



Análisis multitemporal de cambios en la cobertura del suelo y sus impactos socioambientales en Buriticá, Antioquia (2006- 2023)

Angie Tatiana Portilla Jurado
Diana Yolani Samara Marín Bautista
Jorge Andrés Castañeda Sossa
Olga Paulina Bahamón Cardoso
Yerson Manuel Veloza Torres

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Asesor: Ana María Giraldo Patiño, Magíster (MSc)

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual
Manizales, Caldas, Colombia
2025

Cita	(Portilla Jurado et al, 2025)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Portilla Jurado, A.T.; Marín Bautista, D. Y. S.; Castañeda Sossa, J.A.; Bahamón Cardoso, O.P.; Veloza Torres, Y. M. (2025). <i>Análisis multitemporal de cambios en la cobertura del suelo y sus impactos socioambientales en Buriticá, Antioquia (2006-2023)</i> . [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.



Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual, II

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como ChatGPT, Turnitin, Copilot, de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: www.umanizales.edu.co

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

ANGIE TATIANA PORTILLA JURADO

A Dios, que obra de manera permanente, para que cada uno de mis propósitos siempre sean una realidad, a mi adorada Madre, Ana Lucia Jurado, por ser fuente inagotable de amor, apoyo e inspiración a lograr cada una de mis metas, a mi Esposo, por su compañía siempre solidaria y oportuna en todo este proceso académico.

DIANA YOLANI SAMARA MARÍN BAUTISTA

Agradezco a Dios por darme la fuerza, la salud y la sabiduría para culminar este proceso. A mis padres, Samuel y Mirian, por su amor y ejemplo constante. A mis hermanos, Yerson y Tatiana, por su apoyo incondicional. Y a mi sobrina Majito, por ser luz y alegría en mi vida. Este logro es para ustedes.

JORGE ANDRÉS CASTAÑEDA SOSSA

A Dios, quien abrió la puerta del camino por el que hoy recorro. No sé dónde estaría si no fuera por Él. A mi esposa, Natalia Prieto, motor y fuente de inspiración en cada paso que doy. A mis padres, Jorge Alberto y Rosario, por jamás rendirse en darme lo mejor. A mis hermanas, siempre ejemplo para mí. Y a Umah, por su compañía siempre fiel mientras escribía estas líneas.

OLGA PAULINA BAHAMÓN CARDOSO

A Dios, por estar siempre a mi lado, por ser mi guía constante y la fuerza que sostiene cada uno de mis pasos. Sin Él, nada de esto habría sido posible. A mis padres, Ruperto y Olga Lucía, por darme el ser y enseñarme, a su manera, que la vida se construye con esfuerzo, determinación y trabajo duro. Gracias por impulsarme, a ser independiente y a luchar por mis metas. A mi madre adoptiva, Paulina, por ser mi ejemplo y mi compañía constante. Gracias por brindarme siempre su amor, comprensión y sabiduría. A mi esposo, Manuel Solórzano, por ser mi refugio en los momentos difíciles, por su apoyo incondicional y por ser esa motivación diaria que me impulsa a seguir adelante. A mis hijos, Chelsy, Manuel, Laura y Matías, por ser la luz de mis días, la razón de mi esfuerzo y la inspiración que me impulsa a superarme cada día. Ustedes son mi mayor orgullo y mi felicidad absoluta.

YERSON MANUEL VELOZA TORRES

A Dios, por ser el guía de mi camino, a mis padres Ignacio Veloza y Marta Torres por permitirme seguir creciendo paso a paso, a Dayana Quintero por su apoyo constante e incondicional durante este importante proceso de crecimiento personal y académico.

Agradecimientos

Primero que todo agradecer de manera especial a nuestra Universidad de Manizales por ser la institución académica la cual nos permite dar un paso más en nuestro crecimiento académico, brindando la mejor y alta calidad en todos sus programas,

A nuestros profesores que cada uno de ellos apporto su conocimiento desde cada una de las asignaturas.

A nuestra tutora, Ana María Giraldo Patiño, Magíster (MSc), por compartirnos su conocimiento y experiencia en este proyecto, siendo guía fundamental para que este proyecto sea de la más alta calidad y aceptación.

A nosotros como compañeros de grupo que desde el día número uno hemos estado brindando lo mejor de nosotros desde nuestro conocimiento, esfuerzo y dedicación.

Y las demás personas que han aportado de manera directa e indirecta para que esto fuera hoy posible.

Tabla de contenido

Resumen	12
Abstract	13
1. Introducción	14
2. Planteamiento del problema.....	15
2.1. Descripción del área de estudio.....	17
2.2. Formulación del problema	20
2.3. Antecedentes	21
3. Justificación	26
4.1. Hipótesis de trabajo.....	28
4.1.1. Hipótesis nula.....	28
4.1.2. Hipótesis alterna.....	28
4.1.3. Variables.	28
5. Objetivos	29
6. Marco teórico.....	30
6.1. Análisis multitemporal	30
6.2. Cobertura vegetal	30
6.3. Estudios multitemporales	31
6.4. Imágenes satelitales.....	31
6.5. Impactos socioambientales.....	31
6.6. Metodología Corine Land Cover.....	32
6.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	32
6.8. Sensores remotos.....	32
6.9. Sostenibilidad territorial	33
6.10. Uso de suelo	33

7.	Metodología.....	33
7.1.	Enfoque metodológico	34
7.2.	Tipo de estudio	34
7.3.	Desarrollo Metodológico.....	35
7.3.1.	Fase 1 Identificación de coberturas del suelo en el municipio de Buriticá - Antioquia	35
7.3.2.	Fase 2. Determinación de los cambios de las coberturas del suelo en Buriticá Antioquia.....	48
7.3.3.	Fase 3 Análisis de los impactos socioambientales generados por los cambios de uso y cobertura del suelo en Buriticá Antioquia	50
7.3.4.	Fase 4 Estrategias para mitigar los impactos asociados a la pérdida o alteración de las coberturas de uso de suelo en Buriticá Antioquía.....	50
8.	Resultados.....	51
8.1.	Resultados Fase 1	51
8.1.1.	Coberturas del suelo – Año 2006.....	51
8.1.2.	Coberturas del suelo – Año 2010.....	55
8.1.3.	Coberturas del suelo – Año 2014.....	58
8.1.4.	Coberturas del suelo – Año 2019.....	61
8.1.5.	Coberturas del suelo – Año 2023.....	64
8.2.	Resultados Fase 2	67
8.2.1.	Análisis de los EOT	67
8.2.2.	Cambios en las coberturas de suelo	70
8.3.	Resultados Fase 3	76
8.3.1.	Impactos Ambientales.....	76
8.3.2.	Impactos Sociales.....	78
8.4.	Resultados Fase 4	86
8.4.1.	Fortalecimiento Institucional	88
8.4.2.	Restauración ecológica	89

8.4.3. Gestión del recurso hídrico	90
8.4.4. Regulación crecimiento urbano	90
8.4.5. Practicas sostenibles.....	91
8.4.6. Restablecimiento social	91
8.4.7. Educación ambiental.....	92
9. Discusión.....	92
10. Conclusiones	94
11. Recomendaciones.....	95
12. Referencias	97

Lista de tablas

Tabla 1 Características de las imágenes satelitales seleccionadas	36
Tabla 2 Clases de coberturas consideradas	45
Tabla 3 Áreas por cobertura años 2006.....	52
Tabla 4 Áreas por cobertura años 2010.....	55
Tabla 5 Áreas por cobertura años 2014.....	58
Tabla 6 Áreas por cobertura años 2019.....	61
Tabla 7 Áreas por cobertura años 2023.....	64
Tabla 8 Cambios en las coberturas de suelo 2006 - 2023	71
Tabla 9 Cambios de cobertura.....	72
Tabla 10 Porcentajes de coberturas 2006 - 2023.....	73
Tabla 11 Matriz de análisis de involucrados	79

Lista de figuras

Figura 1 Localización del municipio de Buriticá, Antioquia	18
--	----

Figura 2 Búsqueda de la zona de estudio	35
Figura 3 Presencia de alta nubosidad en el área de estudio año 2018.....	36
Figura 4 Area de la imagen seleccionada año 2006 sin corrección de banda	37
Figura 5 Area de la imagen seleccionada año 2006 con corrección de banda	37
Figura 6 Composición color natural año 2006	37
Figura 7 Composición falso color año 2006	37
Figura 8 Area de la imagen seleccionada año 2023 sin fusión pancromática (escala 1:15000)	39
Figura 9 Area de la imagen seleccionada año 2023 con fusión pancromática (escala 1:15000) ...	39
Figura 10 Imagen satelital final procesada año 2006.....	40
Figura 11 Imagen satelital final procesada año 2010.....	40
Figura 12 Imagen satelital final procesada año 2014.....	41
Figura 13 Imagen satelital final procesada año 2019.....	41
Figura 14 Imagen satelital final procesada año 2023	42
Figura 15 Asistente para la clasificación de imágenes.....	43
Figura 16 Creación de muestras de entrenamiento	44
Figura 17 Asignación de cada muestra de entrenamiento a cada píxel.....	46
Figura 18 Archivo Ráster final, clasificación supervisada.....	47
Figura 19 Áreas por cobertura años 2006	53
Figura 20 Resultados clasificación supervisada año 2006.....	54
Figura 21 Áreas por cobertura años 2010	56
Figura 22 Resultados clasificación supervisada año 2010.....	57
Figura 23 Áreas por cobertura años 2014	59
Figura 24 Resultados clasificación supervisada año 2014.....	60
Figura 25 Áreas por cobertura años 2019	62
Figura 26 Resultados clasificación supervisada año 2019	63

Figura 27 Áreas por cobertura años 2023	64
Figura 28 Resultados clasificación supervisada año 2023	66
Figura 29 Uso de suelos definido en el EOT del 2023.....	68
Figura 30 Comparación EOT 2000 y EOT 2023	70
Figura 31 Comparación cobertura suelo 2006 – 2023	74
Figura 32 Coberturas que se mantienen	75
Figura 33 Principales impactos ambientales y sociales identificados.....	85
Figura 34 Objetivos de desarrollo sostenible	87
Figura 35 Estrategias propuestas.....	88

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Sigla / Acrónimo / Abreviatura	Significado
AD	Arbustal denso
APA	American Psychological Association
ArcGIS	Geographic Information System by ESRI
BD	Bosque denso
BF	Bosque fragmentado
BGR	Bosque de galería y ripario
Cms.	Centímetros
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DEM	Digital Elevation Model
ENVI	Environment for Visualizing Images
ERDAS	Earth Resources Data Analysis System
ERIC	Education Resources Information Center
Esp.	Especialista
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
GIS	Geographic Information Systems
HD	Herbazal denso
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
MLC	Maximum Likelihood Classification
MP	Magistrado Ponente
MPCEN	Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales
MSc	Magister Scientiae
N	Nubes
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OLI	Operational Land Imager
Párr.	Párrafo
PBQ-SF	Personality Belief Questionnaire Short Form
PE	Pastos enmalezados
PhD	Philosophiae Doctor
PL	Pastos limpios
PostDoc	PostDoctor
QGIS	Quantum Geographic Information System
R	Ríos
RGB	Red Green Blue
SIG	Sistemas de Información Geográfica

Sigla / Acrónimo / Abreviatura	Significado
TD	Tierras desnudas y degradadas
TM	Thematic Mapper
TUC	Tejido urbano continuo
TUD	Tejido urbano discontinuo
UManizales	Universidad de Manizales
USGS	United States Geological Survey
ZIC	Zonas industriales comerciales

Resumen

Entre los años 2006 y 2023, el municipio de Buriticá, Antioquia (Colombia) ha experimentado transformaciones significativas en la cobertura y uso del suelo, influenciadas por factores como el crecimiento de actividades extractivas, la expansión urbana y el cambio en el uso del territorio. El presente estudio permitió identificar dichos cambios por medio de un enfoque multitemporal, apoyado en técnicas de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A partir del procesamiento de imágenes satelitales, así como de técnicas de clasificación supervisada bajo el modelo CORINE Land Cover, se identificaron y cuantificaron las coberturas del suelo durante el periodo de estudio, así como sus principales variaciones. Además, se realizó un análisis documental de fuentes secundarias con el fin de caracterizar los impactos socioambientales derivados de la transformación del paisaje.

Los resultados evidencian que estos cambios han generado afectaciones ambientales, como la pérdida de coberturas naturales, la intensificación de la minería a gran escala y el crecimiento de áreas urbanizadas, así como tensiones sociales relacionadas con limitaciones en servicios básicos y aumento de la percepción de inseguridad.

Todo lo anterior permitió proponer estrategias orientadas a mitigar dichos impactos, entre ellas el fortalecimiento institucional para promover la participación social activa de los actores involucrados, con el fin de convertirla en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones a nivel local.

Palabras clave: SIG, cobertura vegetal, uso del suelo, CORINE Land Cover, imágenes satelitales, estudios multitemporales, impactos socioambientales, Antioquia, estrategias de mitigación.

Abstract

Between 2006 and 2023, the municipality of Buriticá, Antioquia (Colombia) experienced significant transformations in land cover and land use, driven by factors such as the growth of extractive activities, urban expansion, and changes in territorial use. This study identified these changes through a multitemporal approach supported by remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS).

By processing satellite imagery and applying supervised classification techniques under the CORINE Land Cover model, land cover types and their main variations over the study period were identified and quantified. Additionally, a documentary analysis of secondary sources was conducted to characterize the socio-environmental impacts resulting from landscape transformation.

The results show that these changes have generated environmental impacts, such as the loss of natural cover, the intensification of large-scale mining, and the growth of urbanized areas, as well as social tensions related to limited basic services and increased perceptions of insecurity.

All these findings supported the proposal of strategies to mitigate these impacts, including institutional strengthening to promote active social participation among stakeholders, aiming to make it a useful tool for local decision-making.

Keywords: Mining, GIS, land cover change, land use, multitemporal analysis, socio-environmental impacts, territorial sustainability, Antioquia, Impact mitigation strategies.

1. Introducción

El municipio de Buriticá, ubicado en el occidente del departamento de Antioquia, Colombia ha sido escenario de cambios drásticos, a lo largo de las últimas décadas, ligados a las actividades antrópicas, más precisamente con la minería. Esta región, reconocida por su riqueza aurífera y su localización estratégica dentro de la subregión del Occidente antioqueño, ha experimentado un crecimiento acelerado de la minería, lo que ha modificado de manera sustancial su dinámica económica, social y ambiental.

A nivel nacional, la minería aurífera ha sido históricamente relevante para el desarrollo económico, alcanzando un papel protagónico en el presente siglo. Entre 2008 y 2013, el sector extractivo fue uno de los de mayor crecimiento y llegó a ser el principal receptor de inversión extranjera directa, aportando hasta el 10 % a las finanzas públicas (Pérez, 2017, citado en (Toro, Mazo-Zapata, & Zapata, 2020, pág. 273)). En este contexto, Buriticá surgió como uno de los escenarios mineros más relevantes tras el hallazgo de un yacimiento considerado “uno de los más grandes del continente y de los más prometedores del mundo” como lo menciona Bonilla Calle (2023).

El proyecto Buriticá, actualmente operado por Zijin Continental Gold, cuenta con reservas estimadas en 3,7 millones de onzas de oro y más de 10 millones de onzas de plata, con una capacidad proyectada de procesamiento de 4.000 toneladas diarias de material (Zijin Continental Gold, 2023; Portafolio, 2020, citados en (Henao Castañeda, 2023, pág. 42)). La magnitud de esta operación ha incentivado procesos de migración, ampliación de la frontera urbana y cambios en el uso y cobertura del suelo, con efectos directos sobre los ecosistemas locales y sobre la forma en que las comunidades desarrollan sus actividades cotidianas.

