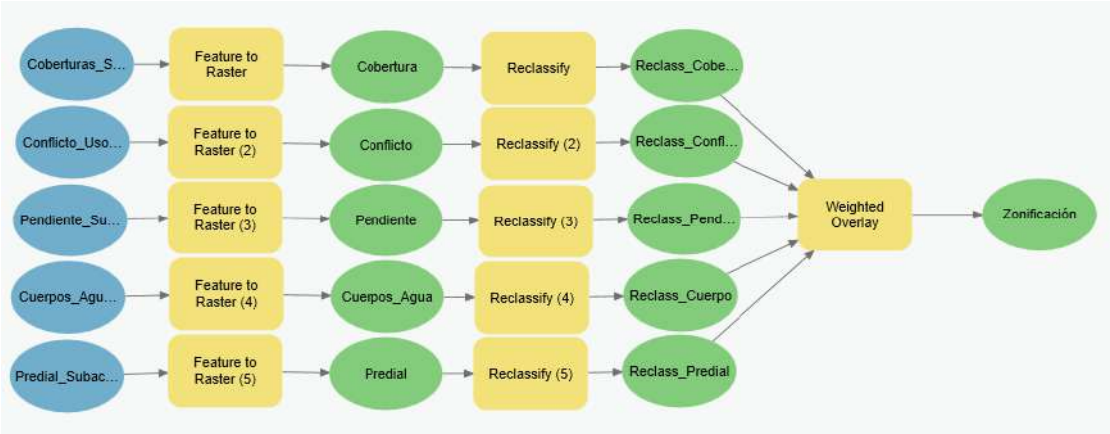


Figura 36. Model Builder proceso de zonificación
Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Uso Actual

La primera rasterización, basada en la información de uso actual recolectada en campo, revela la presencia predominante de actividades agropecuarias de uso mixto en muchos predios. (Figura 37) Esto indica la coexistencia de áreas conservadas, como bosques, arbustos, herbazales y márgenes riparios, junto con actividades antrópicas. Se destaca que los predios cercanos a fuentes hídricas, como en la vereda Pantano de Arce con su embalse o en la vereda El Guamal con numerosas quebradas, presentan propicias condiciones para la agricultura, según lo reflejado en el mapa ráster. La limitada presencia de predios con uso exclusivo de conservación puede asociarse positivamente a factores topográficos, como su altitud, y a su alejamiento de las redes viales. Este aspecto sugiere una oportunidad estratégica para convertir áreas de uso mixto en zonas de conservación, aprovechando su relativo aislamiento para promover prácticas sostenibles y proyectos de conservación a largo plazo.

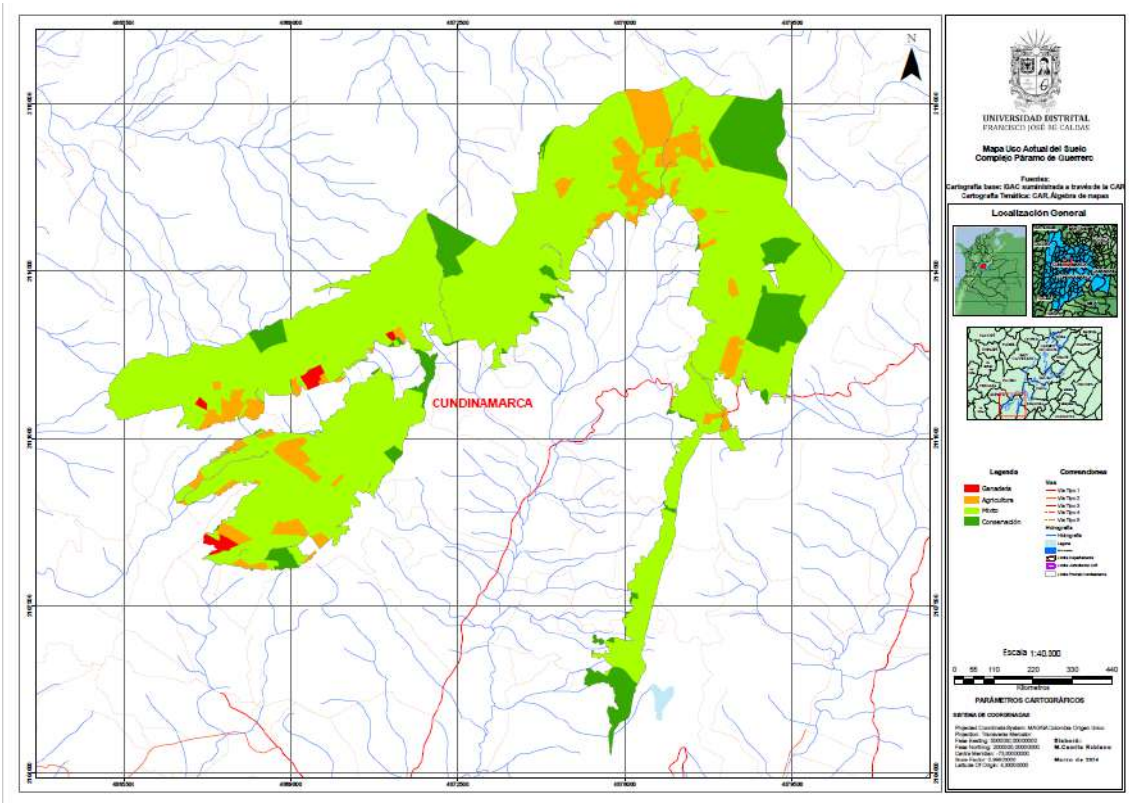


Figura 37. Mapa Rasterizado de Uso Actual del Suelo.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Cobertura del suelo Corine Land Cover Nivel 3

En la segunda rasterización, utilizando la metodología Corine Land Cover Nivel 3 a escala 1:25000, emerge un patrón coherente con el uso actual del suelo observado anteriormente. Los tubérculos, pastos enmalezados y limpios identificados en la misma zona de actividades agropecuarias y ganaderas de suelo de uso mixto, corroboran la persistencia de estas prácticas en la región (Figura 38). Además, se destaca la presencia de densas fronteras de arbustales y bosques densos que actúan como barreras naturales junto al relieve de alta pendiente, limitando la expansión de actividades antrópicas. Este patrón sugiere que la topografía y la cobertura vegetal desempeñan un papel crucial en la preservación de áreas naturales, actuando como factores determinantes para frenar la expansión de actividades humanas. Este análisis respalda la importancia de considerar la geografía y la cubierta vegetal en la planificación para promover prácticas sostenibles y conservación del entorno.

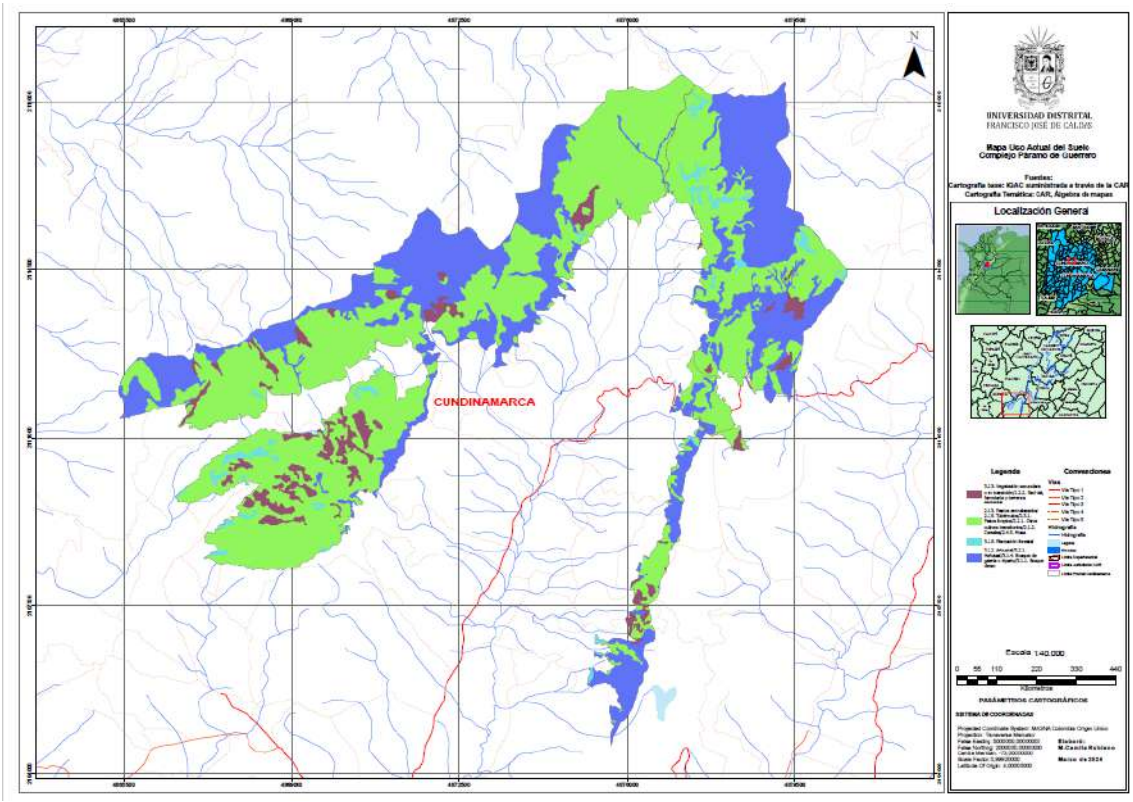


Figura 38. Mapa Rasterizado Cobertura del Suelo Corine Land Cover Nvl.3.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Conflicto de uso del suelo

La rasterización de la información sobre conflictos de uso del suelo a escala 1:25000 destaca las áreas de mayor impacto, evidenciando una preocupante situación en la región más próxima a las de fácil acceso por sus vías principales a las veredas pantano de arce y paramo que son las más transitadas del área de estudio así mismo como la vereda el Guamal, pero por su facilidad en adquirir fuente hídrica para los cultivos (Figura 39). En esta zona, se confirma un conflicto de uso severa, atribuido principalmente a actividades agropecuarias, algunas mediana o altamente transitadas por tractores. Estas prácticas se centran mayoritariamente en la cosecha de tubérculos de papa y hortalizas, así como en la ganadería para la producción de leche y engorde. La presencia significativa de predios de pastos de uso transitorio refuerza la intensidad de las actividades agropecuarias en esta área. Este análisis resalta la urgencia de abordar de manera sostenible los conflictos de uso del suelo en esta región, considerando alternativas que promuevan la conservación y el equilibrio entre las necesidades humanas y la preservación del entorno.