Entre los principales impactos asociados a estas transformaciones se destacan “choque cultural, pérdida de identidad, aumento de alcoholismo, drogadicción, prostitución y delincuencia; impactos severos como colapso de servicios públicos, aparición de plagas, construcciones de alto riesgo, tala de árboles y migración de animales; así como impactos positivos, como incremento del comercio y el empleo” (Domínguez Rave, Torra Ruiz, Romero Bejarano, & López Arango, 2020, pág. 1). De la misma manera, se han documentado afectaciones ambientales, como la contaminación y deterioro del recurso hídrico, el deterioro del suelo, deslizamientos en veredas y

la disminución de la actividad agrícola con la consecuente afectación a diferentes cultivos (Domínguez Rave, Torra Ruiz, Romero Bejarano, & López Arango, 2020, pág. 6)

En este contexto, resulta importante analizar las transformaciones de la cobertura del suelo y sus consecuencias, no solo para comprender la magnitud de los cambios, sino también para aportar información que respalde la toma de decisiones orientadas a un desarrollo más equilibrado. Por ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo han influido los cambios en la cobertura del suelo en el municipio de Buriticá entre 2006 y 2023, y cuáles son sus consecuencias socioambientales?

Para responder esto, se propone un estudio donde se analizan los cambios en la cobertura del suelo, usando herramientas de percepción remota, SIG y metodología CORINE Land Cover, que permiten identificar y medir los cambios en las coberturas del suelo, además del uso de fuentes documentales para la identificación de los impactos socioambientales que se presentan en el área de estudio.

Los resultados de este trabajo proporcionan información base para la toma de decisiones por parte de las autoridades territoriales, con el fin de equilibrar el crecimiento económico con la protección de los recursos naturales y el bienestar de la comunidad.

2. Planteamiento del problema

El incremento de la población mundial y las transiciones socioeconómicas actuales han aumentado la presión sobre los ecosistemas, lo que se ha visto reflejado en una modificación de las coberturas y usos del suelo, cambios que están ligados a procesos sociales, económicos y políticos que transforman los paisajes naturales (Lambin, 1997) (Chen & Yang, 2008). Entre estas actividades económicas, la minería destaca como un factor clave, ya que, es responsable de rápidamente modificar dichos factores.

A nivel global, la minería constituye un sector clave cuyo impacto económico tiende a incrementarse en periodos de altos precios internacionales de los minerales (Machado Aráoz, 2009) Esta actividad genera efectos significativos en la estructura social de las regiones, al transformar la dinámica ambiental, económica y demográfica de los territorios donde se desarrolla (Díaz Ayure, 2014).

Desde mediados de los ochenta, Latinoamérica ha sido foco de reformas económicas y políticas, con el objetivo de convertirla en un centro para las inversiones del mundo. En Colombia, estas modificaciones en la norma se pueden ver en la Ley 685 de 2001 y la Ley 963 de 2005, donde se favorece la inversión extranjera en la minería (Machado Aráoz, 2009) (Congreso de Colombia, 2005). Lo cual ha transformado regiones enteras, grandes zonas agrícolas y ganaderas se convirtieron en áreas mineras industrializadas. Por ejemplo, la creación de la Agencia Nacional de Minería en 2011 y las políticas de los gobiernos colombianos han impulsado esta tendencia, buscando más competitividad y atrayendo inversión privada.

La transición de zonas agrícolas y ganaderas en zonas para la actividad minera, implican una reconfiguración del territorio, debido a que provoca alteraciones sustanciales en los usos del suelo definidos por el ordenamiento territorial; además genera cambios considerables en las coberturas vegetales, las cuales son esenciales para el equilibrio de los ecosistemas locales. (Flórez-Yepes, Rincón-Santamaría, Cardona, & Alzate-Álvarez, 2017).

Los mayores impactos socioambientales asociados a la minería se evidencian en el recurso hídrico. Uno de los procesos utilizados para la obtención de oro es la cianuración, aplicada en la etapa de beneficio del mineral, la cual puede generar contaminación significativa; sin embargo, no es el único factor responsable de las modificaciones observadas. La erosión y los deslizamientos, derivados de la remoción de cobertura vegetal y del movimiento de suelos, también contribuyen a la fragmentación del paisaje. De acuerdo con Ceballos Espinosa y Toro R (2012), quienes analizan la susceptibilidad de erosión por el cambio de cobertura generado por la minería, “el sistema productivo presente en la zona que más impactos ambientales genera es la producción pecuaria, seguida de la minería; impactos que están reflejados en deslizamientos, cárcavas y fragmentación del paisaje” (pág. 56).

Estos cambios evidencian la transformación de los ecosistemas como resultado de la actividad humana. Zonas antes cubiertas por bosques y hábitats naturales han pasado a convertirse en paisajes modificados, con alteraciones en la cobertura y el uso del suelo. En el caso de la minería, ciertas prácticas pueden generar contaminación de fuentes hídricas y degradación del suelo, lo que se suma a los procesos de transformación del territorio. Asimismo, los denominados “booms” mineros suelen estar asociados a incrementos poblacionales que modifican la dinámica social y territorial. Dada esta situación, entender estos cambios en el uso y la cobertura del suelo, son clave para comprender los impactos de las diferentes actividades antrópicas, pues, como señalan Flórez-

Yepes et al. (2017), “para entender las problemáticas ambientales presentes en un determinado territorio, es preciso estudiarlo de manera sistémica”.

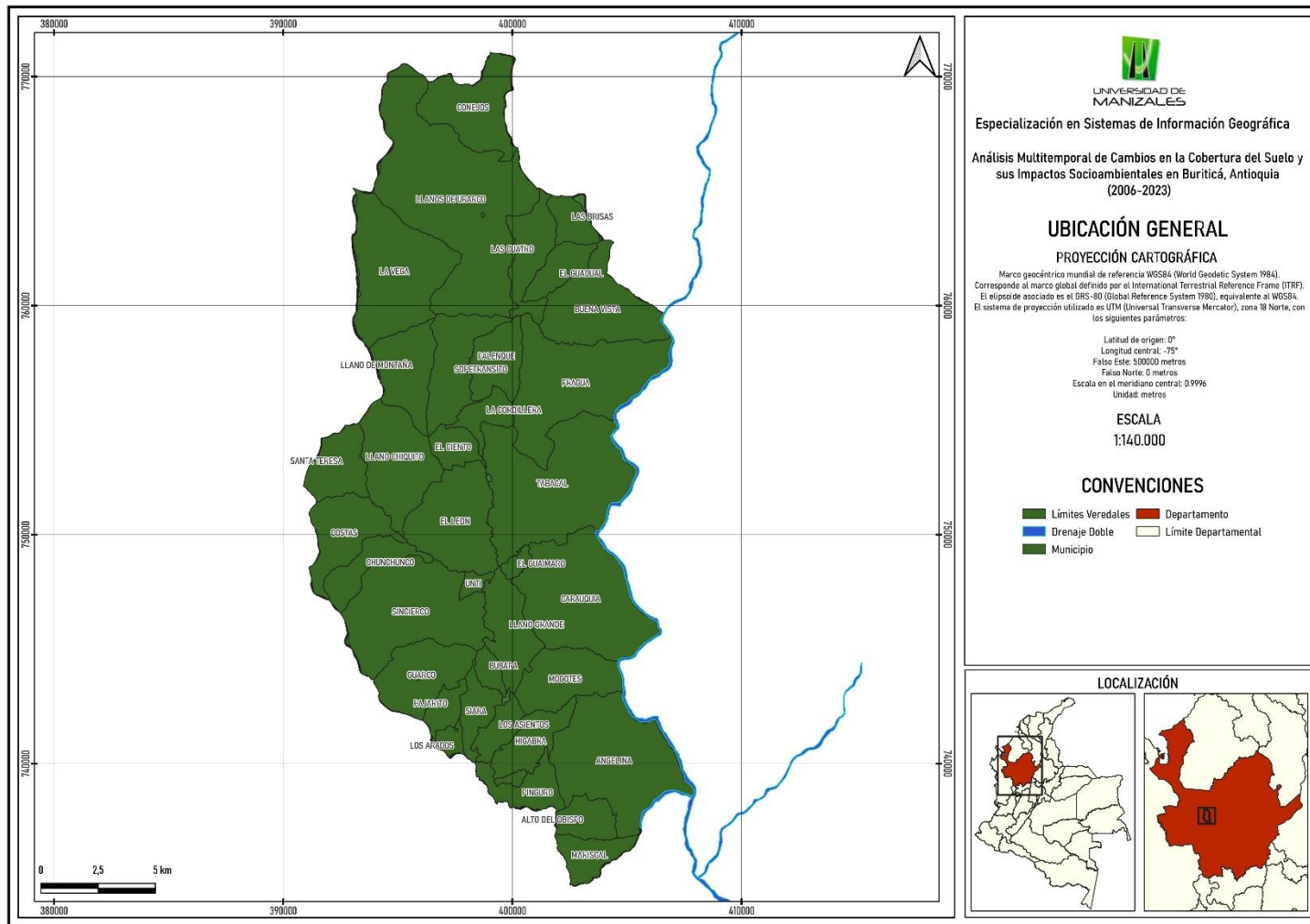
En este sentido, analizar las dinámicas de uso y cobertura del suelo resulta fundamental, ya que no solo permite identificar los impactos sociales y ambientales producto de las actividades socioeconómicas, sino que también facilita la planificación de un ordenamiento territorial más sostenible. De esta manera, se podrían gestionar de forma adecuada los territorios afectados y, aunque esta tarea presenta desafíos, constituye un paso necesario para equilibrar el desarrollo con la conservación.

2.1. Descripción del área de estudio

Buriticá, es un municipio ubicado en el departamento de Antioquia, Colombia, a 93 kilómetros de Medellín cuenta con una extensión territorial de 364 km² y presenta una temperatura promedio de 21 °C. Su territorio está conformado por cinco corregimientos y 32 veredas (ver figura 1). Tradicionalmente su economía se sustentaba en actividades agropecuarias que garantizaban la seguridad alimentaria local y regional, así como el comercio hacia otros municipios del Occidente Antioqueño (Tunjano Gutiérrez, 2023). Sin embargo, en las últimas dos décadas, la expansión de la actividad minera ha generado una profunda reconfiguración de su territorio y de las dinámicas sociales, económicas y ambientales (Tunjano Gutiérrez, 2023, pág. 42)

Figura 1

Localización del municipio de Buriticá, Antioquia



Buriticá forma parte del Bajo Cauca, una de las áreas más ricas en recursos minerales del país, caracterizada por la presencia de importantes depósitos auríferos en ríos como el Cauca y el Nechí (Bonilla Calle, 2023). El hallazgo y explotación de uno de los yacimientos auríferos más grandes del continente atrajo empresas transnacionales y un flujo migratorio masivo, especialmente de población joven, que abandonó el sector agrícola en busca de ingresos más altos en la minería.

Según datos de la Alcaldía Municipal de Buriticá (2020), la población residente era de aproximadamente 6.000 habitantes; sin embargo, durante los picos de actividad minera, la población flotante llegó a superar las 15.000 personas, lo que incrementó la presión sobre los servicios públicos, el uso del suelo y los recursos naturales. En este sentido, Tunjano Gutiérrez (2023) señala que el cambio en el uso del suelo ocasionado por la minería ha generado pérdida de cobertura vegetal, erosión, fragmentación de ecosistemas y modificaciones morfológicas por la remoción de capas superficiales, lo que incrementa la inestabilidad del terreno y el riesgo de deslizamientos.

El componente ambiental presenta un deterioro significativo. La desviación de cauces y el vertimiento de contaminantes como mercurio y cianuro han afectado la calidad del agua, reduciendo su disponibilidad para consumo humano, riego y actividades pecuarias. La sedimentación, la pérdida de biodiversidad—incluyendo especies endémicas como el *Thryophilus sernai* o cucarachero paisa—y la contaminación visual y atmosférica son problemas documentados que impactan la salud y la funcionalidad ecológica de la región (Tunjano Gutiérrez, 2023).

Según Domínguez Rave, Torra Ruiz, Romero Bejarano y López Arango (2020), la llegada de economías extractivas ha generado tensiones territoriales, incremento de la densidad poblacional y cambios en las estructuras comunitarias, así como problemas de seguridad, prostitución, consumo de sustancias psicoactivas y desplazamientos internos. Además, la dependencia de la minería ha limitado la diversificación económica y ha aumentado la vulnerabilidad frente a las fluctuaciones del precio del oro (Giraldo Ramírez, 2013) (Ortiz Riomalo & Rettberg, 2018).

Estas dinámicas plantean un desafío para el desarrollo sostenible del municipio. Según la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987), el desarrollo sostenible implica satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. En el caso de Buriticá, lograr este equilibrio requiere articular la explotación

de recursos minerales con la conservación de los ecosistemas y la protección del tejido social, mediante políticas de ordenamiento territorial, control ambiental y diversificación económica que permitan reducir la presión sobre el territorio y sus recursos. Todo lo anterior establece las bases para un análisis integral que permita comprender los efectos de los cambios en el uso y la cobertura del suelo sobre la dimensión socioambiental en Buriticá.

2.2. Formulación del problema

Entre 2006 y 2023, el municipio de Buriticá, Antioquia, ha experimentado transformaciones significativas en su territorio, relacionadas con la transición de una economía basada principalmente en la agricultura hacia una dinámica extractiva minera. Antes de 2011, la producción agrícola y, en menor medida, la ganadería, constituían la base de la economía local. Sin embargo, el descubrimiento de importantes yacimientos de oro y plata modificó esta estructura, atrajo a nuevas poblaciones y a grandes compañías internacionales como Zijin Continental Gold, que consolidó operaciones a gran escala a partir de 2020.

Este proceso no se limita a un cambio económico, sino que ha generado una serie de impactos ambientales y sociales que se reflejan directamente en las coberturas del suelo y en la concepción del ordenamiento territorial. La minería implica la deforestación y pérdida de vegetación como consecuencia de la apertura de vías, la instalación de campamentos, la construcción de túneles y la expansión de zonas de extracción, lo que conlleva a procesos de erosión, fragmentación de hábitats, pérdida de biodiversidad y desestabilización de ecosistemas estratégicos. La remoción de grandes volúmenes de tierra mediante maquinaria pesada produce extensas áreas degradadas y desnudas, donde se pierde la capa fértil del suelo y se imposibilita su uso posterior para actividades agrícolas o ganaderas.

Los recursos hídricos también se ven gravemente alterados. La captación intensiva de agua para procesos extractivos, sumada a la contaminación por vertimientos de sustancias tóxicas como mercurio y cianuro, deteriora la calidad de las quebradas y ríos, modificando los ecosistemas acuáticos y poniendo en riesgo el abastecimiento para la población. A estos efectos se suma la expansión de la frontera minera, que incrementa las zonas intervenidas, disminuye las áreas de bosque y genera fragmentación del territorio, mientras que la minería subterránea ha

desestabilizado el terreno, ocasionando deslizamientos, hundimientos y colapsos que alteran la morfología del paisaje.

De manera directa e indirecta, la minería transforma los usos del suelo al desplazar actividades agrícolas y ganaderas hacia la extracción minera, a su vez, promueve la aparición de nuevos asentamientos urbanos por la llegada de trabajadores y población foránea, esto deriva en una presión creciente sobre los servicios ecosistémicos y en tensiones sociales vinculadas con la tierra, los conflictos por el acceso a recursos naturales y la distribución desigual de beneficios y costos ambientales. Se suma además la alteración de las prácticas tradicionales, la pérdida de formas de vida campesina y el aumento de riesgos para la salud y la seguridad alimentaria.

El periodo 2006-2023 constituye un marco temporal clave porque abarca desde el descubrimiento de los yacimientos hasta la consolidación de la explotación industrial, durante estos años se han producido transformaciones significativas en las coberturas del suelo, que pueden ser evidenciadas a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales y contrastadas con los cambios normativos y de planificación territorial.