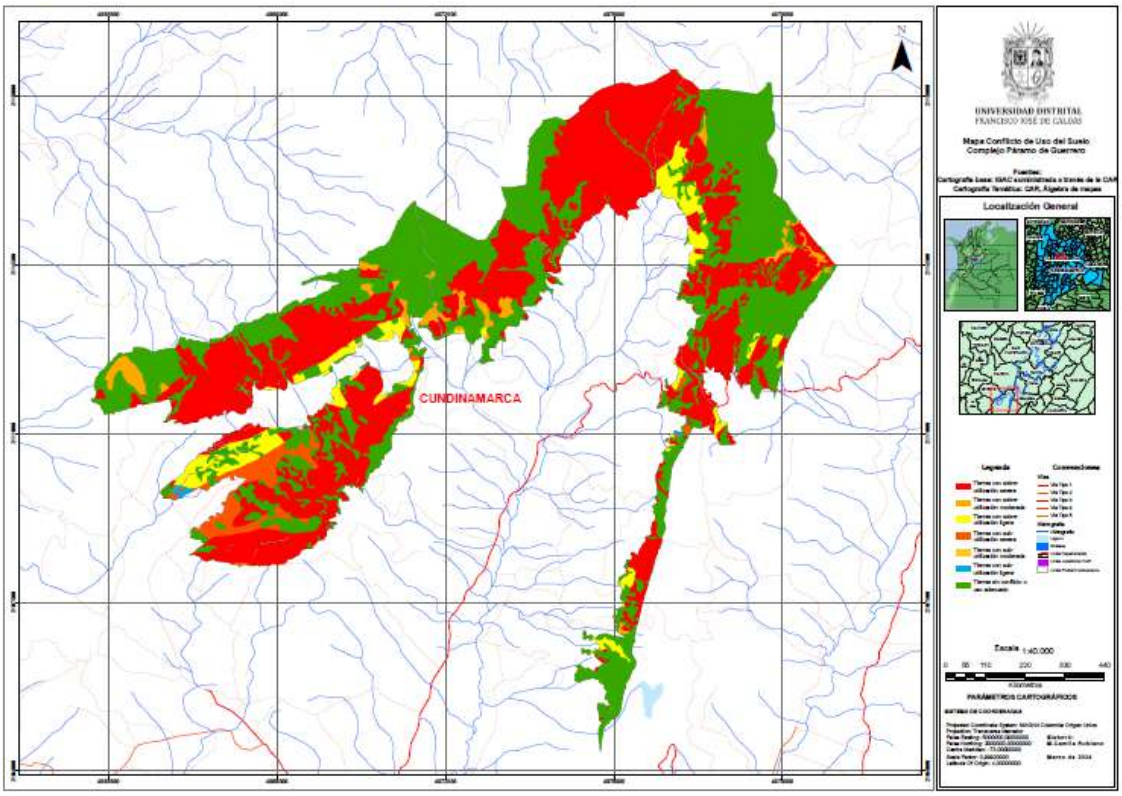


Figura 39. Mapa Conflicto de uso del suelo
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 Topografía

Será interesante contrastar la información de los cuerpos de agua y las pendientes con los patrones observados en los mapas anteriores. La presencia de cuerpos de agua y las bajas pendientes destacan como factores que respaldan la viabilidad de actividades agropecuarias, especialmente la ganadería y la agricultura. Estos elementos proporcionan recursos hídricos necesarios y condiciones topográficas favorables para estas prácticas (Figura 40 y 41). La combinación de datos provenientes de los mapas de cuerpos de agua y pendientes permitirá un análisis más holístico, respaldando y fortaleciendo la interpretación de los patrones observados en los mapas anteriores.

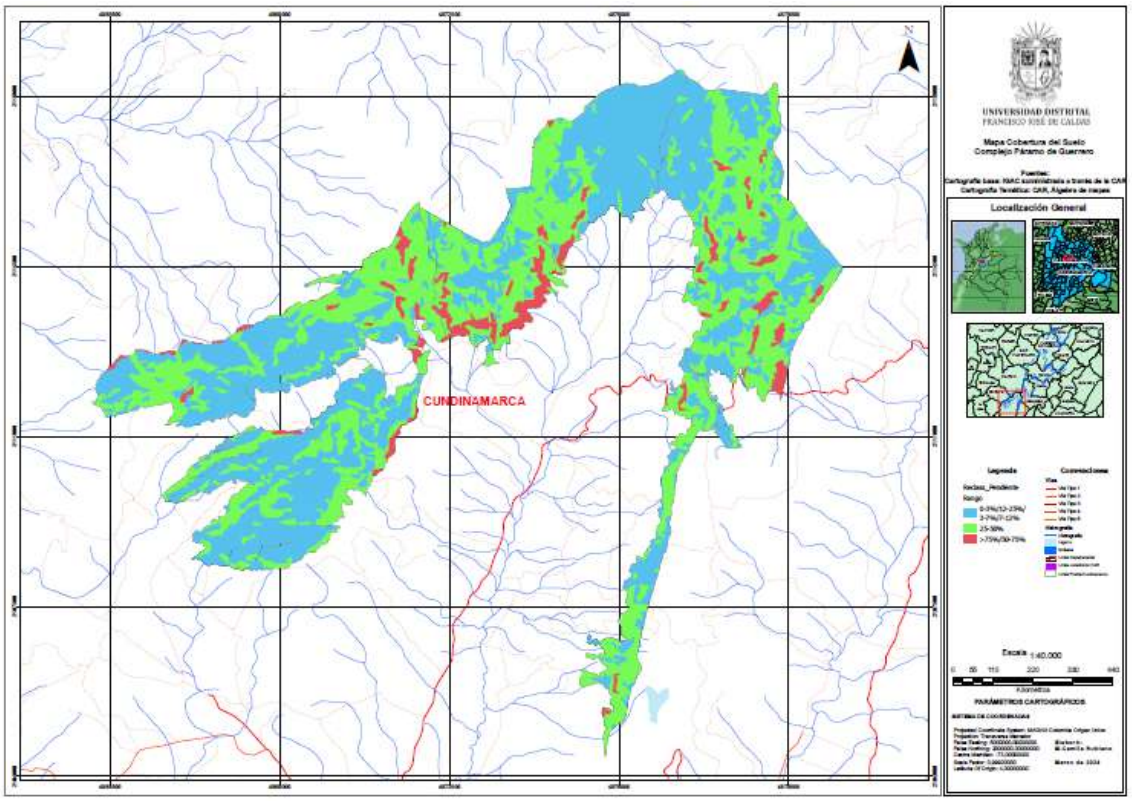


Figura 40. Pendiente
Fuente: Elaboración propia.

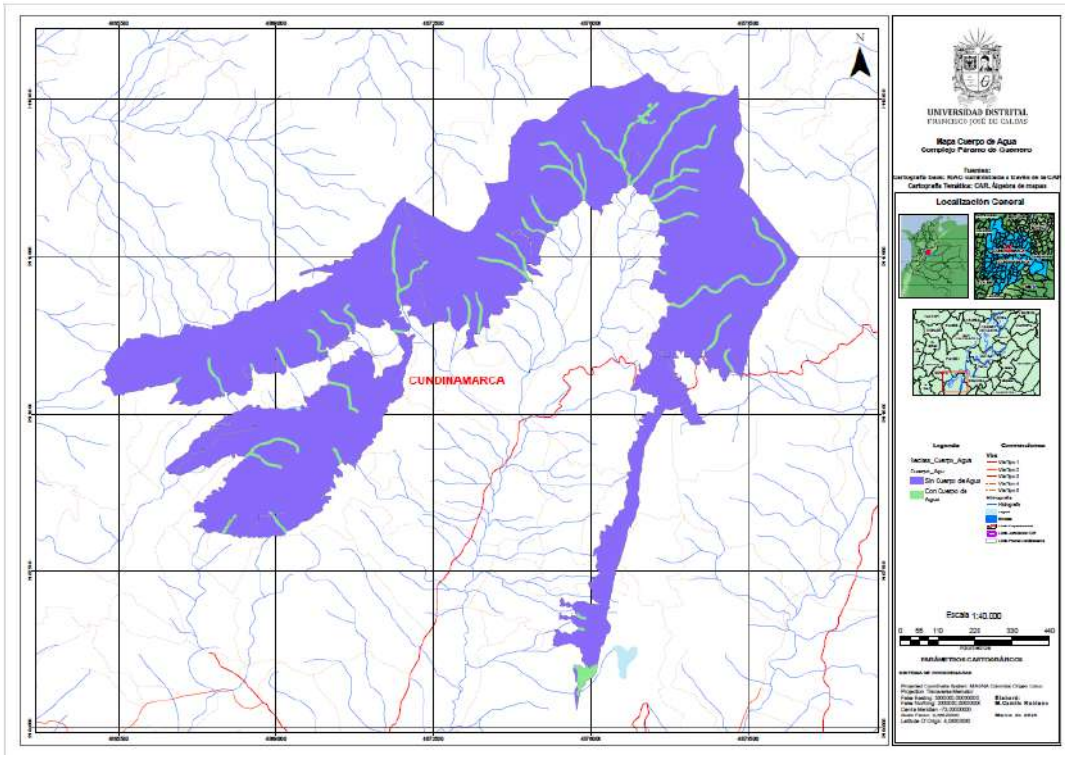


Figura 41. Cuerpos de agua
Fuente: Elaboración propia.