En este sentido, resulta fundamental investigar de qué manera las dinámicas económicas asociadas a la minería han incidido en el ordenamiento del territorio y en las coberturas del suelo, cuáles han sido las transformaciones más relevantes en el periodo de estudio y qué implicaciones sociales y ambientales se derivan de estos cambios. Esta reflexión no solo permite comprender el impacto de la minería en Buriticá, sino también aportar a la discusión sobre los retos que enfrentan los municipios en Colombia donde los proyectos extractivos reconfiguran la relación entre sociedad, ambiente y territorio.

2.3. Antecedentes

En las últimas décadas, Buriticá ha experimentado una reconfiguración significativa en el uso del suelo, impulsada por el ingreso de nuevas economías que han desplazado actividades tradicionales. Este cambio ha generado transformaciones visibles en las coberturas del suelo y ha introducido dinámicas sociales y ambientales nuevas para la región. La modificación de paisajes, la presión sobre los ecosistemas y la alteración de las relaciones locales evidencian un proceso de transición territorial que requiere ser comprendido y gestionado de manera integral

Frente a este escenario surge el interés por aplicar herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis multitemporal, para observar y medir los cambios en las coberturas del suelo y también comprender sus impactos sociales y ambientales. Investigaciones con enfoques similares ya se han realizado en países como Venezuela, Ecuador y Colombia incluyendo territorios con características y problemáticas cercanas a las de Buriticá.

En el ámbito internacional, Montiel y Villarreal (2004) realizaron un análisis multitemporal en la Isla de Toas, Venezuela, para estudiar el impacto geomorfológico causado por la explotación minera a cielo abierto. Usaron fotografías aéreas tomadas entre los años 1952 y 1983, además de modelos digitales de elevación, y encontraron una transformación significativa en la topografía de la isla. La extracción de roca caliza para construcción causó a la desaparición de cerros y a una degradación irreversible del paisaje natural. Para los autores resalta la necesidad de un manejo más riguroso de los recursos naturales. De la misma manera, resaltan cómo las actividades extractivas pueden generar cambios profundos y duraderos en la configuración física y ecológica de los territorios, y subrayan lo importante de emplear herramientas como los SIG y el análisis multitemporal para evaluar y mitigar sus efectos ambientales.

Por otro lado, Toapanta (2024) estudio la transformación del paisaje en los páramos de la comunidad San Agustín de Callo, en Ecuador, como efecto de la minería artesanal. Mediante fotointerpretación de imágenes de Google Earth Pro y recolección de información comunitaria el estudio reconstruye el proceso de expansión de puntos mineros desde 10 en 2015 hasta 20 en 2022, seguido por una reducción ante el control social y estatal a 11 en 2023. Los resultados dejan ver una pérdida significativa de cobertura vegetal, lo que refleja la vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos frente a las actividades extractivas, incluso a pequeña escala. Este caso muestra el valor de los análisis multitemporales para medir cambios en la cobertura del suelo y evaluar sus implicaciones ambientales en territorios ecológicamente sensibles.

En el contexto de nacional, Rodríguez y Romero (2008) realizaron un análisis multitemporal entre los años 1989 y 2008 de la microcuenca Las Minas ubicada en Pasto, Nariño para esto utilizaron imágenes satelitales Landsat 10TM, IKONOS y fotografías aéreas. Este estudio combinó técnicas de clasificación supervisada y no supervisada, tuvieron como resultado una pérdida de 58,5 hectáreas de bosque secundario (a una tasa de 3,08 ha/año). A la par evidenciaron un aumento sostenido de áreas de pastos y cultivos. Este estudio muestra cómo la presión de actividades humanas sobre el territorio provoca reemplazo de coberturas naturales y fragmentación

ecológica. Además, su metodología constituye un referente técnico clave para analizar cambios en el uso y la cobertura del suelo en regiones sometidas a transformaciones rápidas.

En el caso de Flórez-Yepes et al. (2017), realizaron un análisis en la zona de influencia de minas en Maltería, Manizales, para evaluar los efectos de la minería y la ganadería sobre las coberturas vegetales. Utilizando imágenes aéreas de los años 1998, 2010 y 2015, encontraron una reducción notable en los bosques, que pasaron de 613,99 hectáreas en 1998 a solo 427,10 hectáreas en 2015. Esto debido a la expansión de la frontera agrícola y pecuaria. El estudio resalta cómo distintas actividades económicas pueden deteriorar los suelos y ecosistemas, y subraya la importancia de los SIG para seguir estas dinámicas territoriales. Además, investigaciones como la de Benavides (2022), que aplicó un análisis multitemporal en las minas a cielo abierto del Cerrejón, muestran cómo los cambios en las coberturas vegetales afectan directamente a las especies y ecosistemas circundantes.

Para finalizar el contexto nacional, Ávila et al (2025) evaluaron el impacto de la minería ilegal en la cuenca del río San Pablo, en el municipio de Cantón de San Pablo (Chocó), mediante análisis multitemporal de imágenes satelitales (PlanetScope, Landsat) y herramientas SIG como ArcGIS Pro. Los resultados evidenciaron un deterioro significativo de las coberturas, con una pérdida de 1.748,70 ha de bosque y vegetación secundaria transformadas en áreas abiertas o con escasa vegetación, así como un aumento del cauce principal del río San Pablo, que pasó de aproximadamente 160 m de ancho a más de 2,4 km en algunos tramos. También se identificó una ganancia de 2.066,61 ha de bosque, atribuida a procesos de regeneración natural y cambios de uso del suelo. El estudio resalta que estos cambios fragmentan ecosistemas terrestres y acuáticos, generan suelos infértiles y comprometen la integridad ambiental de la zona.

En un plano regional más cercano a Buriticá Mejía (2016) analizó los cambios en la cobertura del suelo en la región del Bajo Cauca Antioqueño, usando técnicas de teledetección y SIG. Sus resultados mostraron que, en un periodo de 30 años, se perdió el 7.9% de cobertura vegetal, lo que equivale a 1.996 hectáreas de suelo desnudo. Esta pérdida se atribuye en gran parte a la minería ilegal, que ha causado importantes impactos ambientales y socioeconómicos para las comunidades locales.

A su vez, Monroy y Armenteras (2017) evaluaron los cambios en la cobertura del suelo en la zona hidrográfica del río Nechí (Antioquia) entre 2009 y 2014, utilizando imágenes Landsat y clasificación supervisada, complementadas con métricas de paisaje. Encontraron una pérdida de

26.761 ha de cobertura boscosa (7%), reemplazada principalmente por áreas de uso agropecuario y explotación minera. La minería aluvial pasó de 5.960 ha a 41.030 ha en ese periodo, siguiendo patrones de expansión de tipo corredor y geométrico. El estudio resalta cómo estos procesos generan fragmentación, reducción de la conectividad ecológica y transformación acelerada del paisaje, afectando de manera directa a los ecosistemas ribereños del Bajo Cauca.

De forma complementaria, Arenas Ocampo (2021) evaluó la cuenca del río Nechí, en Antioquia, usando imágenes satelitales Landsat para analizar el impacto ambiental de la minería ilegal entre 2014 y 2020. Los resultados revelaron un aumento de 819 hectáreas afectadas por deforestación y suelo desnudo, lo que tuvo fuertes consecuencias en los ecosistemas locales, incluidos los cuerpos de agua. Arenas Ocampo advierte que la minería ilegal "ocasiona gran pérdida de coberturas vegetales" (pág. 2), generando impactos irreversibles en la zona. Este trabajo resalta la importancia de herramientas como la teledetección y los SIG para evaluar los impactos ambientales y gestionar de manera más efectiva los recursos naturales.

En cuanto a análisis regionales más recientes, Vargas Portela (2024) abordó el análisis multitemporal de coberturas entre 2014 y 2023 en varios municipios del Bajo Cauca Antioqueño, como Anorí, Nechí, Caucasia, El Bagre y Zaragoza. Usó imágenes Landsat 8 y 9, clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud, el índice de vegetación NDVI y técnicas de detección de cambios. Sus resultados mostraron un incremento progresivo de las áreas de extracción minera y una reducción de la cobertura vegetal. Estos datos evidencian procesos de transformación acelerada del suelo, sobre todo en los ecosistemas ribereños del río Nechí, y permitieron cuantificar con detalle las dinámicas espacio-temporales del cambio. Por su cercanía geográfica y las presiones territoriales similares, este estudio se vuelve un referente muy valioso, tanto en lo metodológico como en lo analítico, para entender las dinámicas de transformación del suelo en Buriticá.

En una línea similar, Herrera (2024) evaluó la minería de aluvión en el Bajo Cauca antioqueño entre 2022 y 2023, usando imágenes Landsat, NDVI y ArcGIS Pro. Encontró una disminución aproximada del 1 % en las áreas mineras de la mayoría de los municipios, atribuida en parte a operativos gubernamentales contra la minería ilegal. Sin embargo, advirtió que la actividad persiste, sobre todo en zonas ribereñas, donde continúa afectando la cobertura vegetal y generando conflictos sociales y ambientales asociados a economías ilícitas.

Diversos estudios han empleado análisis multitemporales con imágenes satelitales para evaluar cambios en la cobertura del suelo en diferentes contextos territoriales. Estos trabajos constituyen antecedentes metodológicos relevantes para el presente estudio, pues demuestran la utilidad de la teledetección y de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el seguimiento de transformaciones paisajísticas a lo largo del tiempo.

Una de las metodologías que más se repite es el uso de imágenes satelitales Landsat (TM, ETM+, OLI), pues su resolución y acceso gratuito facilitan comparar varios escenarios históricos. En los documentos revisados se encontró que estas imágenes fueron procesadas mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como ArcGis, ENVI o ERDAS Imagine. Con ellas se hacen correcciones radiométricas y geométricas, se recorta el área de estudio y después se clasifican de las coberturas (Chantre, 2017) (Navia & Rivera, 2016) (Torres & Castro, 2016)

En general para los documentos revisados en este segmento los procesos de clasificación se realizan sobre todo con técnicas supervisadas. Destaca especialmente el uso del algoritmo de máxima probabilidad (Maximum Likelihood), que ayuda a identificar de forma precisa cuáles coberturas predominan en cada año analizado. Para el caso de Chantre (2017) esto se complementó con clasificaciones no supervisadas como paso exploratorio inicial.

Con el fin de estructurar la clasificación estudios como el de Navia & Rivera (2016) y Torres & Castro (2016) adoptaron la metodología CORINE Land Cover para el contexto colombiano, utilizando niveles II o III de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra a escala 1:100.000, buscando una categorización estandarizada que facilite la comparación. Adicionalmente, algunos de los trabajos revisados incluyeron la evaluación de exactitud mediante matrices de confusión e índice Kappa, como también el uso de Modelos de Elevación Digital (DEM) para delimitar cuencas, calcular pendientes y realizar análisis hidrológicos (Navia & Rivera, 2016) (Heno, 2016)

El trabajo de Heno (2016), introdujo una variante metodológica mediante el análisis de Componentes Principales (PCA) para la detección directa de cambios, técnica que combinó con una comparación post-clasificación de coberturas para estimar la tasa de deforestación. Esto le permitió establecer relaciones espaciales entre los cambios de cobertura y elementos ambientales como cuerpos de agua, revelando patrones de pérdida forestal especialmente en zonas bajas.

Por su parte, el estudio de Torres y Castro (2016) integra el análisis multitemporal con un enfoque socioambiental, reconociendo cómo la ocupación urbana desordenada, el desplazamiento forzado y la expansión agrícola incidieron sobre los ecosistemas de la cuenca del río Hacha. Este enfoque es importante para contextos donde se introducen nuevas dinámicas territoriales y conflictos en el uso del suelo.

Estos antecedentes confirman que los análisis multitemporales y las herramientas SIG son esenciales para monitorear la evolución de las coberturas del suelo y entender las dinámicas que impulsan su transformación. En el caso de Buriticá, la aplicación de estas metodologías no solo permitirá cuantificar los cambios físicos del paisaje asociados a nuevas dinámicas económicas, sino también aportar insumos técnicos para evaluar sus implicaciones socioambientales.

3. Justificación

El municipio de Buriticá, Antioquia tiene una historia que ha estado ligada a la explotación aurífera desde tiempos precolombinos. La tradición oral menciona que el cacique Buriticá prefirió morir antes que revelar a los conquistadores la ubicación de los yacimientos de oro (Toro, Mazo-Zapata, & Zapata, 2020, pág. 273). En sus investigaciones, el químico Modesto Bargalló recoge el testimonio de cronistas como Pedro Cieza de León, quien escribió que en el “cerro de Buriticá... tanta multitud de oro ha salido del en tiempo pasado”, describiendo “muy ricas minas de oro y arroyos donde la podían sacar” y señalando que existían “grandes casas... de mineros que cogían oro por su riqueza” (Bargalló, 1955, pág. 71). En estos primeros relatos también se destaca el informe sobre el *Estado de las necesidades del Nuevo Reino de Granada*, escrito por Antonio Manso en 1729, en el que se menciona un cerro denominado Buriticá como un “monte de oro” (Botero, 2020, pág. 122)

Con la llega de los peninsulares en el siglo XVI, la explotación aumento, el primer gobernador del Nuevo Reino de Granada, nombró al mariscal Jorge Robledo como su lugarteniente, quien introdujo “los primeros esclavos negros para trabajar en las minas” (Colmenares, 1975, pág. 280). Documentos de 1582 mencionan que “800 indios útiles sacan oro de un cerro famosísimo que llaman los indios Buriticá” (Descobar en (Tovar, 1993, pág. 419)). También existen registros de privilegios concedidos a pobladores indígenas por “el servicio

prestado” al impedir la entrada de piratas ingleses interesados en los “ricos minerales de Antioquia, en especial los de Buriticá” (Mesa, 2013, pág. 386).

El curador del Archivo Histórico de Antioquia, José María Mesa (1906), destaca entre los personajes históricos a doña María Centeno, reconocida por la construcción de un acueducto de más de 15 km que facilitó la extracción de mineral, manteniendo la actividad hasta mediados del siglo XVII (Mesa, 2013). Todo lo anterior revelando la riqueza aurífera de la cual ha tenido fama el municipio.

Durante el siglo XIX, en el contexto republicano, la minería artesanal continuó como una actividad económica relevante, aunque Buriticá no alcanzó la escala industrial de otros distritos auríferos como Segovia o Zaragoza. Sin embargo, en buena parte de este periodo, la minería pasó a un segundo plano frente a otras actividades productivas, perdiendo el protagonismo que había tenido en siglos anteriores. Ya en el siglo XX, la explotación se mantuvo en manos de pequeños mineros, hasta que, a finales de la década de 1990, se intensificó la llegada de empresas extranjeras (Botero, 2020).

En 2016, la canadiense Continental Gold obtuvo licencia ambiental de la ANLA para operar un proyecto de gran escala, con concesiones que en 2014 superaban las 16.000 hectáreas (Botero, 2020). En 2020, la compañía china Zijin Mining Group adquirió el 100 % del proyecto, catalogado como Proyecto de Interés Nacional Estratégico (PINE), con reservas estimadas de 3,7 millones de onzas de oro, una inversión inicial de 610 millones de dólares y una proyección de vida útil de catorce años prorrogables (Henaó Castañeda, 2023).

Paralelamente, la minería informal e ilegal ha configurado un panorama social y ambiental complejo, con desalojos masivos, ocupación de terrenos dentro y fuera de concesiones legales (Maya Taborda, 2018) presión sobre fuentes hídricas y pérdida de cobertura vegetal. Estas dinámicas, sumadas al crecimiento urbano y a la construcción de infraestructura, han transformado significativamente el uso y cobertura del suelo, afectando la calidad ambiental y las condiciones de vida de la población.

En territorios que han atravesado estos procesos como Buriticá, este tipo de estudio es de suma importancia para conocer la pérdida de cobertura vegetal, evaluar el deterioro de los suelos y sus posibles afectaciones en fuentes hídricas. Adicionalmente, permite entender si esta transformación está dejando impactos positivos o negativos sobre la sociedad, el medio ambiente y la salud de las personas. Todo lo anterior es la base para tomar decisiones informadas, planificar

acciones de restauración ecológica y buscar un desarrollo territorial sostenible que equilibre el crecimiento económico con la conservación de los ecosistemas y el bienestar social.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis de trabajo

"La tasa de deforestación en Buriticá se ha incrementado significativamente entre 2006 y 2023, lo cual se correlaciona con la expansión de áreas destinadas a la minería y la agricultura, resultando en una la reducción de coberturas vegetales. Se considera que estos cambios están directamente relacionados con dinámicas socioeconómicas que han modificado el uso del suelo y provocado impactos ambientales y sociales en el territorio.

4.1.1. *Hipótesis nula*

Entre 2006 y 2023, la tasa de deforestación en Buriticá no representa un cambio estadísticamente significativo y no muestra asociación relevante con la expansión de áreas mineras o agrícolas, por lo que no se evidencian transformaciones sustanciales en la cobertura vegetal atribuibles a dichas actividades.

4.1.2. *Hipótesis alterna.*

Las actividades socioeconómicas desarrolladas en el municipio de Buriticá entre 2006 y 2023 han provocado cambios en la cobertura del suelo, evidenciados en la disminución de áreas naturales, la expansión de zonas urbanizadas y productivas, así como en la generación de impactos sociales y ambientales asociados a dichas transformaciones.

4.1.3. *Variables.*

- **Variable independiente:** Tiempo, actividades socioeconómicas (2006–2023).

- **Variables dependientes:** Tipos de coberturas del suelo (Arbustal denso, Bosque de galería y ripario, Bosque denso, Herbazal denso, Pastos limpios, Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales, Pastos enmalezados, Ríos, Nubes, Tejido urbano discontinuo, Zonas Industriales comerciales, Tejido urbano continuo, Tierras desnudas y degradadas), Impactos socioambientales

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Evaluar los cambios en la cobertura del suelo y sus impactos socioambientales en el municipio de Buriticá, Antioquia, durante el período 2006-2023, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales y datos socioeconómicos, con el fin, de generar información que contribuya a la planificación territorial sostenible y la mitigación de impactos negativos.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las coberturas del suelo en el municipio de Buriticá, Antioquia, durante el periodo 2006-2023, mediante la aplicación de técnicas de clasificación supervisada de imágenes satelitales
- Determinar los cambios en las coberturas del suelo en Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023, a través de un análisis multitemporal de imágenes satelitales, en función de las transformaciones en el uso del suelo
- Analizar los posibles impactos socioambientales generados por los cambios en el uso y la cobertura del suelo en el municipio de Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023, a partir de fuentes documentales.
- Proponer estrategias para mitigar los impactos asociados a la pérdida o alteración de las coberturas y el uso del suelo en Buriticá, Antioquia, en el periodo 2006 y 2023.

6. Marco teórico

El análisis y gestión del territorio requieren una comprensión de diferentes dimensiones como lo son físicas, biológicas, sociales y legales. Esto es especialmente importante en contextos donde las actividades humanas y los fenómenos naturales generan transformaciones en la cobertura y el uso del suelo. Conceptos como cobertura vegetal, uso del suelo, sostenibilidad territorial e impactos socioambientales son fundamentales para entender estas dinámicas.

Además, herramientas técnicas como el análisis multitemporal, los sensores remotos, las imágenes satelitales y los SIG permiten detectar cambios en el paisaje, identificar patrones y apoyar procesos de planificación y toma de decisiones sobre el territorio. En este sentido, se presentan las definiciones de términos clave que servirán como base conceptual para el desarrollo del estudio.

6.1. Análisis multitemporal

Técnica empleada para detectar y analizar los cambios ocurridos en una región específica a lo largo del tiempo, mediante el uso de imágenes tomadas en diferentes momentos. Consiste en análisis de tipo espacial realizados mediante la comparación de las coberturas interpretadas en imágenes de satélite, fotografías aéreas o mapas de una misma zona correspondientes a distintos periodos. Esta herramienta es particularmente útil para evaluar la evolución del medio natural, la expansión urbana o los impactos derivados de actividades humanas, como la agricultura, la deforestación y la minería, ya que permite identificar los cambios en la situación de las coberturas clasificadas y deducir tanto la evolución del medio natural como las repercusiones de la acción humana sobre dicho entorno (Chuvieco, 1990).

6.2. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal se refiere a la vegetación que recubre la superficie terrestre, incluyendo árboles, arbustos, pastos y otras formas de vida vegetal. Este cumple funciones esenciales en la regulación del clima, la conservación del agua, la prevención de la erosión del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad, siendo su monitoreo clave para detectar procesos como la deforestación o la regeneración de ecosistemas (FAO, 2020).

6.3. Estudios multitemporales

Consisten en análisis espaciales que se realizan comparando coberturas terrestres obtenidas a partir de imágenes satelitales, fotografías aéreas o mapas de una misma área en distintos momentos. Su objetivo es identificar y medir los cambios ocurridos en el territorio, permitiendo comprender tanto la dinámica del medio natural como los efectos de las actividades humanas sobre el entorno (Chuvieco, 1990).

6.4. Imágenes satelitales

Son representaciones visuales obtenidas desde satélites que orbitan la Tierra, capturando información sobre la superficie terrestre en diferentes longitudes de onda. Estas imágenes son herramientas clave para el monitoreo ambiental, el análisis de cambios en la cobertura del suelo y la planificación territorial. Su uso permite identificar patrones de uso de la tierra, áreas de deforestación y regiones afectadas por fenómenos naturales o actividades humanas (Thomas, Ralph, & Chipman, 2015).

6.5. Impactos socioambientales

Se entienden como los efectos producidos por actividades humanas o fenómenos naturales que alteran tanto el medio ambiente natural como las condiciones sociales, económicas y culturales de las comunidades vinculadas al territorio (Toro, Requena, Zamorano, & Delgado, 2010) (Sánchez, 2006) (Díaz, y otros, 2018) Estos impactos pueden manifestarse de diversas maneras, como la pérdida de biodiversidad, la contaminación de suelos y aguas, o la alteración de ciclos climáticos, e incluyen también cambios en el uso del suelo, deterioro de recursos naturales y afectaciones a la salud, el bienestar y la dinámica socioeconómica de la población. Evaluar estos impactos es crucial para diseñar estrategias de mitigación y garantizar el desarrollo sostenible (Díaz, y otros, 2018).

6.6. Metodología Corine Land Cover

La metodología Corine Land Cover es un esquema desarrollado en Europa dentro del programa CORINE (Coordinación de Información del Medio Ambiente), creado con el objetivo de recopilar, coordinar y homogeneizar información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales. En Colombia, esta metodología fue adaptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y consiste en el análisis de imágenes satelitales para evaluar, describir, caracterizar, clasificar y comparar las coberturas de la tierra (Suárez Parra, Ceballos Hoyos, & Correa Ortiz, 2016).

El esquema metodológico contempla etapas como la adquisición y preparación de la información, análisis e interpretación de las coberturas, verificación en campo, control de calidad y generación de capas temáticas a diferentes escalas (Melo & Camacho, 2005).

6.7. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Herramientas tecnológicas que permiten la gestión de información geoespacial. Los SIG integran datos espaciales y descriptivos, facilitando el análisis, la visualización y la toma de decisiones sobre el territorio. Estas herramientas se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde la gestión de recursos naturales hasta la planificación de infraestructuras y la evaluación de riesgos (Burrough & McDonnell, 1998).

6.8. Sensores remotos

Los sensores remotos son sistemas o instrumentos utilizados para recolectar información de manera rápida y eficiente sobre áreas específicas o fenómenos determinados, información que puede ser posteriormente procesada e interpretada mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para lograr una mejor comprensión del territorio. Estos sensores están conformados por dispositivos que captan el reflejo de la luz de los objetos en la superficie terrestre, permitiendo registrar sus propiedades espectrales a través de mediciones realizadas desde aeronaves o satélites, las cuales se materializan en fotografías aéreas o imágenes satelitales (Schowengerdt, 1997).

6.9. Sostenibilidad territorial

Hace referencia al equilibrio entre el desarrollo económico y social, la conservación ambiental y la cohesión social dentro de un territorio, de forma que se aseguren las necesidades presentes sin comprometer las de las futuras generaciones. Este enfoque reconoce las particularidades locales y utiliza instrumentos como el ordenamiento territorial para promover un desarrollo que integre lo ambiental, lo económico y lo social (Trujillo Osorio, Eraso Torres, & Loaiza Trejos, 2018) (FAO, 1993).

6.10. Uso de suelo

Hace referencia a la forma en que se aprovecha y organiza el territorio según sus características y capacidades. Los usos del suelo pueden ser rurales, urbanos, industriales, agrícolas o forestales. Su planificación adecuada es fundamental para prevenir conflictos entre actividades económicas y garantizar la conservación de los recursos naturales (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial D.F., 2023)

Se sugiere incluir un marco legal. Es indispensable ya que el estudio incluyó en su propuesta, impacto ambiental coberturas o suelos, mitigación y no menos importante, minería en la zona. El marco legal debe ser enfocado en este tipo de propuestas, desde un panorama nacional y de igual manera, redactado en orden cronológico.

7. Metodología

La metodología empleada en este estudio, se estructuró teniendo en cuenta los objetivos específicos propuestos, centrados en la identificación, análisis y evaluación de los cambios en la cobertura del suelo en el municipio de Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023 a través del análisis de imágenes satelitales y datos socioeconómicos. Para dar cumplimiento se desarrolló mediante procedimientos técnicos verificados, asegurando la calidad y consistencia de los insumos utilizados, lo cual fue determinante para obtener resultados confiables. El enfoque integró técnicas de teledetección, análisis espacial con SIG y revisión documental, permitiendo abordar la

complejidad de las transformaciones territoriales en relación con los cambios de las coberturas de suelo, dinámicas territoriales y sus impactos socioambientales.

7.1. Enfoque metodológico

El estudio se llevó a cabo por medio un enfoque mixto, que combina componentes cuantitativos y cualitativos para proporcionar una visión integral del fenómeno:

- **Enfoque cuantitativo:** Permitió medir y analizar los cambios en la cobertura del suelo a través del procesamiento de imágenes satelitales, análisis espacial y estadístico.
- **Enfoque cualitativo:** Complementó el análisis cuantitativo con información secundaria sobre actividades económicas, sociales y normativas que afectan la transformación del suelo en Buriticá.

Este enfoque permitió una comprensión integral del fenómeno al combinar técnicas analíticas y contextuales.

7.2. Tipo de estudio

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y explicativo, seleccionado por su capacidad para abordar de manera integral las transformaciones territoriales ocurridas en Buriticá entre 2006 y 2023. Este enfoque permitió, en primer lugar, describir con precisión los cambios espaciales en la cobertura del suelo y las variaciones en las dinámicas territoriales asociadas a las actividades socioeconómicas, mediante el uso de cartografía temática y análisis estadístico. En segundo lugar, posibilitó explicar las causas subyacentes de dichas transformaciones, integrando la interpretación de variables sociales, ambientales y normativas. La combinación de ambas perspectivas no solo facilitó la identificación de patrones de cambio, sino que también permitió contextualizar los resultados en función de los procesos de planificación y ordenamiento territorial, proporcionando una base sólida para el análisis de los impactos socioambientales y la formulación de estrategias de mitigación.

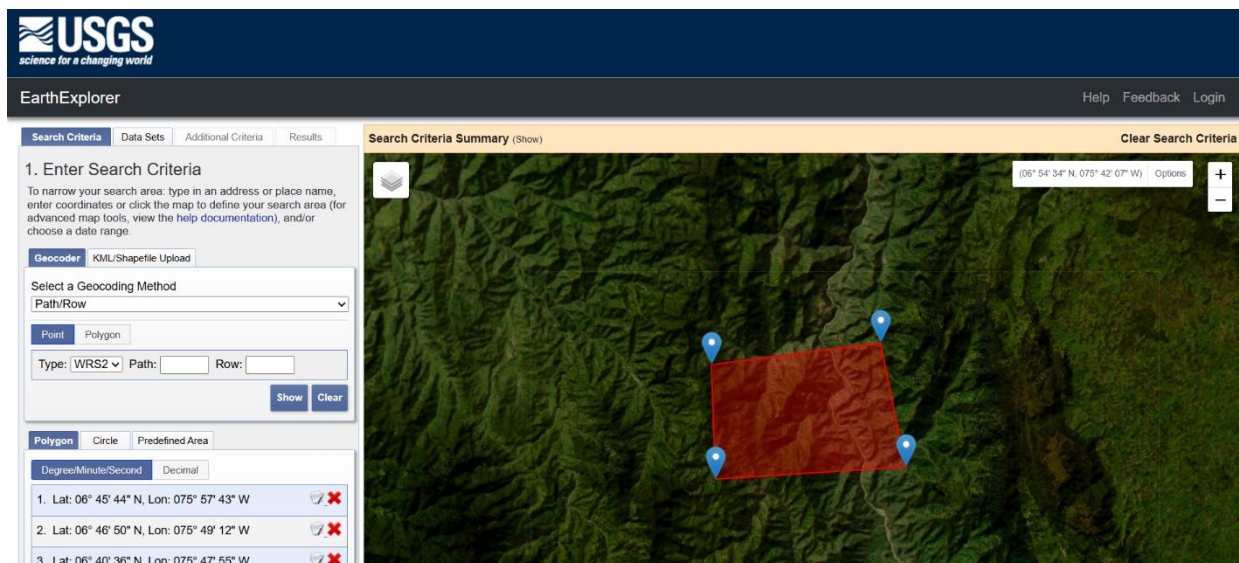
7.3. Desarrollo Metodológico

7.3.1. Fase 1 Identificación de coberturas del suelo en el municipio de Buriticá - Antioquia

7.3.1.1. Actividad 1. Recolección de imágenes satelitales Radicó principalmente en la recolección de insumos técnicos y documentales, fundamentales para la construcción de una base sólida para el análisis multitemporal. Se seleccionó como área de estudio el municipio de Buriticá, debido a su reconocida actividad minera durante el periodo 2006-2023. En cuanto a las imágenes satelitales, se descargaron escenas correspondientes a los años 2006, 2010, 2014, 2019 y 2023 desde la plataforma oficial EarthExplorer, priorizando aquellas con baja nubosidad y adecuada resolución espacial. Este proceso fue acompañado por una revisión detallada y verificación de las condiciones atmosféricas y área de cada imagen, para asegurar su calidad y aplicabilidad en el análisis espacial.