La rasterización y reclasificación de las tres capas de información culminó con la generación de una Zonificación rasterizada del área de estudio, según los usos establecidos por la normativa vigente. Para presentar de manera más accesible los resultados de la rasterización, se llevó a cabo la vectorización de la zonificación, como se observa en la Figura 42. A través de una simple visualización y la verificación de los datos alfanuméricos asociados, se infiere que los resultados obtenidos coinciden con las expectativas basadas en la información recopilada en campo y en los patrones previamente explicados de uso, conflicto y cobertura del suelo.

El mapa de zonificación presenta tres parámetros clave: Zona en tránsito a la reconversión y sustitución, Áreas prioritarias para la restauración ecológica y Áreas prioritarias para su preservación. Estos elementos brindan una guía valiosa para la toma de decisiones en la gestión del territorio, respaldando la planificación sostenible y la conservación de áreas críticas dentro del área de estudio.

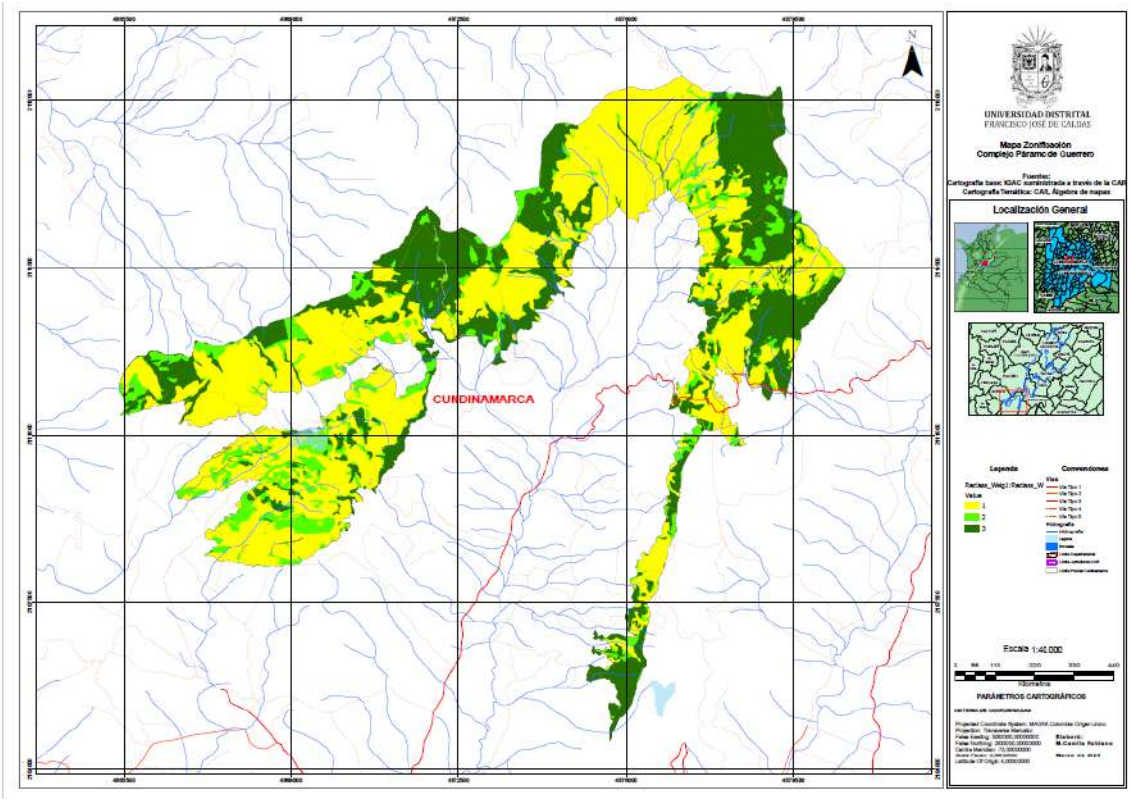


Figura 42. Mapa de Zonificación área de estudio
Fuente: Elaboración propia.

Los datos de zonificación en los predios dentro del Complejo del Páramo en el municipio de Subachoque proporcionan información valiosa sobre la planificación y gestión del uso del suelo. A continuación, se presenta la tabla 10 junto con un análisis y descripción detallada de cada categoría:

1. Zona en Tránsito a la Reconversión y Sustitución (53,6%):

- Esta categoría abarca más de la mitad del área estudiada, indicando una proporción sustancial de terrenos destinados a cambios significativos en el uso del suelo.

- La designación como "en tránsito a la reconversión y sustitución" sugiere que estos predios pueden estar experimentando una transformación planificada para abordar problemáticas específicas o implementar estrategias de conservación.

2. Áreas Prioritarias para la Restauración Ecológica (13,3%):

- Este porcentaje más bajo indica que hay una parte significativa de los predios identificados como prioritarios para acciones de restauración ecológica.

- La presencia de áreas prioritarias para la restauración implica la necesidad de intervenir y rehabilitar los ecosistemas afectados, posiblemente debido a impactos pasados.

3. Áreas Prioritarias para su Preservación (33,1%):

- Este segmento abarca más del 30% del área total y se destaca como crucial para la preservación de la biodiversidad y la integridad del ecosistema del páramo.

- La designación de áreas prioritarias para la preservación sugiere que estas zonas son críticas para la conservación de la flora y fauna autóctonas, y posiblemente albergan características ecológicas únicas o frágiles.

Zonificación	%
Zona en tránsito a la reconversión y sustitución	53,6%
Áreas prioritarias para la restauración ecológica	13,3%
Áreas prioritarias para su preservación	33,1%

Tabla 10. Áreas régimen de usos CPG-Subachoque
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Análisis Multitemporal

El análisis multitemporal se hizo para identificar y comprender los cambios en la zona del Páramo de Guerrero en los últimos años. Este enfoque nos permite examinar de manera sistemática las transformaciones en el paisaje. Al rastrear las variaciones a lo largo del tiempo, se facilita la detección de patrones, tendencias y posibles áreas de interés para la gestión del territorio y la conservación ambiental. Este análisis temporal proporciona una perspectiva dinámica que contribuirá a la toma de decisiones informada y a la planificación sostenible en el contexto del Páramo de Guerrero.