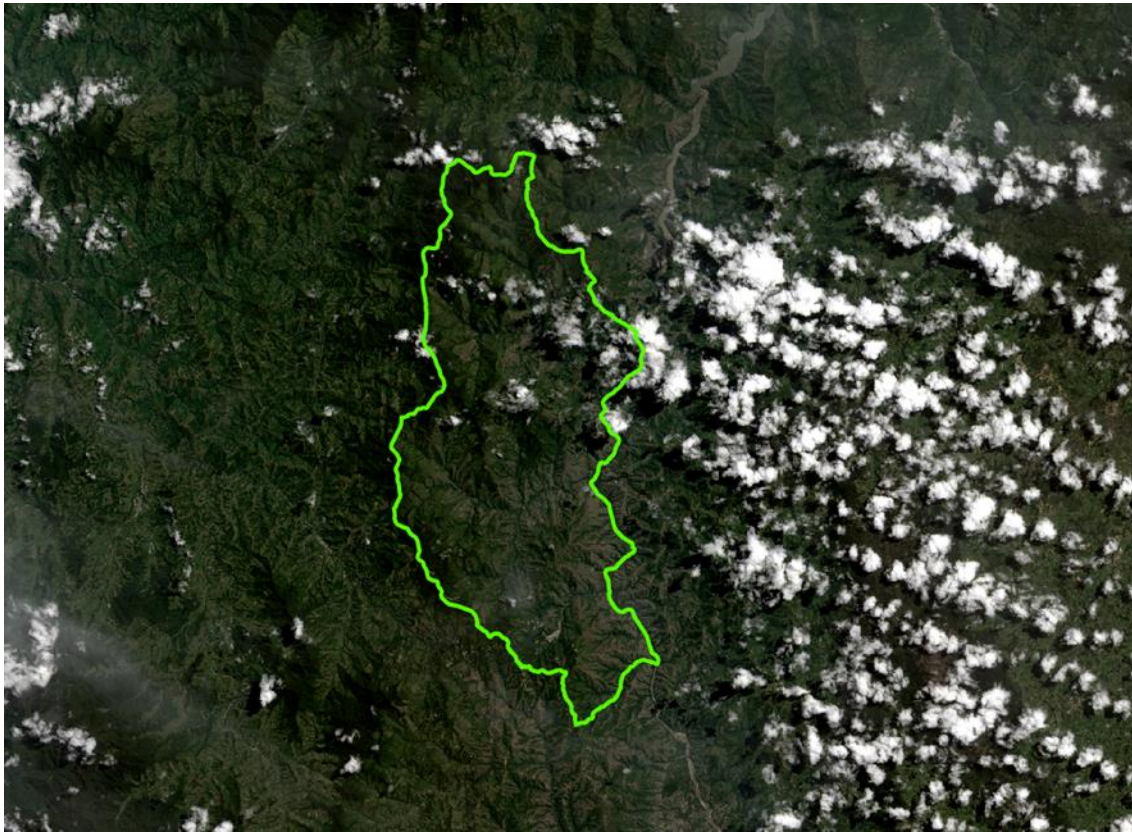
Figura 2

Búsqueda de la zona de estudio



Nota. Fuente. USGS EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Aunque inicialmente se había previsto un análisis con intervalos de cuatro años, se presentaron limitaciones para obtener imágenes de calidad aceptable en el año 2018 debido a la alta nubosidad, motivo por el cual se optó por utilizar la información de 2019 para mantener la continuidad y fiabilidad del análisis espacial.

Figura 3*Presencia de alta nubosidad en el área de estudio año 2018*

Nota. Fuente. USGS EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Las imágenes seleccionadas cuentan con las siguientes características:

Tabla 1*Características de las imágenes satelitales seleccionadas*

ID_PRODUCTO	AÑO	FORMATO	RESOLUCIÓN ESPACIAL
LE07_L1TP_009055_20060705_20200914_02_T1	2006	TIFF	30m
LE07_L1TP_009055_20100121_20200911_02_T1	2010	TIFF	30m
LC08_L1TP_009055_20141226_20200910_02_T1	2014	TIFF	30m
LC08_L1TP_009055_20190903_20200826_02_T1	2018	TIFF	30m
LC08_L1TP_009055_20230202_20230209_02	2023	TIFF	30m

Fuente. USGS EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

7.3.1.2. Actividad 2. Corrección de bandas En el caso de las imágenes provenientes del sensor Landsat 7, correspondientes a los años 2006 y 2010, fue necesario aplicar procesos de

corrección para subsanar los errores de bandeamiento presentes en todas las bandas, los cuales generan vacíos de datos en la imagen. Para ello, se trabajó en el software QGIS, utilizando la información contenida en la carpeta “gap mask”.

Cada banda fue procesada de forma individual, empleando como máscara de validación los archivos “gap mask” asociados. Para rellenar los píxeles sin información, se utilizó la herramienta “Rellenar sin datos” de QGIS, lo que permitió reconstruir las áreas afectadas y mejorar la calidad y continuidad espacial de las imágenes empleadas en el análisis multitemporal.

Figura 4

Area de la imagen seleccionada año 2006 sin corrección de banda

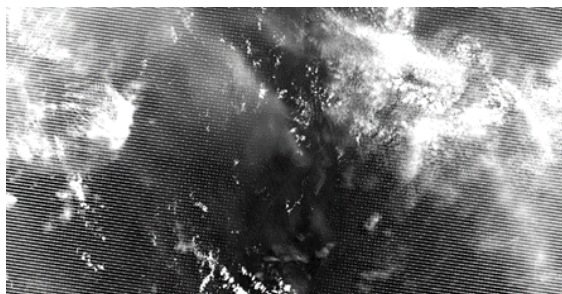
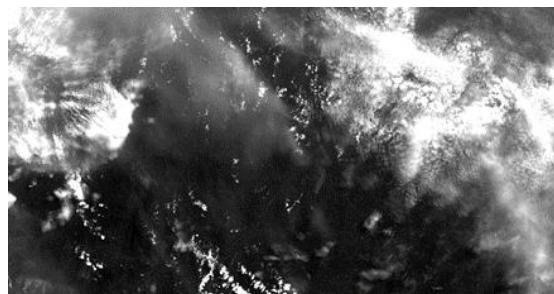


Figura 5

Area de la imagen seleccionada año 2006 con corrección de banda



Nota. Fuente. USGS EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

7.3.1.3. Actividad 3. Composición de Bandas (Color Natural y Falso Color) Para cada uno de los años analizados, se realizó la composición de bandas en ArcGIS Pro, generando dos tipos de visualización: color natural y falso color. En la composición de color natural, se combinaron las bandas correspondientes al rojo, verde y azul (RGB), reproduciendo una apariencia similar a la visión humana. En la composición de falso color, se emplearon bandas del infrarrojo cercano, rojo y verde, lo que permitió resaltar elementos como la vegetación y facilitar la identificación de cambios en la cobertura del suelo.

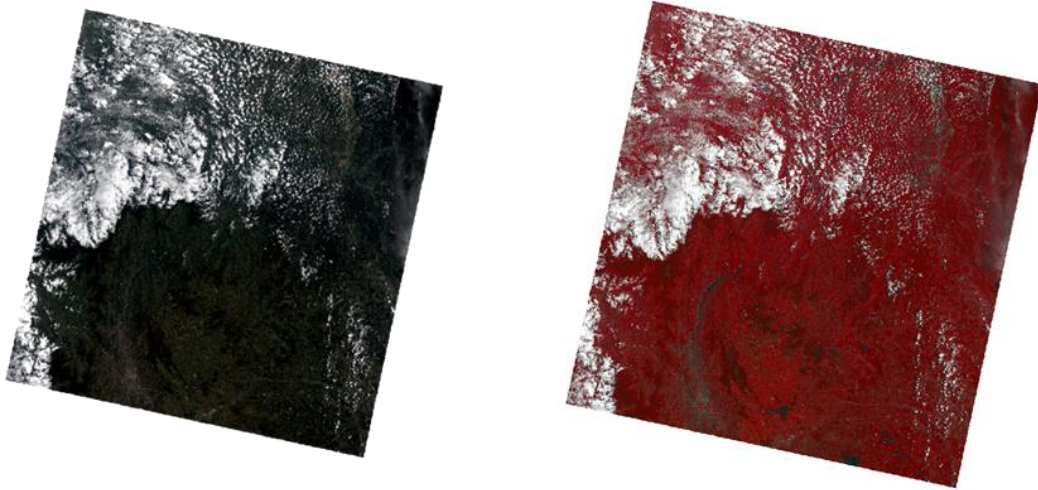
Este procedimiento se ejecutó mediante la herramienta Composite Bands, que permite integrar múltiples bandas individuales en un único ráster multibanda. El resultado es una imagen lista para análisis y visualización, optimizando la interpretación visual y contribuyendo a una mejor distinción de las coberturas.

Figura 6

Composición color natural año 2006

Figura 7

Composición falso color año 2006



7.3.1.4. Actividad 4. Fusión Pancromática Para mejorar la resolución espacial de las imágenes Landsat 7 y Landsat 8, se empleó la banda pancromática mediante técnicas de fusión conocidas como pansharpening, con el objetivo de alcanzar una resolución de 15 metros. Este procedimiento se llevó a cabo en el software ArcGIS Pro, utilizando la herramienta “Create Pansharpened Raster Dataset”, que permite integrar la información de la banda pancromática de alta resolución con las bandas multiespectrales de menor resolución.

Durante el proceso, se seleccionó el método de fusión Gram-Schmidt, por su adecuada preservación de las características espectrales, lo cual resultó útil para distinguir con mayor detalle las distintas coberturas del suelo. Gracias a esto, fue posible mejorar la identificación de patrones territoriales y detectar cambios asociados a las dinámicas de ocupación y transformación del territorio, incluyendo aquellos vinculados a actividades económicas como la minería.

Figura 8

Area de la imagen seleccionada año 2023 sin fusión pancromática (escala 1:15000)

**Figura 9**

Area de la imagen seleccionada año 2023 con fusión pancromática (escala 1:15000)



7.3.1.5. Actividad 5. Recorte del Raster al Área del Municipio (Clip) Posteriormente, se llevó a cabo el recorte de las imágenes compuestas para limitar su extensión exclusivamente al territorio del municipio de Buriticá. Este proceso se realizó en ArcGIS Pro utilizando la herramienta Clip (Data Management Tools), con el polígono del límite administrativo municipal como máscara.

Gracias a esta herramienta, fue posible extraer únicamente la porción relevante de cada imagen, reduciendo el tamaño de los archivos y centrando el análisis espacial en la zona de interés. El recorte facilitó el trabajo posterior de clasificación y análisis de cambios en las coberturas, eliminando información de áreas externas no relevantes para el estudio. A continuación, se muestran la figura 10 la figura 14 que muestran los insumos finales para cada uno de los años de estudio:

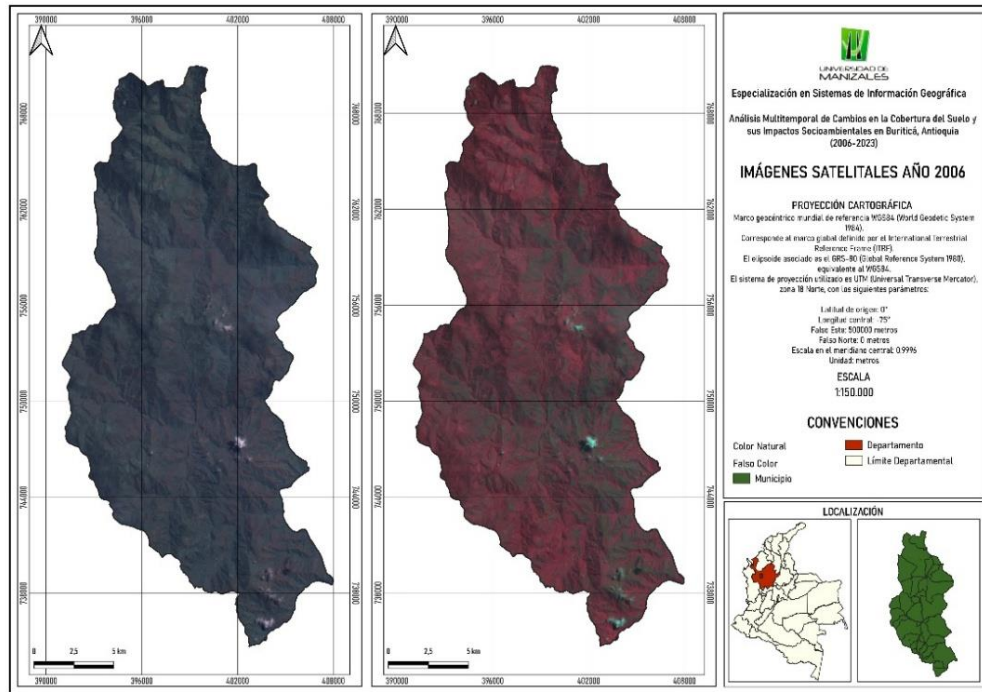
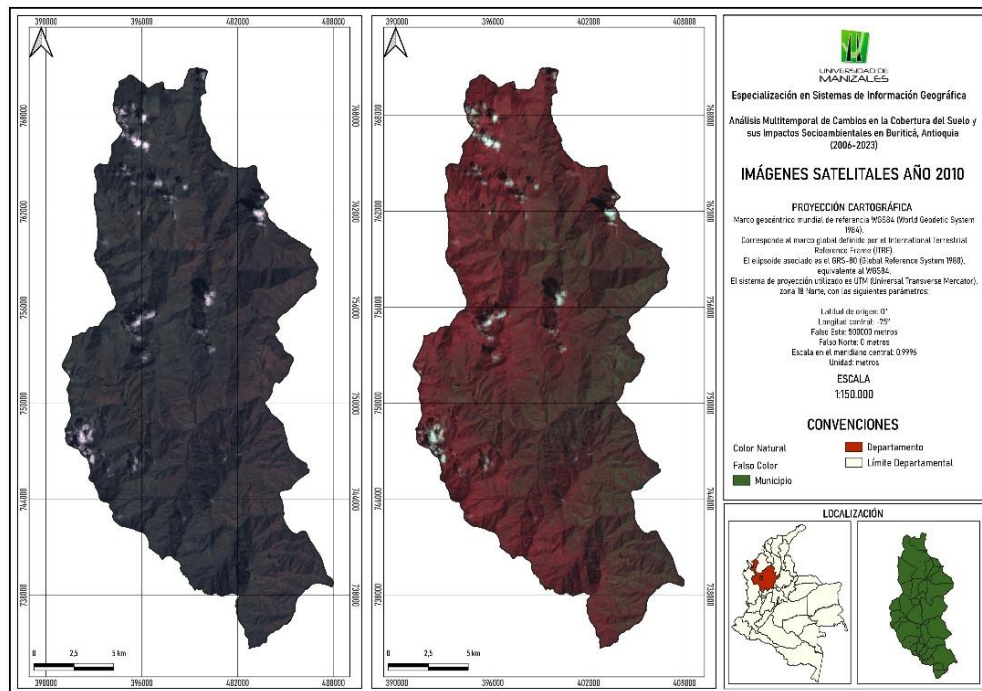
Figura 10*Imagen satelital final procesada año 2006***Figura 11***Imagen satelital final procesada año 2010*

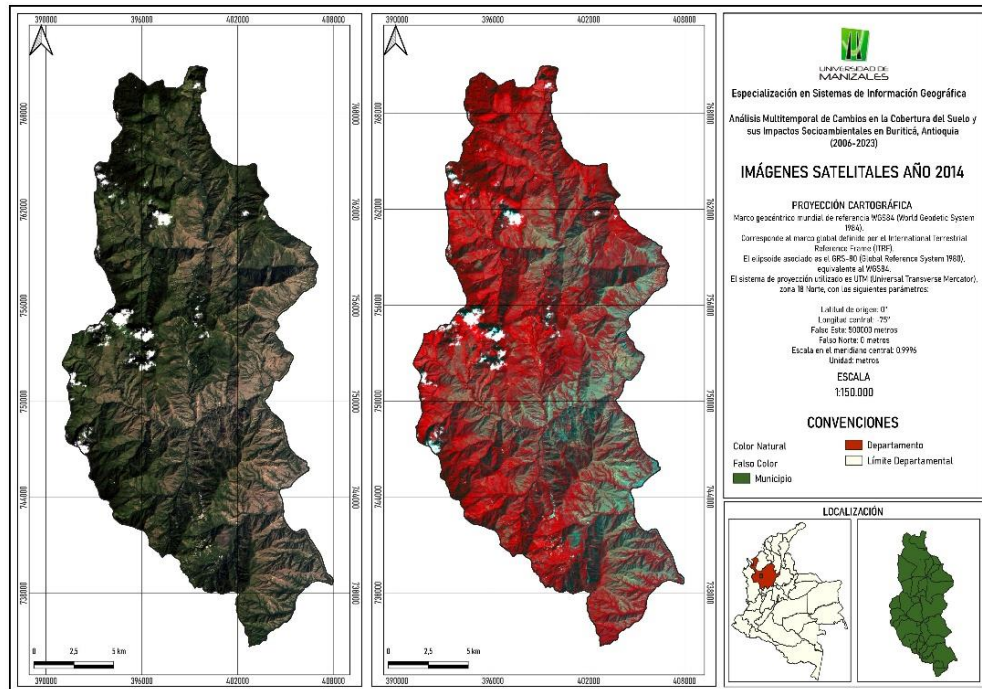
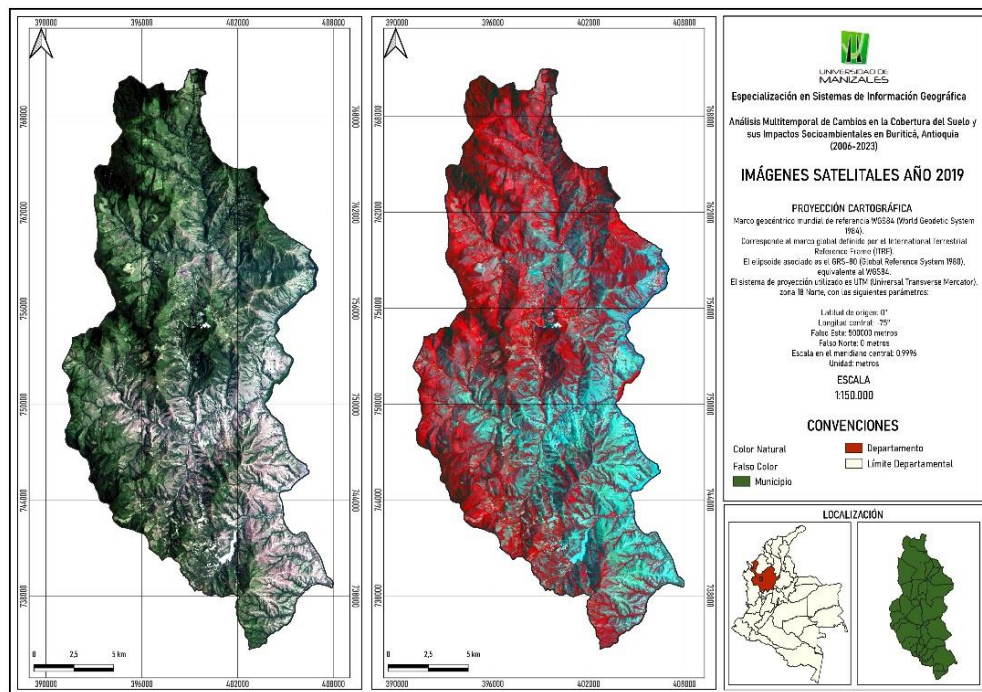
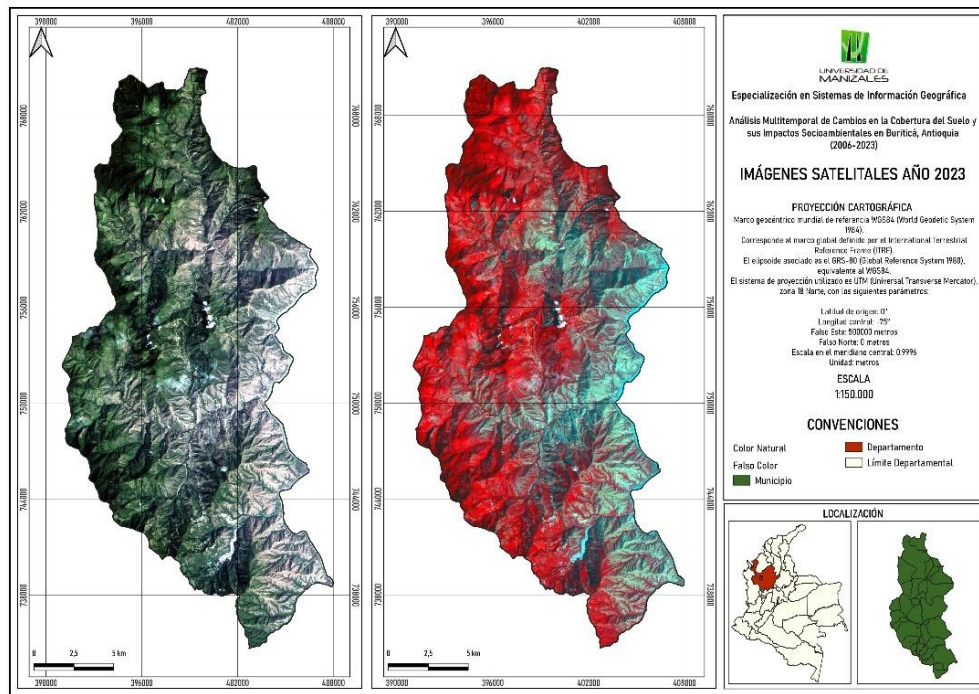
Figura 12*Imagen satelital final procesada año 2014***Figura 13***Imagen satelital final procesada año 2019*

Figura 14
 Imagen satelital final procesada año 2023

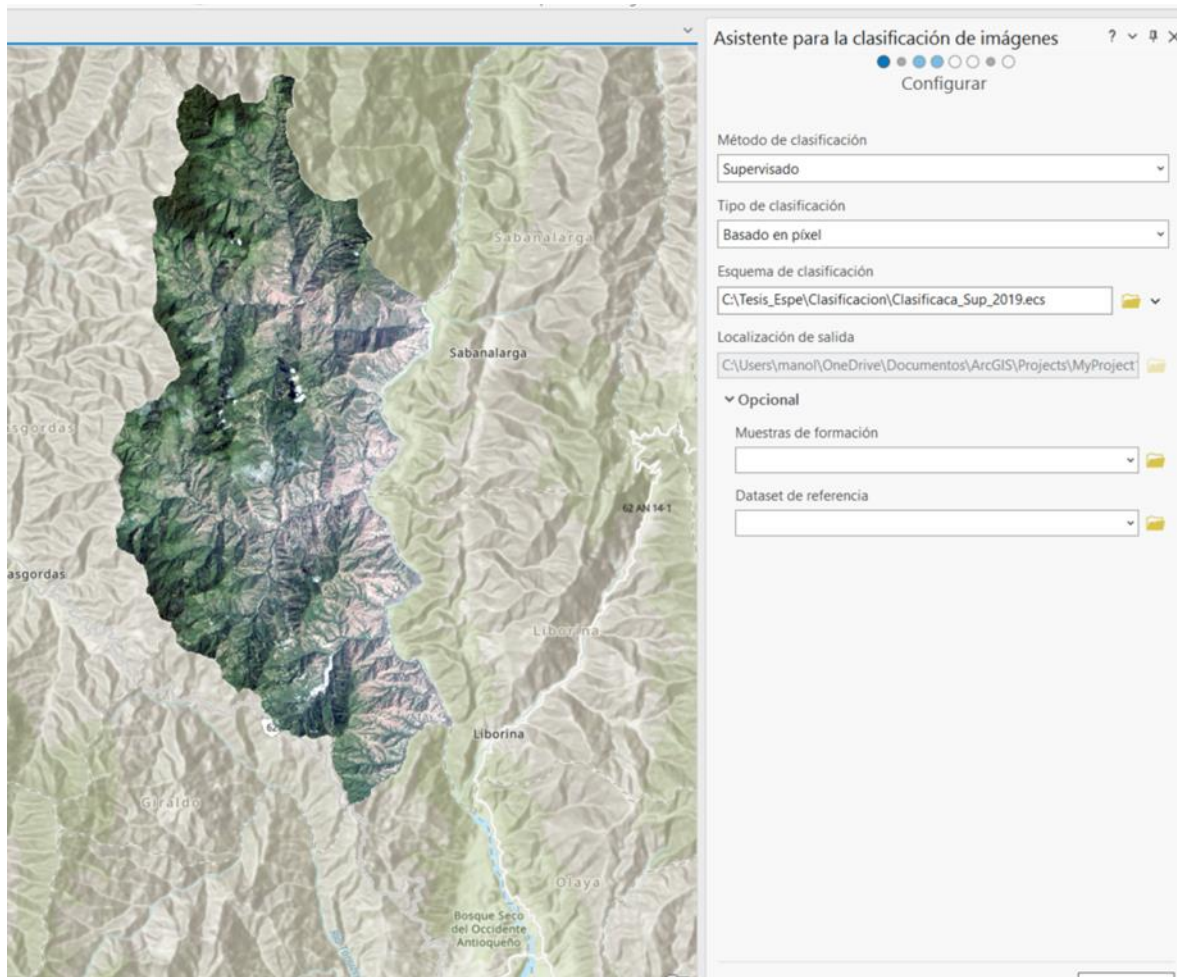


7.3.1.5. Actividad 6. Clasificación de cobertura del suelo Posteriormente se realizó la clasificación de la cobertura del suelo mediante técnicas de clasificación supervisada, con énfasis en garantizar la precisión de los resultados. Para ello, se definieron previamente áreas de entrenamiento representativas de las principales clases de cobertura: agricultura, bosque, cuerpos de agua, minería, y zonas urbanas. Estas áreas fueron seleccionadas con base en información geográfica de coberturas de la tierra, descargada de la plataforma oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Colombia en mapas.

La clasificación se llevó a cabo utilizando el algoritmo de Máxima Verosimilitud (Maximum Likelihood Classification, MLC), una técnica que permite asignar cada píxel de la imagen a una categoría en función de la probabilidad estadística.

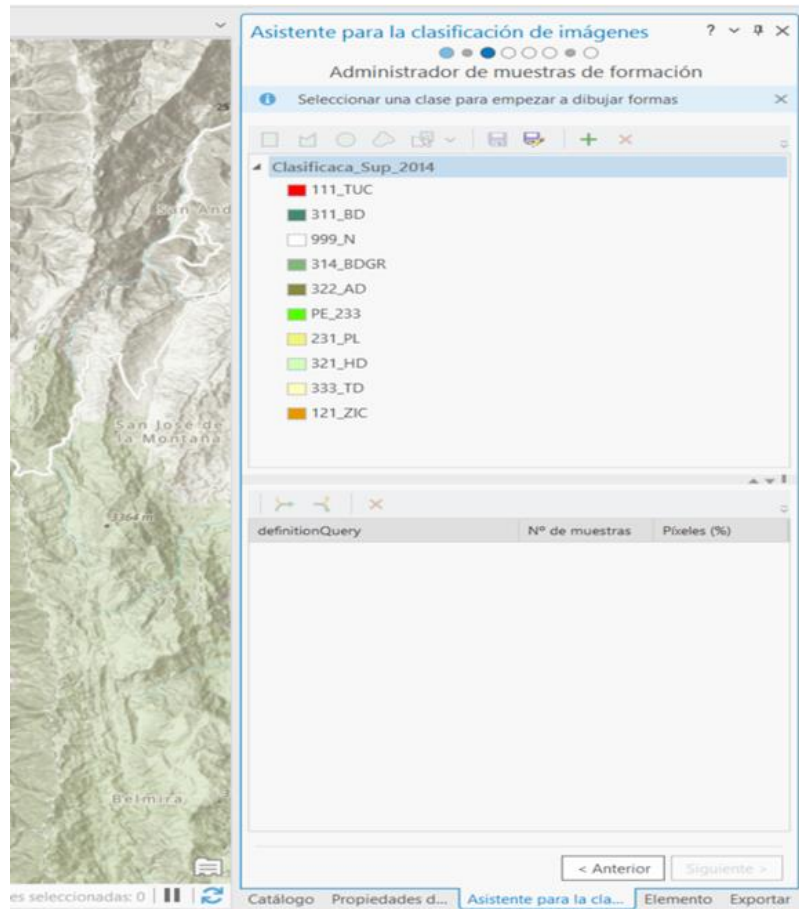
Se desarrolló una clasificación supervisada empleando el software ArcGIS, basada en firmas espectrales previamente definidas a partir del asistente para la clasificación de imágenes, donde se escoge el método y tipo de clasificación, el cual corresponde a “basado en el píxel” como se muestra a continuación.

Figura 15
Asistente para la clasificación de imágenes



Posteriormente, se realizó la creación de las muestras de entrenamiento, las cuales constituyen conjuntos de píxeles o regiones específicas dentro de la imagen ráster, a los que se les asigna una clase temática conocida. Este paso fue vital para entrenar los algoritmos de clasificación supervisada, y permitió establecer la relación entre las características espectrales presentes en la imagen y las diferentes coberturas existentes en el territorio.

Figura 16
Creación de muestras de entrenamiento



Las muestras de entrenamiento se definieron con base en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, desarrollada a partir de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (Suárez Parra, Ceballos Hoyos, & Correa Ortiz, 2016). Esta clasificación proporciona una descripción detallada y estandarizada de las distintas coberturas del suelo, lo cual garantiza la coherencia y comparabilidad de los resultados obtenidos.

A continuación, la tabla 2 relaciona las clases de cobertura consideradas en este trabajo, junto con sus códigos y definiciones, según lo establecido en la mencionada leyenda.

Tabla 2
Clases de coberturas consideradas

CÓDIGO	COBERTURA	DEFINICIÓN
0.0.0	Nubes (N)	Áreas de las imágenes satelitales cubiertas por nubes que impiden la identificación de las coberturas superficiales. Representan zonas enmascaradas que no permiten la clasificación precisa del uso o cobertura del suelo.
1.1.1	Tejido urbano continuo (TUC)	Espacios conformados por edificaciones y superficies artificiales (vías, asfalto, cemento) que cubren más del 80 % de la superficie. Incluye áreas residenciales densas, centros históricos, parques menores a 5 ha y redes viales menores a 50 m de ancho. No incluye grandes áreas verdes urbanas ni instalaciones específicas mayores a 5 ha.
1.1.2	Tejido urbano discontinuo (TUD)	Áreas urbanas donde las edificaciones, vías e infraestructura se distribuyen de manera dispersa, intercaladas con espacios verdes. Incluye viviendas con jardines, parques pequeños y vías menores a 50 m, pero no grandes zonas verdes ni instalaciones industriales o comerciales mayores a 5 ha.
1.2.1	Zonas industriales o comerciales (ZIC)	Áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos asfaltados, cimentados) destinadas a actividades comerciales, industriales o de servicios. Incluye redes viales asociadas, parqueaderos y edificios administrativos o industriales menores a 5 ha. No incluye obras hidráulicas o zonas mineras.
2.3.1	Pastos limpios (PL)	Áreas cubiertas por vegetación herbácea destinada a pastoreo, con predominio de gramíneas sin presencia significativa de arbustos o árboles. Suelen presentar manejo intensivo.
2.3.3	Pastos enmalezados (PE)	Áreas de pastos con invasión de especies herbáceas o arbustivas espontáneas, que reflejan menor intensidad de manejo o procesos de abandono.
2.4.4	Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales (MPCEN)	Áreas agrícolas heterogéneas donde se intercalan cultivos, pastos y fragmentos de vegetación natural, reflejando una matriz de usos mixtos en el paisaje.
3.1.1	Bosque denso (BD)	Áreas cubiertas por vegetación arbórea con dosel cerrado, en las que la superficie cubierta por copas de árboles es mayor al 70 %. Incluye formaciones de tierras altas o inundables.
3.1.3	Bosque fragmentado (BF)	Áreas con remanentes de bosque natural dispersos en un mosaico de otros usos del suelo, generalmente en paisajes intervenidos. Puede presentar parches aislados o corredores vegetales.
3.1.4	Bosque de galería y ripario (BGR)	Bosques estrechos que se desarrollan a lo largo de cursos de agua, ríos o quebradas, con vegetación adaptada a condiciones de humedad elevada y suelos periódicamente inundables.
3.2.1.1	Herbazal denso (HD)	Áreas dominadas por vegetación herbácea densa (gramíneas, hierbas, helechos), con escasa o nula presencia de arbustos o árboles, tanto en tierras firmes como en zonas inundables.
3.2.2.1	Arbustal denso (AD)	Áreas cubiertas predominantemente por vegetación arbustiva alta y densa, con plantas leñosas que alcanzan hasta varios