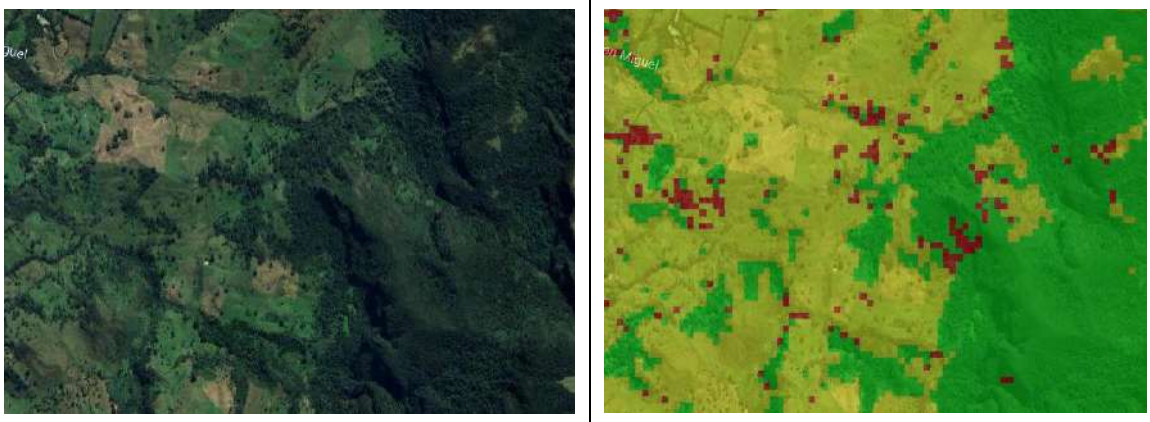
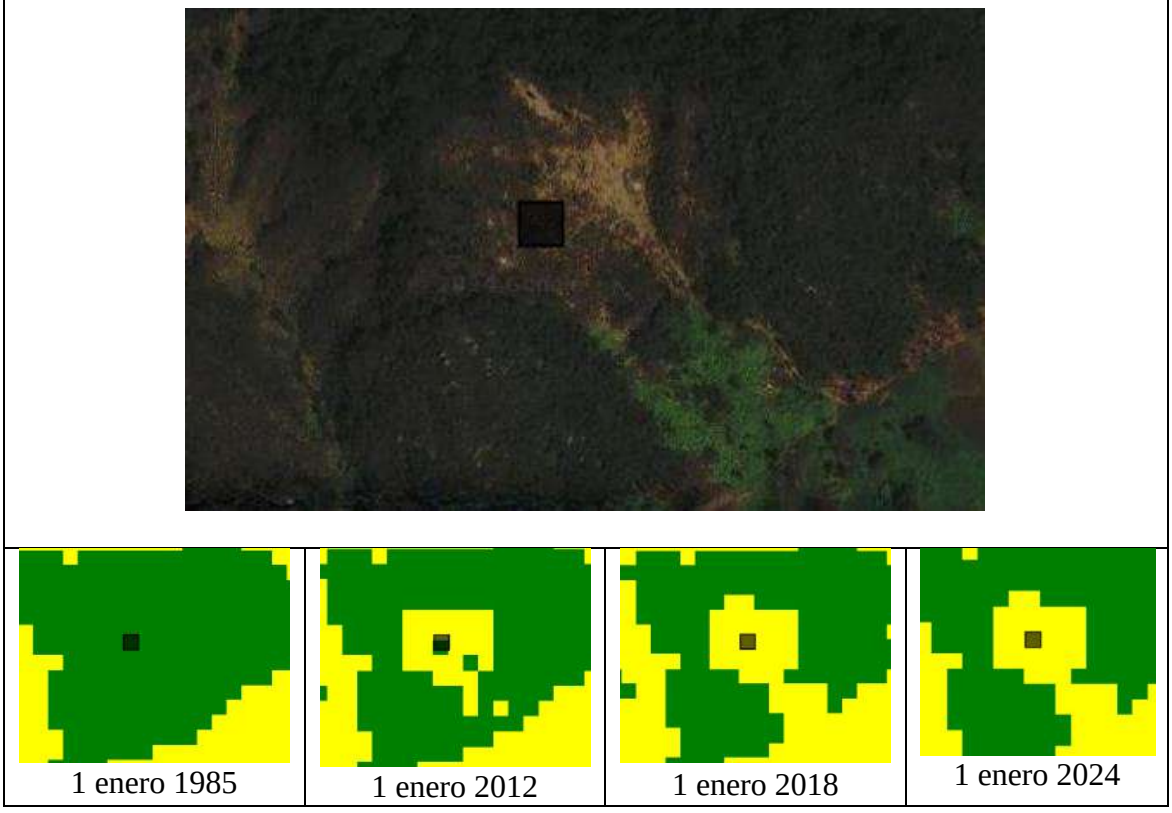


Figura 43. Clasificación área de estudio
Fuente: Google Engine

Esta Figura 44 que acabo de cargar aquí puede que sea una zona de agricultura y podemos ver que hay un cambio claro en la estacionalidad alrededor de 1992-1996 y no se recupera si no que del 1996 al 2008 se expande el suelo de agricultura y se disminuye el suelo boscoso. Esto se debe a una reforestación o una conversión a través de la plantación, aumentando a través de los años hasta llegar a la fecha con más suelo de uso agrícola que de conservación.



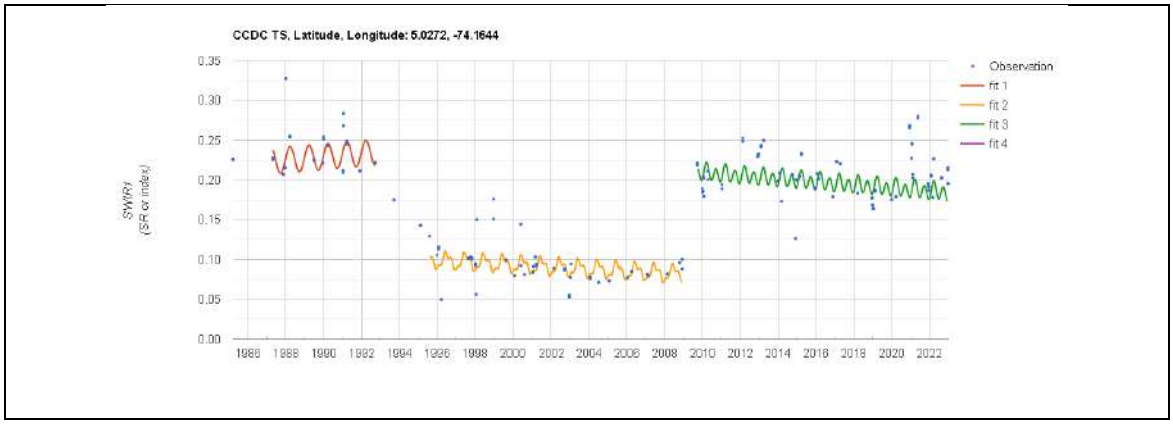


Figura 44. Clasificación área de estudio 2
Fuente: Google Engine

Para la figura 45 se observa un aumento en los valores de reflectancia en las bandas relevantes para la vegetación en la serie temporal. Esto puede indicar un aumento en la densidad o salud de la vegetación.

Se registra una disminución en los valores de reflectancia asociados con la cobertura arbórea. Esta reducción en los valores verdes podría sugerir una disminución en la densidad del bosque o cambios en la estructura forestal.

La aparición de píxeles rojos indica áreas donde se ha producido un cambio significativo en la cobertura del suelo entre los dos períodos.

El eje X (Tiempo):

- Representa los años en la serie temporal, con puntos de datos para cada periodo de adquisición de imágenes (1985, 2012, 2018).

Eje Y (Reflectancia):

- Muestra los valores de reflectancia para las bandas espectrales relevantes.

- Se observa un aumento gradual en los valores de reflectancia para la vegetación y una disminución en los valores asociados con el bosque.

Se pueden trazar curvas específicas para las clases de vegetación y bosque. La curva de vegetación podría mostrar un aumento constante a lo largo del tiempo. La curva de bosque podría disminuir, especialmente entre 2010 y 2013, y en 2019, en adelante, una disminución del bosque aún mayor.

Los picos en la curva de vegetación y los valles en la curva de bosque podrían coincidir con los periodos de cambios más significativos.

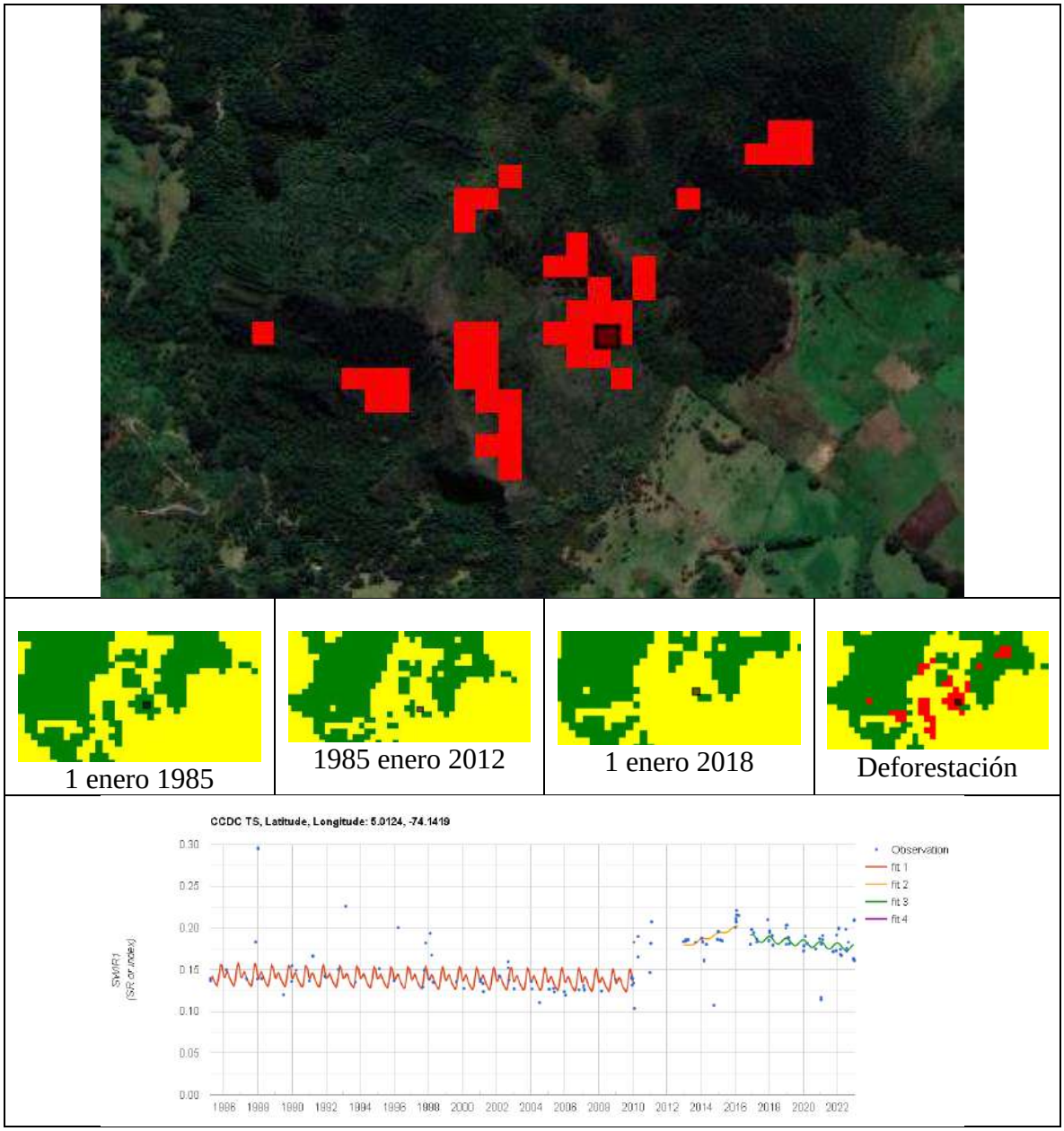


Figura 45. Clasificación área de estudio 3
Fuente: Google Engine

Por Último, tenemos la figura 46 con Cambios en la Cobertura del Suelo muy peculiar (Bosque y Vegetación):

- **1985 - 2012:** La disminución en la cobertura del bosque entre 1985 y 2012 podría sugerir actividades humanas, como deforestación o cambios en el uso del suelo.