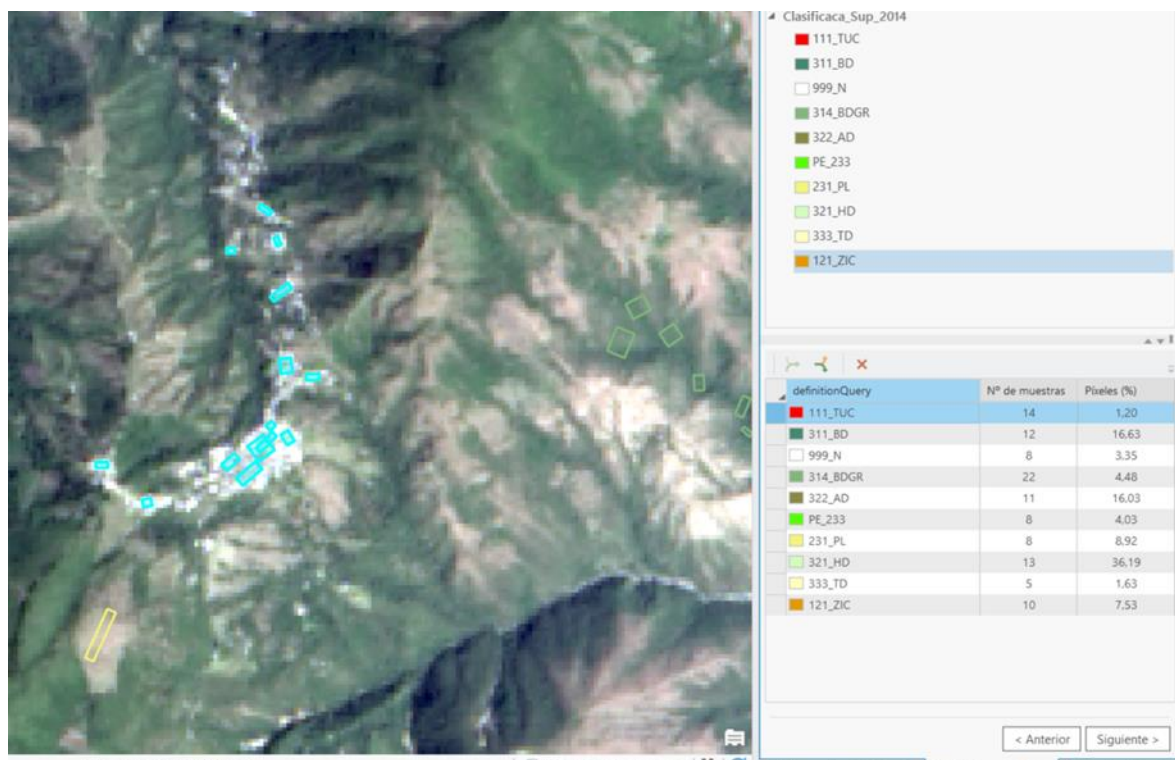
CÓDIGO	COBERTURA	DEFINICIÓN
		metros de altura. Puede incluir especies pioneras o vegetación secundaria.
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas (TD)	Áreas sin cobertura vegetal significativa, expuestas a procesos de erosión, degradación o alteración antrópica intensa, incluyendo afloramientos rocosos, zonas erosionadas o áreas afectadas por actividades extractivas.
5.1.1	Ríos (R)	Cuerpos de agua continentales definidos por cauces lineales o sinuosos, con ancho promedio igual o superior a 50 m. Incluye ríos permanentes o estacionales.

Fuente (Suárez Parra, Ceballos Hoyos, & Correa Ortiz, 2016)

Al realizar la creación de las muestras de entrenamientos se procede a realizar la ubicación de cada muestra en su respectiva descripción de píxel basándose en características de color, tamaño, con el fin de que al realizar el proceso de la clasificación supervisada se asemeje a los resultados esperados.

Figura 17

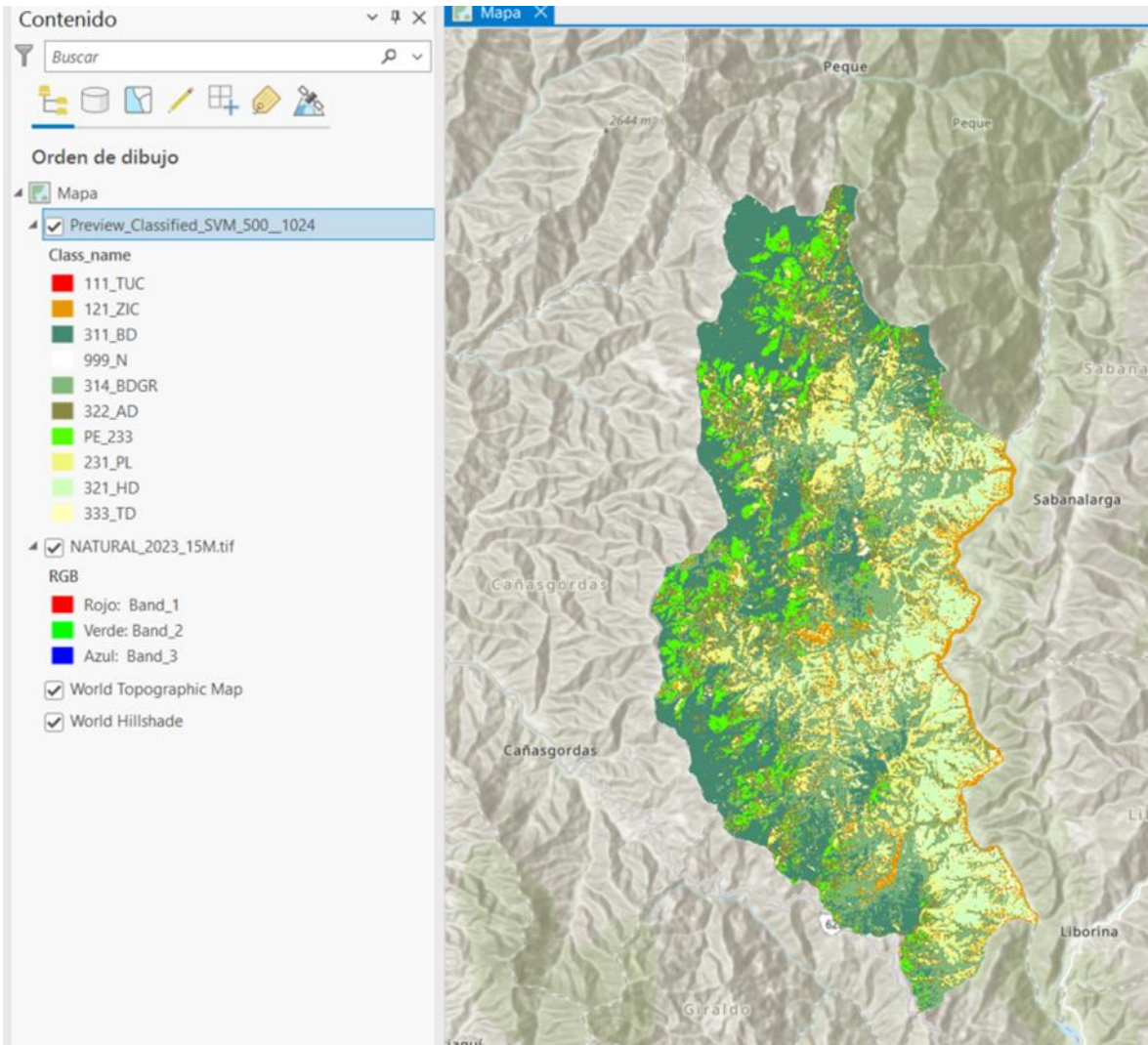
Asignación de cada muestra de entrenamiento a cada píxel



Finalmente se procede a ejecutar el proceso y se obtiene un archivo Ráster con los resultados del proceso de clasificación supervisada.

Figura 18

Archivo Ráster final, clasificación supervisada



Una vez que se obtuvo el ráster final, fue necesario realizar varios ajustes para adaptar el producto a los objetivos específicos del estudio y asegurar que alcanzara la calidad cartográfica esperada. Para empezar, se aplicó el “Majority Filter” sobre la imagen, una herramienta que ayudó a limpiar pequeñas manchas o regiones aisladas que podían considerarse como ruido dentro del análisis. Gracias a este proceso, se logró que la superficie resultante fuera más uniforme y reflejara de manera más confiable las coberturas presentes en el área de estudio.

Después de completar estos ajustes en el formato ráster, se convirtió la información a formato vectorial utilizando la herramienta “Raster to Polygon”. Esto permitió transformar la imagen en polígonos que representan cada clase temática de manera más clara. Sobre esta nueva capa vectorial se llevaron a cabo procesos de limpieza cartográfica, como el uso de “Eliminate”, que permitió eliminar polígonos demasiado pequeños y fusionarlos con polígonos vecinos de la misma categoría, evitando así detalles innecesarios que podrían generar ruido visual o dificultar la interpretación de los datos y dando cumplimiento a la unidad mínima cartografiable. Para mejorar la apariencia de los límites, se utilizó la herramienta “Smooth Polygon”, que ayudó a suavizar los bordes de los polígonos, eliminando ángulos marcados y curvas irregulares.

Finalmente, se realizó una revisión topológica de la cartografía resultante, con el objetivo de detectar y corregir posibles errores geométricos, como solapamientos, huecos o vértices inconexos. Gracias a todos estos procesos, se consiguió un producto cartográfico limpio, coherente y visualmente agradable, adecuado tanto para su análisis detallado como para la elaboración de mapas y salidas gráficas que facilitan la comprensión de los resultados del estudio.

7.3.2. Fase 2. Determinación de los cambios de las coberturas del suelo en Buriticá Antioquia

7.3.2.1 Actividad 1. Análisis normativo y documental El proceso se realizó por medio de una revisión y análisis comparativo de los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Buriticá correspondientes a los años 2000 y 2023. La finalidad de la revisión fue identificar los cambios conceptuales, normativos y espaciales en la forma como se ha regulado el uso del suelo en el municipio, con énfasis en el componente minero. Se extrajeron fragmentos clave de los documentos, se contrastaron definiciones, zonas delimitadas y se analizaron las implicaciones del modelo territorial agro-minero adoptado en el nuevo EOT.

7.3.2.2. Actividad 2. Análisis multitemporal de coberturas del suelo Se utilizaron las capas de cobertura del suelo clasificadas para los años 2006, 2010, 2014, 2019 y 2023, generadas en el marco del objetivo 1. A partir de estas capas, y las respectivas áreas asociadas a las diferentes coberturas en cada uno de los años de estudio, se ejecutó un análisis multitemporal espacial, que permitió identificar patrones de transformación en el territorio.

7.3.2.3. Actividad 3. Análisis cuantitativo de variación de coberturas Con base en los resultados del análisis espacial, se calcularon los cambios netos (en hectáreas) y los porcentajes de variación para cada clase de cobertura entre los años 2006 y 2023. Este análisis permitió cuantificar la pérdida o ganancia de superficie en cada categoría, lo cual fue sistematizado en tablas comparativas. Además, se calcularon las participaciones porcentuales de cada cobertura respecto al área total del municipio, para ambos años de estudio.

7.3.2.4. Actividad 4. Identificación de coberturas estables A fin de detectar las zonas de cobertura boscosa que se han mantenido estables a lo largo del periodo analizado, se realizó una intersección espacial entre las coberturas clasificadas como "bosque denso" y "bosque de galería y ripario" correspondientes a los años 2006 y 2023. Esta operación permitió identificar las áreas que no presentaron cambios en su tipología de cobertura durante los 17 años evaluados. Estas zonas fueron extraídas como una nueva capa vectorial y representadas cartográficamente, destacando su ubicación y superficie.

7.3.2.5. Actividad 5 Relación entre transformaciones del suelo y planificación territorial Finalmente, los cambios espaciales identificados fueron interpretados a la luz de las transformaciones del modelo territorial reflejadas en los EOT. Se establecieron vínculos entre los procesos de expansión minera y urbana, la pérdida de coberturas naturales y el cambio de usos normativos del suelo. Esta relación permitió contextualizar las dinámicas de transformación no solo como procesos biofísicos, sino también como expresiones de decisiones político-territoriales que han reconfigurado el paisaje del municipio.

7.3.3. Fase 3 Análisis de los impactos socioambientales generados por los cambios de uso y cobertura del suelo en Buriticá Antioquia

Para el desarrollo de este objetivo se tomaron como base los resultados obtenidos en los dos anteriores objetivos que caracterizaron las transformaciones físicas. Con estos insumos se buscó comprender el contexto que lleva a los impactos sociales y ambientales que se pretendían analizar.

Como este proyecto no tenía la posibilidad de acceder a un trabajo de campo que permitiera conocer de primera mano las percepciones de la comunidad, se recurrió a fuentes secundarias que pudieran documentar los impactos generados por los cambios en los usos y coberturas de suelos en el municipio. Para esto se hizo una revisión de trabajos académicos como documentos institucionales disponibles en diferentes bases de datos como lo son Google Scholar, Redalyc, Scielo, así como en los repositorios digitales de la Universidad de Manizales, la Universidad Nacional, la Red de Repositorios Latinoamericanos y CLACSO.

Esta búsqueda se realizó utilizando términos clave minería, impactos sociales, impactos ambientales, percepción comunitaria, transformaciones territoriales, conflictos socioambientales, cambio de uso del suelo, cambios cobertura de suelo, participación comunitaria y nombres geográficos como Buriticá, Bajo Cauca, Antioquia y Colombia. Estos se combinaron mediante operadores booleanos (AND, OR) para afinar los resultados en las bases.

A partir de esto se seleccionaron los documentos que tuvieran los análisis más pertinentes y relacionados con esta investigación, priorizando aquellos donde se pudieran evidenciar las percepciones de los buritiqueños acerca de la problemática. A partir de esto se llevó un análisis cualitativo que permitiera identificar los impactos sociales y ambientales, y contrastarlos con los resultados obtenidos, buscando una lectura más amplia de las dinámicas de cambio con las experiencias de quienes habitan el territorio.

7.3.4. Fase 4 Estrategias para mitigar los impactos asociados a la pérdida o alteración de las coberturas de uso de suelo en Buriticá Antioquia

Con base en los resultados obtenidos en los objetivos descritos anteriormente, se realizó una revisión bibliográfica de diferentes documentos de planificación en el ámbito de conservación de ecosistemas, gestión de riesgo y plan de desarrollo, en los cuales se planteaban diferentes

propuestas relacionadas a la mitigación de impactos socioambientales, además de medidas de manejo sobre los efectos directos de las intervenciones en el territorio. En paralelo se realizó una revisión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), relacionados con los resultados del estudio; a fin de contrastar y formular estrategias de fortalecimiento institucional, orientadas a la restauración ecológica, gestión del recurso hídrico, regulación del crecimiento urbano, promoción de prácticas sostenibles, restablecimiento social y educación ambiental, las cuales resultan indispensable para mitigar los impactos negativos y prevenir nuevas afectaciones.