- **2012 - 2018:** El retorno de la cobertura verde en 2018 podría indicar una intervención, como programas de reforestación o políticas de conservación implementadas por autoridades ambientales.

3. Interpretación de la Serie Temporal:

- **Reflectancia Constante (Banda 1) hasta 2007:** Aunque la reflectancia es constante, la disminución podría indicar cambios en las condiciones del terreno o en la vegetación que no son detectables visualmente, pero son capturados por el sensor.
- **Elevación después de 2007:** El cambio en la reflectancia después de 2007 podría deberse a la mejora del sensor o cambios en la plataforma Landsat, lo cual es común en las misiones espaciales.

En resumen, mientras que la disminución en la cobertura del bosque entre 1985 y 2012 podría sugerir intervenciones humanas, es importante considerar también posibles factores naturales y cambios en la tecnología de sensor en la interpretación de la serie temporal

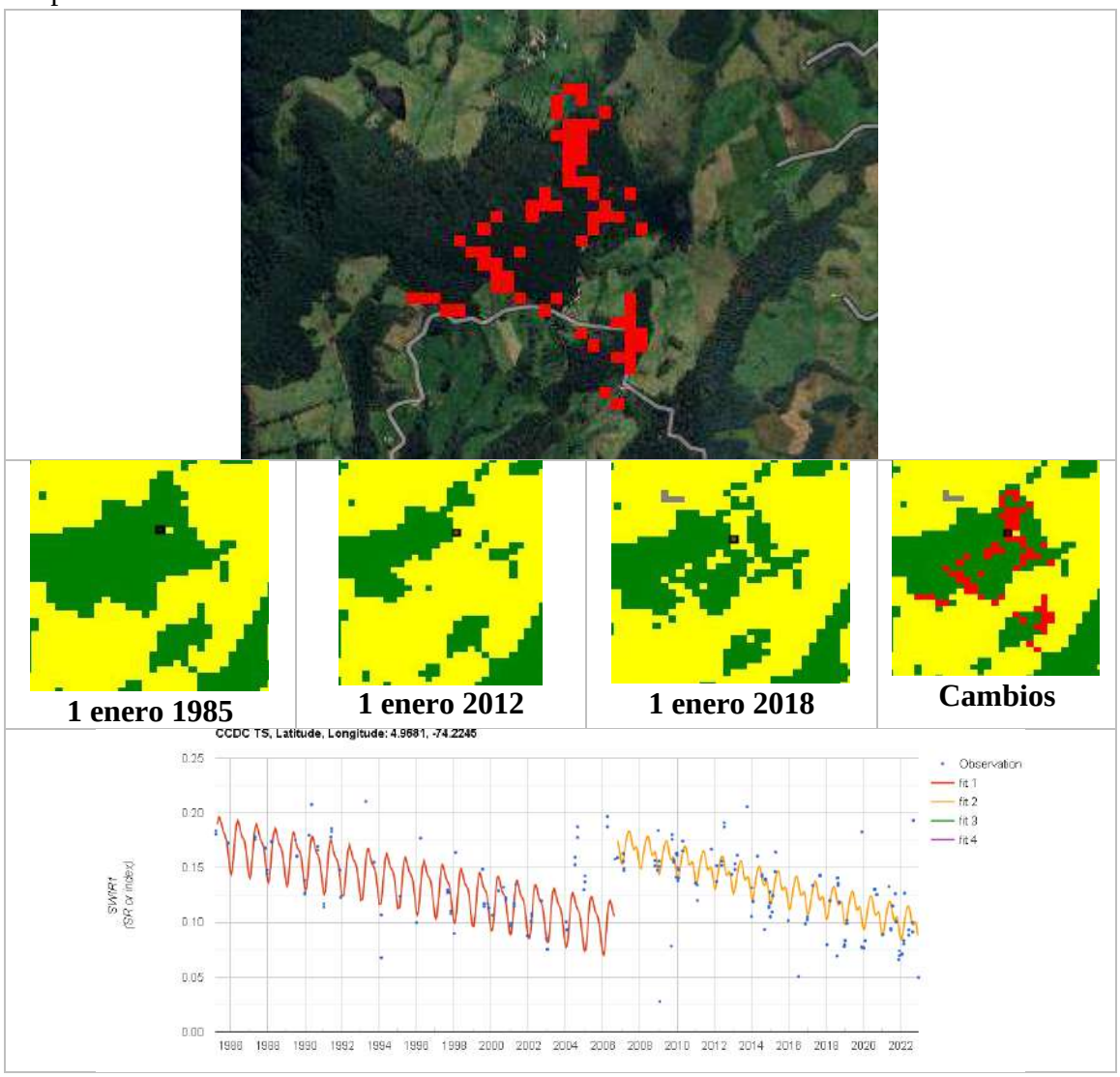


Figura 46. Clasificación área de estudio 4
Fuente: Google Engine

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la herramienta CCDC en Google Earth Engine demostró ser una herramienta eficaz para el análisis y la clasificación de cambios continuos en la cobertura terrestre a partir de datos satelitales de alta resolución. Esta técnica proporciona una visión detallada de los cambios en el paisaje a lo largo del tiempo, lo que permite identificar patrones y tendencias significativas con fines científicos.

La herramienta CCDC en Google Earth Engine facilitó la detección de cambios sutiles en la cobertura terrestre que podrían no ser evidentes a simple vista, lo que resalta su utilidad en la investigación científica para comprender mejor los procesos ambientales y las presiones antropogénicas en el paisaje.

2. La aplicación de la normativa de la Corporación Autónoma Regional (CAR) en el estudio proporcionó un marco legal sólido para la gestión ambiental y la conservación de los recursos naturales en el área de estudio. El cumplimiento de las regulaciones establecidas por la CAR es fundamental para garantizar la protección de los ecosistemas y la biodiversidad.

La colaboración con la CAR permitió integrar datos y análisis espaciales en el proceso de toma de decisiones, lo que contribuyó a una gestión más efectiva de los recursos naturales y la planificación del uso del suelo en consonancia con los objetivos de conservación y desarrollo sostenible.

3. La integración de sistemas de información geográfica (SIG) y la plataforma Survey123 facilitó la recopilación, organización y visualización de datos espaciales recopilados en campo. Esta integración permitió una representación precisa y completa de la información geográfica en forma de mapas interactivos y bases de datos georreferenciadas.

El uso conjunto de Survey123 dio una plataforma versátil y eficiente para la gestión de datos espaciales, lo que facilitó identificar patrones espaciales, evaluar impactos ambientales y planificar acciones de conservación y manejo del territorio.

4. La identificación de una extensa área como "en tránsito a la reconversión y sustitución" resalta la importancia de monitorear de cerca los cambios en el uso del suelo y su impacto en el paisaje.
La alta proporción de terrenos en esta categoría sugiere la necesidad de implementar medidas efectivas de gestión del territorio para garantizar un desarrollo sostenible y equilibrado en la región.
Se requiere una comprensión detallada de los procesos y dinámicas que conducen a estos cambios para orientar intervenciones estratégicas que minimicen los impactos negativos en los ecosistemas y maximicen los beneficios socioambientales.

RECOMENDACIONES

- Establecer una estrecha colaboración con las autoridades ambientales pertinentes, como la CAR, para asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental en todas las etapas del proyecto.

- Realizar evaluaciones periódicas de cumplimiento normativo para garantizar que las actividades de monitoreo y análisis se ajusten a los requisitos legales establecidos por la CAR y otras entidades regulatorias.

Promover la participación de las comunidades en la gestión y conservación de los recursos naturales, acorde con los principios de gobernanza ambiental participativa promovidos por la CAR.

Fomentar la adopción de prácticas de desarrollo sostenible que minimicen el impacto ambiental y contribuyan a la conservación de los ecosistemas, según las políticas y directrices de la CAR.

- Ofrecer capacitación y apoyo técnico continuo a los usuarios de la herramienta CCDC para maximizar su efectividad y facilitar la interpretación adecuada de los resultados obtenidos.

- Realizar estudios comparativos y validaciones cruzadas para evaluar la precisión y confiabilidad de los productos generados por la herramienta CCDC en relación con otras fuentes de datos y métodos de monitoreo.

- Actualizar regularmente las zonas de estudio con la herramienta CCDC cuando este incorpore nuevos algoritmos, técnicas de procesamiento y conjuntos de datos satelitales para mejorar su capacidad de detección y clasificación de cambios en el uso del suelo.

- Fomentar la colaboración interdisciplinaria entre expertos en teledetección, ciencias ambientales y planificación territorial para enriquecer el desarrollo y aplicación de la herramienta CCDC en contextos específicos.

- Integrar el uso de Survey 123 en procesos de recolección, gestión y análisis de datos espaciales para mejorar la eficiencia y precisión de la información recopilada en campo.

- Establecer protocolos estandarizados para la captura de datos utilizando Survey 123, asegurando la consistencia y calidad de los datos recolectados para su posterior integración en sistemas de información geográfica.

- Facilitar la interoperabilidad entre diferentes plataformas y herramientas de SIG para permitir el intercambio fluido de datos y la colaboración entre equipos multidisciplinarios involucrados en proyectos de investigación y gestión ambiental.

- Explorar el potencial de análisis espacial avanzado y modelado predictivo utilizando datos recopilados con Survey 123 y otros sistemas de información geográfica para mejorar la toma de decisiones y la planificación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Alkaradaghi, K. , Ali, S. , Al-Ansari, N. and Laue, J. (2018) Evaluation of Land Use & Land Cover Change Using Multi-Temporal Landsat Imagery: A Case Study Sulaimaniyah Governorate, Iraq. *Journal of Geographic Information System*, **10**, 247-260. doi: 10.4236/jgis.2018.103013.

Alves, Andréa , (2023), Exploring Spectral Data, Change Detection Information and Trajectories for Land Cover Monitoring over a Fire-Prone Area of Portugal, **DOI** 10.5220/0011993100003473

Arévalo, P., E.L. Bullock, C.E. Woodcock & P. Olofsson. 2020. A Suite of Tools for Continuous Land Change Monitoring in Google Earth Engine. Front. Clim. 2:576740. doi: 10.3389/fclim.2020.576740

Arévalo P, Olofsson and C.E. Woodcock. Continuous monitoring of land change activities and post-disturbance dynamics from Landsat time series: a test methodology for REDD+ reporting P. .Department of Earth & Environment, Boston University, 685 Commonwealth Avenue, Boston,MA 02215, USA

Arévalo, P., and Bullock, E. (2020). gee-ccdc-tools. Zenodo. doi: 10.5281/zenodo.4029548

Bullock, E. 2021. Continuous Change Detection and Classification (CCDC). © World Bank.

Chen, S., Woodcock, C. E., Bullock, E. L., Arévalo, P., Torchinava, P., Peng, S., & Olofsson, P. (2021). Monitoring temperate forest degradation on Google Earth Engine using Landsat time series analysis. *Remote Sensing of Environment*. Advance online publication.

CAR, 2019. Metodología general zonificación Páramos.

Colombia. (2018). Ley 1930 de 27 de julio de 2018. Por la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los Páramos en Colombia y fijar directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento. Diario Oficial, 50.667. Disponible en

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Resolución 1769 de 2016: Por la cual se establece el procedimiento para la delimitación de las áreas urbanas y rurales de los municipios y distritos del país. Diario Oficial, 49.999.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2012 - 2023

Esri. (s.f.). How Analyze Changes Using CCDC Works. ArcGIS Pro Help. Recuperado de https://pro.arcgis.com/es/proapp/latest/tool-reference/image-analyst/how-analyze-changes-using-ccdc-works.htm

GEE, 2020. ee.Algorithms.TemporalSegmentation.Ccdc. https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-algorithms-temporalsegmentation-ccdc (accessed 27 May 2021).

Giannetti, F.; Pecchi, M.;Travaglini, D.; Francini, S.; D'Amico, G.; Vangi, E.; Cocozza, C.; Chirici, G. Estimating VAIA Windstorm Damaged Forest Area in Italy Using Time Series Sentinel-2 Imagery and Continuous Change Detection Algorithms. Forests 2021, 12, 680.

Hernán J. Andrade, Milena A. Segura, Diana S. Conservation of Soil Organic Carbon in the National Park Santuario de Fauna y Flora Iguaque, Boyacá-Colombia. Forests 2022, 13(8), 1275; https://doi.org/10.3390/f13081275

León Duran, M. V., & Acevedo Osorio, Álvaro. (2021). Sostenibilidad del manejo del suelo en procesos productivos de transición agroecológica: Ecosistemas, 302061. https://doi.org/10.7818/ECOS.2061

Lizeth Manuela Avellaneda-Torres, Andrea Patricia Pinilla Núñez, Laura Daniela Jerez Pérez, Baudilio Acevedo Buitrago. Heavy metals and pesticides in soils under different land-use patterns in neotropical high Andean Páramos. Rev. Bras. Ciênc. Solo.2022;46: e0210135.Soil Use and ManagementPollution, Soil Remediation and Recovery of Degraded Areas. DOI: 10.36783/18069657rbcs20210135

L.J. Blake, J.K. Chohan, M.P. Escobar,Agro-extractivism and neoliberal conservation: campesino abandonment in the Boyacá páramos, Colombia,Journal of Rural Studies,Volume 102,2023,103071, ISSN0743-0167, https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103071 (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016723001377)

Mills, S.C., Parra Sanchez, E., Socolar, J.B., Bousfield, C., Coffey, B., Barlow, J., Quintero, J.M.O., Haugaasen, T., Edwards, D.P. Avian biodiversity losses from grazing of high Andean páramo (2023) Biological Conservation, 286, art. no. 110298. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110298

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Políticas públicas ambientales. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/planeacion-y-seguimiento/politicas-publicas-ambientales/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018, 18 de mayo). Resolución 886. Recuperado de https://pisba.minambiente.gov.co/images/Normatividad/res_886_de_2018.pdf

Oswaldo Maillard, Marcio Flores-Valencia & Gilka Michme.2021. Protocolo metodológico estandarizado para evaluar procesos de regeneración postincendio en los sistemas socioecológicos en la Chiquitanía, Bolivia

Pasquarella, V. J., Arévalo, P., Bratley, K. H., Bullock, E. L., Gorelick, N., Yang, Z., & Kennedy, R. E. (2022). Demystifying LandTrendr and CCDC temporal segmentation. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 110, 102806. https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102806

Roa Peña, D. E., Parada Rodriguez, N., & Rodríguez Vasquez , R. A. (2023). Lineamientos estratégicos para una gestión agropecuaria sostenible en el marco del cambio climático en el páramo de Guerrero, Cogua, Cundinamarca, Colombia. Naturaleza Y Sociedad. Desafíos Medioambientales, (6), 193–221. https://doi.org/10.53010/nys6.07

Stefan Alexander Brück, Byron Daniel Medina Torres, Maria de Lourdes Teixeira de Moraes Polizeli,The Ecuadorian paramo in danger: What we know and what might be learned from northern wetlands,Global Ecology and Conservation,Volume 47,2023, e02639, ISSN 2351-9894, https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02639.

Walteros-Torres, I., Palacios-Pacheco, S., Cely, G. E., Serrano, P. A., y Moreno-Pérez, D. (2022). Influencia del cambio de uso del suelo sobre las reservas de carbono orgánico en el Parque Natural Regional Cortadera, Boyacá (Colombia). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 25(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1846

Xian, G., Smith, K., Wellington, D., Horton, J., Zshou, Q., Li, C., Auch, R., Brown, J., Zhu, Z., Reker, R., 2021. Implementation of CCDC to produce the LCMAP Collection 1.0 annual land surface change product. Earth Syst. Sci. Data Discuss. 1–37.

Xu, S.; Xiao, W.; Yu, C.; Chen, H.; Tan, Y. Mapping Cropland Abandonment in Mountainous Areas in China Using the Google Earth Engine Platform. *Remote Sens.* **2023**, *15*, 1145. https://doi.org/10.3390/rs15041145

ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas del levantamiento de información primaria en campo.

































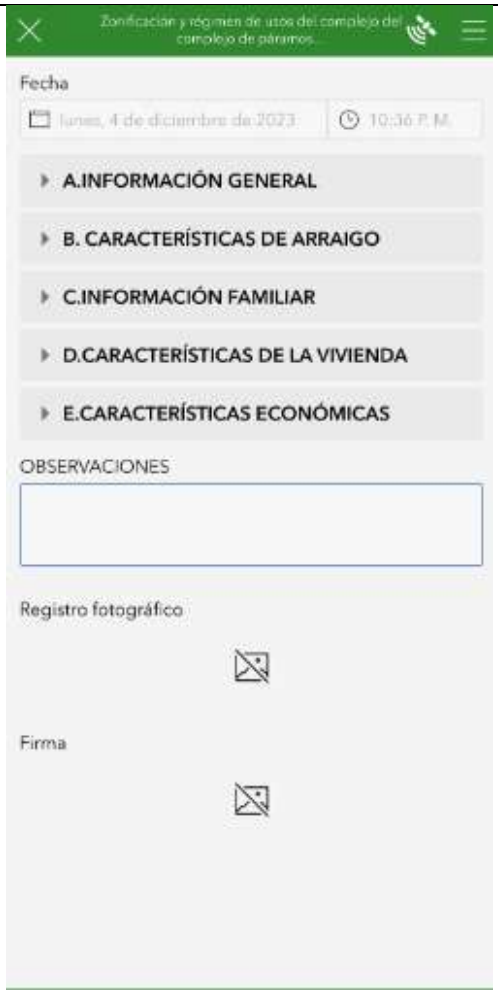






Anexo 2. Interfaz ficha técnica socioeconómica Survey123





B. CARACTERÍSTICAS DE ARRAIGO

1.¿Cuántos años continuos ha vivido en el predio?

2.¿Hace cuántos años viven sus ancestros en el predio?

3.¿Qué miembros de la familia han habitado en este predio?

C.INFORMACIÓN FAMILIAR

1.Número de familias que habita la vivienda:

Sin Determinar

Entero no válido

2.¿Cuál es el total de personas que habita la vivienda?

Sin Determinar

Entero no válido

3.Listado de personas residentes

4.La familia habita en:

Sin Determinar

5.¿Algún miembro de la familia pertenece a un grupo de población vulnerable?

Sin Determinar

6.¿Alguno de los miembros de su familia cuenta con discapacidad?

Sin Determinar

¿De qué tipo?

Sin Determinar

¿Cuál?

D.CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

1.Condición de ocupación de la vivienda:

Sin Determinar

2.Tipo de vivienda

Sin Determinar

¿Cuál?

3.La vivienda cuenta con servicios de:

Sin Determinar

4.Material predominante de las paredes

Sin Determinar

5.Material predominante del piso

Sin Determinar

6.Material predominante del techo

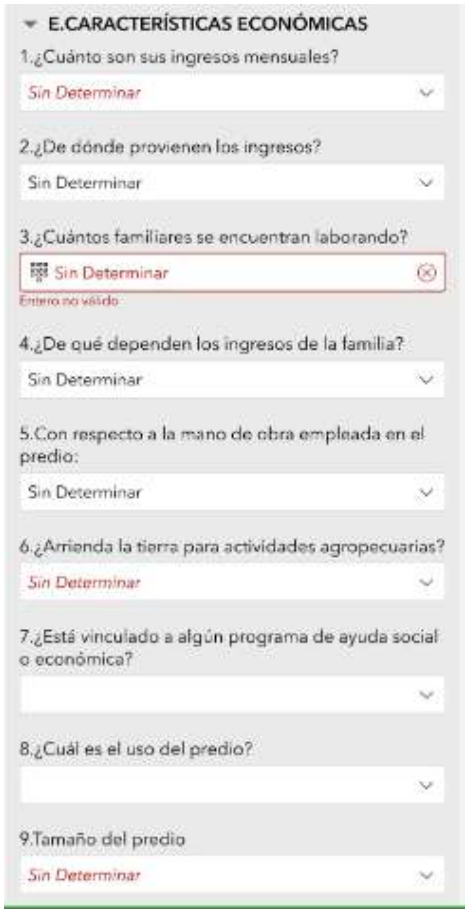
Sin Determinar

¿Cuál?

7.Construcción de la vivienda

Sin Determinar

6.¿De dónde obtiene el agua para consumo?



Anexo 3. Mapas Elaborados

Mapas Elaborados:

Mapa de localización CPG y área de estudio
Mapa Base Predial Complejo Páramo de Guerrero

Mapa del Tipo de titulación predial
Mapa de Uso actual del suelo
Mapa de Conflicto de Uso del Suelo
Mapa de Cobertura de Uso del Suelo CLC Nvl.3
Mapa de Zonificación Ambiental 2023
Mapa Veredal

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

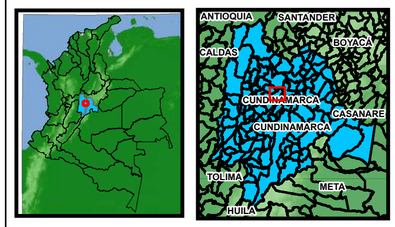
CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Uso Actual del Suelo
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General





Legenda

- 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición/1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
- 2.3.3. Pastos enmalezados/ 2.1.5. Tubérculos/2.3.1. Pastos limpios/2.1.1. Otros cultivos transitorios/2.1.2. Cereales/2.4.5. Mosa
- 3.1.5. Plantación forestal
- 3.2.2. Arbustal/3.2.1. Herbazal/3.1.4. Bosque de galería o ripario/3.1.1. Bosque denso

Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

CUNDINAMARCA

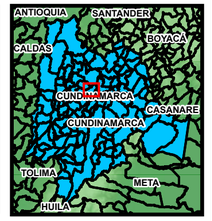
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

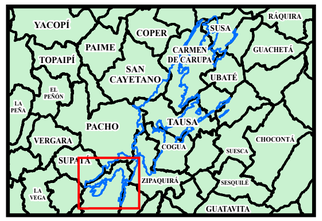
Mapa Conflicto de Uso del Suelo Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Legenda

- Tierras con sobre-utilización severa
- Tierras con sobre-utilización moderada
- Tierras con sobre-utilización ligera
- Tierras con sub-utilización severa
- Tierras con sub-utilización moderada
- Tierras con sub-utilización ligera
- Tierras sin conflicto o uso adecuado

Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Cuerpo de Agua
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Legenda

Reclass_Cuerpo_Agua
Cuerpo_Agu
Sin Cuerpo de Agua
Con Cuerpo de Agua

Convenciones

Vías
Vía Tipo 1
Vía Tipo 2
Vía Tipo 3
Vía Tipo 4
Vía Tipo 5

Hidrografía
Hidrografía
Laguna
Embalse
Límite Departamental
Límite Jurisdicción CAR
Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

PACHO

SUPATÁ

ZIPAQUIRÁ

CUNDINAMARCA

SAN FRANCISCO

SUBACHOQUE

TABIO

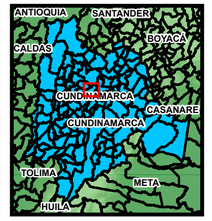
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

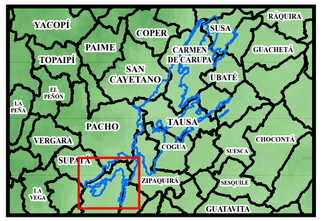
Mapa de Localización
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse

Límites
- Límite Municipal Subachoque
- Límite Municipal
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca
- Complejo de Páramos de Guerrero

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

CUNDINAMARCA

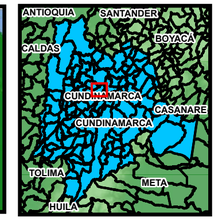
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Cobertura del Suelo
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Legenda

Reclass_Pendiente

Rango

- 0-3%/12-25%/ 3-7%/7-12%
- 25-50%
- >75%/50-75%

Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

CUNDINAMARCA

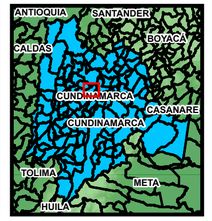
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

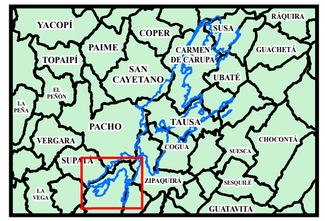
Mapa Veredal
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Legenda

Predial_Subachoque_Com
Vereda
- ALTANIA
- CANADA
- CANICA ALTA
- CASCAJAL
- EL GUAMAL
- EL PARAMO
- EL TOBAL
- LA UNION
- NEGRETE
- PANTANO DE ARCE
- RINCON SANTO
- SANTA ROSA

Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

VEREDA EL HATILLO

VEREDA ENCANTADO

VEREDA SAN MIGUEL

VEREDA CASCO URBANO

VEREDA MONTEDULCE

VEREDA NEGRETE

PACHO

VEREDA CANADA

VEREDA EL EMPALIZADO

VEREDA SAN ISIDRO

SUPATÁ

VEREDA SANTA BARBARA

VEREDA EL GUAMAL

ZIPAQUIRÁ

VEREDA PARAISO

VEREDA LAJAS

VEREDA PANTANO DE ARCE

VEREDA LA UNION

VEREDA RIO FRIO

SAN FRANCISCO

VEREDA SAN MIGUEL

VEREDA EL TOBAL

CUNDINAMARCA

VEREDA RINCON SANTO

VEREDA BARROBLANCO

SUBACHOQUE

VEREDA RIO FRI OOCCIDENTAL

VEREDA EL PARAMO

VEREDA CASCAJAL

TABIO

VEREDA LA LAJA

VEREDA ALTANIA

VEREDA SANTA ROSA

VEREDA RIO FRIO ORIENTAL

VEREDA EL VALLE

VEREDA EL CENTRO (LLANITOS)

VEREDA CANICA BAJA

VEREDA CANICA ALTA

VEREDA EL SALITRE

VEREDA LA HONDURA TIBAGOTA

VEREDA JUAICA

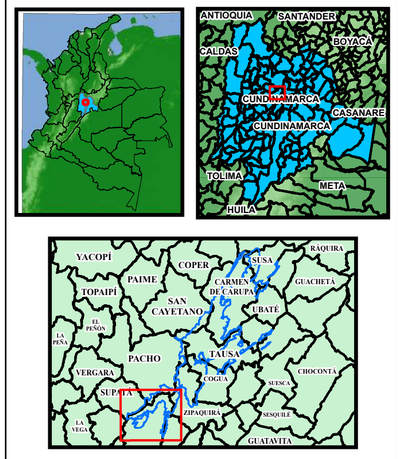
N

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Predial y Veredal del Área Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General



Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse

Límites
- Límite Municipal Subachoque
- Límite Municipal
- Límite Departamental
- Límite Veredal
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca
- Complejo de Páramos de Guerrero

Predios Guerrero
- No Visitado
- Visitado

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

CUNDINAMARCA

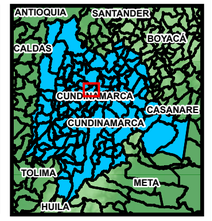
UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Tipo de titulación predial Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General







Legenda

Predial_Subachoque_Com

Tipo_Predi

- Predio Privado
- Predio de la CAR y/ o Municipio
- Predio del Departamento

Convenciones

Vías

- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía

- Hidrografía
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

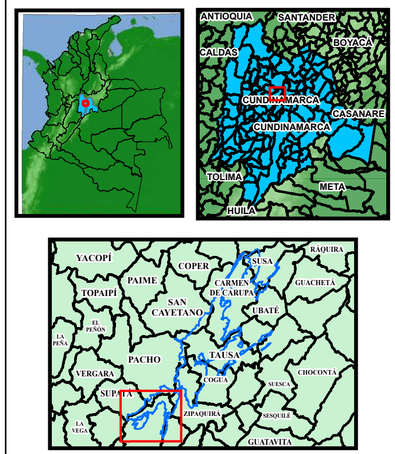
CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Uso Actual del Suelo
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General



Legenda

- Ganadería
- Agricultura
- Mixto
- Conservación

Convenciones

Vías
- Vía Tipo 1
- Vía Tipo 2
- Vía Tipo 3
- Vía Tipo 4
- Vía Tipo 5

Hidrografía
- Hidrografía
- Laguna
- Embalse
- Límite Departamental
- Límite Jurisdicción CAR
- Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

4865500 4869000 4872500 4876000 4879500

2118000 2114500 2111000 2107500 2104000

N

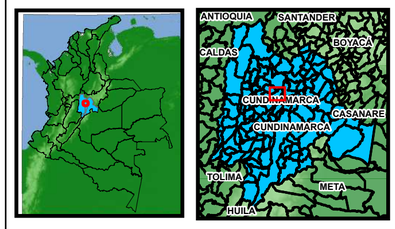
CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Mapa Zonificación
Complejo Páramo de Guerrero

Fuentes:
Cartografía base: IGAC suministrada a través de la CAR
Cartografía Temática: CAR, Álgebra de mapas

Localización General





Legenda

Reclass_Weig1:Reclass_W
Value
1
2
3

Convenciones

Vías
Vía Tipo 1
Vía Tipo 2
Vía Tipo 3
Vía Tipo 4
Vía Tipo 5

Hidrografía
Hidrografía
Laguna
Embalse
Límite Departamental
Límite Jurisdicción CAR
Límite Predial Cundinamarca

Escala 1:40.000

0 55 110 220 330 440

Kilometros

PARÁMETROS CARTOGRÁFICOS

SISTEMA DE COORDENADAS

Projected Coordinate System: MAGNA Colombia Origen Unico
Projection: Transverse Mercator
False Easting: 5000000,00000000
False Northing: 2000000,00000000
Centra Meridian: -73,00000000
Scale Factor: 0,99920000
Latitude Of Origin: 4,00000000

Elaboró:
M.Camila Rubiano

Marzo de 2024

LICENCIA Y AUTORIZACIÓN ESPECIAL PARA PUBLICAR Y PERMITIR LA CONSULTA Y USO DE CONTENIDOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL

Términos y condiciones de uso para publicación de obras en el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (RIUD)

Como titular(es) del(os) derecho(s) de autor, confiero (erimos) a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (en adelante, **LA UNIVERSIDAD**) una licencia para uso no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que integrará el Repositorio Institucional (en adelante, **RIUD**), de acuerdo a las siguientes reglas, las cuales declaro (amos) conocer y aceptar:

- Estará vigente a partir de la fecha en que se incluya en el **RIUD** y hasta por un plazo de diez (10) Años, prorrogable indefinidamente por el tiempo que dure el derecho Patrimonial del autor; la cual podrá darse por terminada previa solicitud a **LA UNIVERSIDAD** por escrito con una antelación de dos (2) meses antes del vencimiento del plazo inicial o el de su(s) prórroga(s).

- **LA UNIVERSIDAD** podrá publicar la obra en las distintas versiones requeridas por el **RIUD** (digital, impreso, electrónico u otro medio conocido o por conocer) LA **UNIVERSIDAD** no será responsable en el evento que el documento aparezca referenciado en motores de búsqueda o repositorios diferentes al **RIUD**, una vez el(os) autor(es) soliciten su eliminación del **RIUD**, dado que la misma será publicada en Internet.

- La autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, los autores renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica (*Creative Commons)*.

- Los contenidos publicados en el **RIUD** son obra(s) original(es) sobre la cual(es) el(os) autor(es) como titulares de los derechos de autor, asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante **LA UNIVERSIDAD** y ante terceros. En todo caso **LA UNIVERSIDAD** se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

- **LA UNIVERSIDAD** podrá incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para maximizar la visibilidad el uso y el impacto de la producción científica, artística y académica en la comunidad local, nacional o internacional.

- **LA UNIVERSIDAD** podrá convertir la obra a cualquier medio o formato con el fin de su preservación en el tiempo que la presente licencia y la de sus prórrogas.

Con base en lo anterior autorizo(amos), a favor del RIUD y de sus usuarios, la publicación y consulta de la siguiente obra:

Titulo		
Autor	**Apellidos**	**Nombres**
1	Rubiano Alarcón	María Camila
2		
3		

- Autorizo(amos), previa y expresamente, que la obra sea reproducida totalmente, almacena en las bases de datos de **LA UNIVERSIDAD** y puesta a disposición del público en los términos establecidos en los literales anteriores, bajo los límites definidos por **LA UNIVERSIDAD**, en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en el **RIUD**, cuyo texto completo se puede consultar en http://repository.udistrital.edu.co/.

- Conozco(cemos) y acepto(amos) que otorgo(amos) una licencia especial para publicación de obras en el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, licencia de la cual he (hemos) obtenido una copia.

- Manifiesto(amos) mi (nuestro) total acuerdo con las condiciones de uso y publicación en el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas que se describen y explican en el presente documento.

- Conozco(cemos) la normatividad interna de **LA UNIVERSIDAD**; en concreto, el Acuerdo 004 de 2012 del CSU, Acuerdo 023 de 2012 del CSU sobre Política Editorial, Acuerdo 026 del 31 de julio de 2012 sobre el procedimiento para la publicación de tesis de postgrado de los estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Acuerdo 030 del 03 de diciembre de 2013 por medio del cual se crea el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Acuerdo 038 de 2015 2015 "por el cual se modifica el Acuerdo 031 de 2014 de 2014 que reglamenta el trabajo de grado para los estudiantes de pregrado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se dictan otras directrices" y las demás normas concordante y complementarias que rigen al respecto, especialmente la ley 23 de 1982, la ley 44 de 1993 y la decisión Andina 351 de 1993. Estos documentos podrán ser consultados y descargados en el portal web de la biblioteca http://sistemadebibliotecas.udistrital.edu.co/

- Acepto(amos) que **LA UNIVERSIDAD** no se responsabiliza por las infracciones a la propiedad intelectual o Derechos de Autor causadas por los titulares de la presente Licencia y declaramos que mantendré (emos) indemne a **LA UNIVERSIDAD** por las reclamaciones legales de cualquier tipo que llegaren a presentarse por violación de derechos a la propiedad intelectual o de Autor relacionados con los documentos registrados en el **RIUD**.

- El (los) autor(es) manifiesta(mos) que la obra objeto de la presente autorización es original, de exclusiva autoría, y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros; de tal suerte, en caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra, el (los) estudiante(s) – autor(es) asumirá(n) toda la responsabilidad y saldrá(n) en defensa de los derechos aquí autorizados. Para todos los efectos, **LA UNIVERSIDAD** actúa como un tercero de buena fe.

- El (los) autor(es) manifiesta(mos) que conozco(cemos) la autonomía y los derechos, que posee(mos) sobre la obra y, como tal, es (somos) responsable(s) del alcance jurídico y legal, de escoger la opción de la publicación o de restricción de la publicación del documento registrado en el **RIUD**.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, LOS AUTORES GARANTIZAN QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS

DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

En constancia de lo anterior, firmo(amos) el presente documento, en la ciudad de Bogotá, D.C., a los

FIRMA DE LOS TITULARES DE DERECHOS DE AUTOR



_____ C.C. No. 1000718302

Correo Electrónico Institucional del (de los) Autor(es):

Autor	Correo Electrónico
1	mcrubianoa@udistrital.edu.co
2	
3	

Nombre de Director(es) de Grado:

1	Andrés Cárdenas Contreras
2	
3	

Nombre Facultad y Proyecto Curricular:

Facultad	Proyecto Curricular
Ingeniería	Catastral y Geodesia

Nota: En caso de que no esté de acuerdo con las condiciones de la presente licencia, y manifieste alguna restricción sobre la obra, justifique los motivos por los cuales el documento y sus anexos no pueden ser publicados en el Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas RIUD.

Si requiere más espacio, puede anexar una copia similar a esta hoja