8. Resultados

Después de desarrollar la metodología descrita anteriormente fue posible dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados, de forma que se obtuvieron los siguientes resultados:

8.1.Resultados Fase 1

Objetivo 1. Identificar las coberturas del suelo en Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023, mediante técnicas de clasificación supervisada

El análisis multitemporal de la cobertura del suelo en el municipio de Buriticá permitió evidenciar transformaciones significativas a lo largo del periodo 2006–2023. A continuación, se describen los resultados para cada año evaluado:

8.1.1. Coberturas del suelo – Año 2006

Para el año 2006, la cobertura predominante en el territorio correspondía a bosque denso, especialmente en la zona norte y centro del municipio, lo que indicaba un paisaje con alta proporción de vegetación natural. Se identificaron extensas áreas de herbazal denso distribuidas en los sectores medios y sur del municipio, así como coberturas de pastos limpios y enmalezados con menor presencia.

La presencia de tierras degradadas o desnudas era aún limitada y se encontraba en pequeños parches, al igual que la cobertura de tipo urbano continuo, la cual se concentraba en el casco urbano

principal. En términos generales, el territorio aún conservaba buena parte de sus coberturas naturales, sin procesos de transformación significativos en ese momento.

A continuación, la tabla 3 y figura 19 que presentan la distribución cuantitativa de las coberturas identificadas en el municipio en este año. Como se observa, predomina el arbustal denso, seguido por coberturas de bosque de galería y ripario, y bosque denso, lo cual reafirma el carácter predominantemente natural del territorio en ese momento. En contraste, las coberturas asociadas a procesos antrópicos, como el tejido urbano continuo o las tierras degradadas, ocupaban áreas menores. Por último, la figura 20 presenta de manera visual los resultados de esta clasificación supervisada.

Tabla 3

Áreas por cobertura años 2006

COBERTURA	ÁREA TOTAL (HA)
Arbustal denso	12715,33
Bosque de galería y ripario	9650,69
Bosque denso	6901,80
Herbazal denso	5261,92
Nubes	394,39
Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales	291,05
Ríos	145,21
Pastos enmalezados	51,68
Tierras desnudas y degradadas	42,20
Tejido urbano continuo	7,49

Figura 19
Áreas por cobertura años 2006

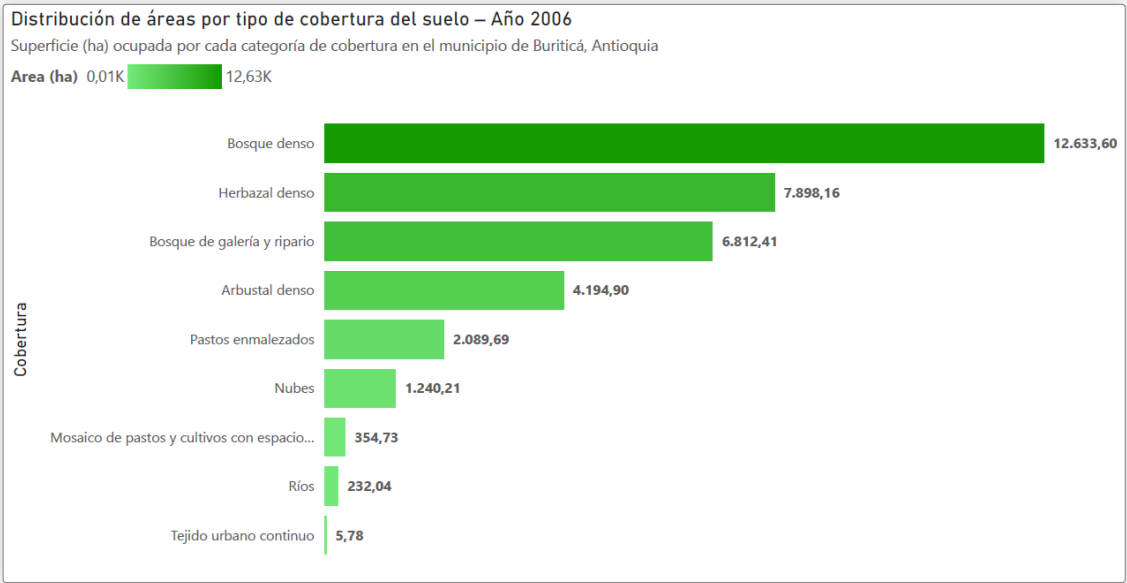
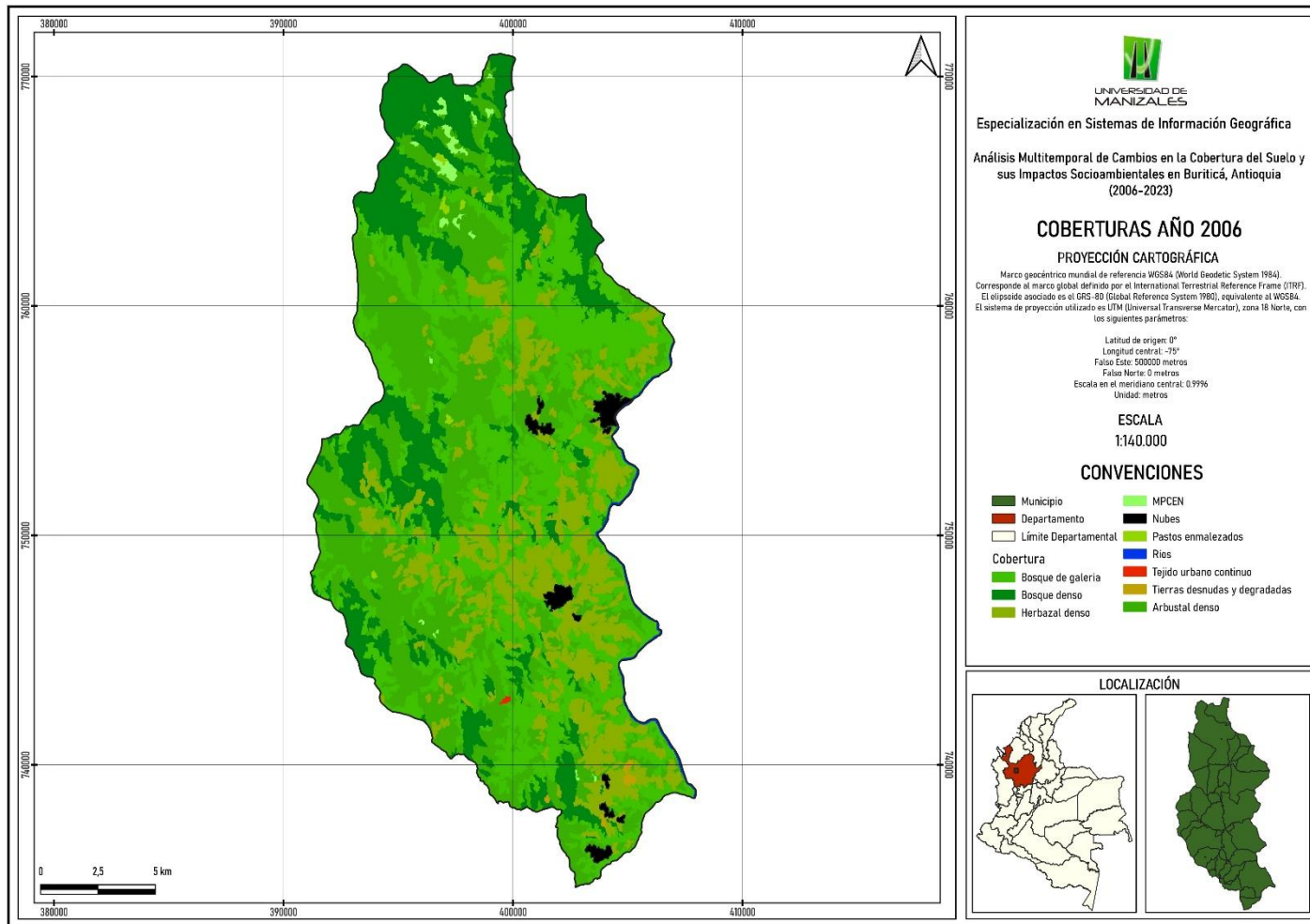


Figura 20*Resultados clasificación supervisada año 2006*

8.1.2. Coberturas del suelo – Año 2010

Para el año 2010 se observó una reducción de la cobertura boscosa, particularmente en la zona norte, donde empezaron a emerger nuevos parches de tierras degradadas y áreas desnudas. Se consolidó una expansión del tejido urbano continuo, mostrando el crecimiento del casco urbano y sus zonas periféricas.

También se hizo evidente el aumento de pastos enmalezados y el avance de zonas con menor densidad vegetal, como el herbazal denso, lo que refleja los efectos acumulados de las actividades productivas, especialmente en las zonas más accesibles del territorio.

A continuación, la tabla 4 y figura 21 presentan la distribución cuantitativa de las coberturas identificadas en el municipio en este año. Como se observa, predomina el bosque denso, seguido por coberturas de herbazal denso y bosque de galería y ripario. En contraste, las coberturas asociadas a procesos antrópicos, como el tejido urbano continuo o los mosaicos de pastos y cultivos, mantienen una representación reducida. Por último, la figura 22 presenta de manera visual los resultados de esta clasificación supervisada.

Tabla 4

Áreas por cobertura años 2010

COBERTURA	ÁREA TOTAL (HA)
Bosque denso	12633,60
Herbazal denso	7898,16
Bosque de galería y ripario	6812,41
Arbustal denso	4194,90
Pastos enmalezados	2089,69
Nubes	1240,21
Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales	354,73
Ríos	232,04
Tejido urbano continuo	5,78

Figura 21
Áreas por cobertura años 2010

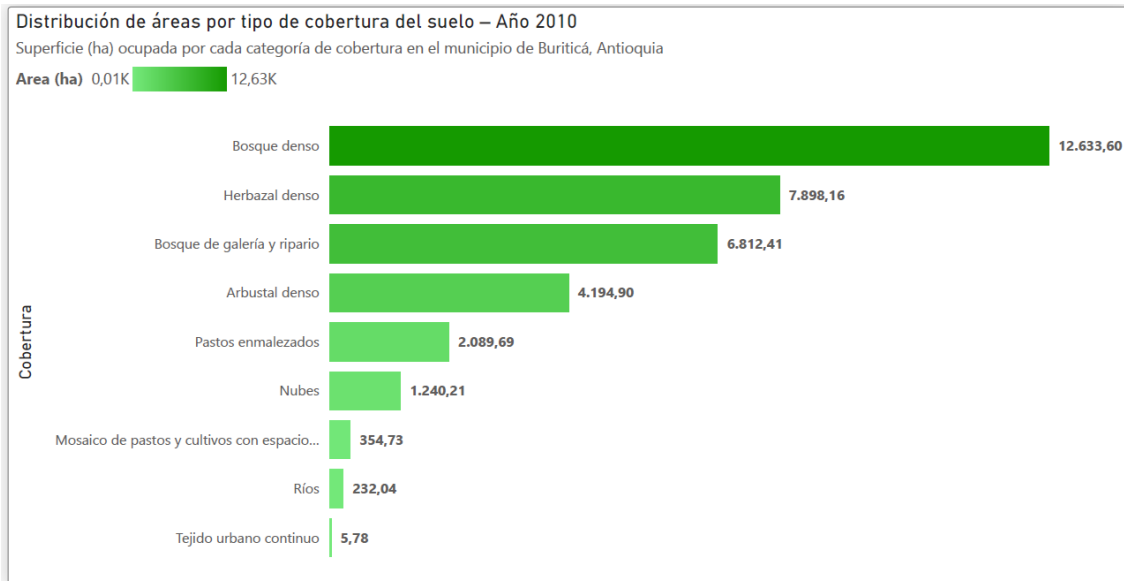
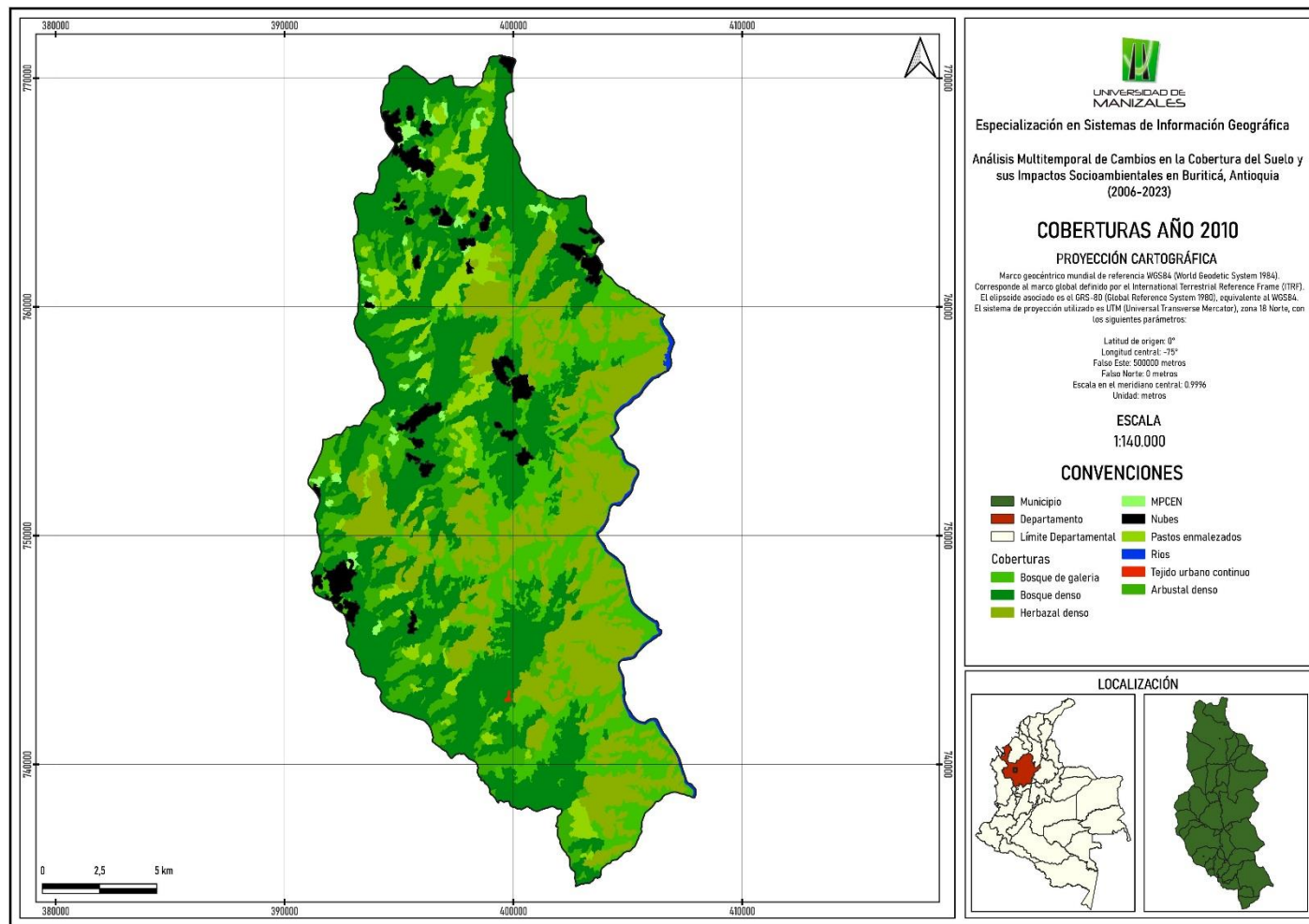


Figura 22*Resultados clasificación supervisada año 2010*

8.1.3. Coberturas del suelo – Año 2014

En 2014 se intensificó la fragmentación de los bosques densos y de galería, al tiempo que aumentaron las áreas de tierra desnuda o degradada hacia el occidente del municipio. Este patrón refleja procesos de intervención más agresivos sobre el territorio, asociados posiblemente a presiones socioeconómicas.

El herbazal denso mantuvo una cobertura amplia, pero con evidentes cambios en su distribución. En algunas zonas, esta cobertura fue reemplazada por pastos enmalezados o áreas sin cobertura vegetal significativa. La cobertura urbana también continuó su expansión, aunque a un ritmo más controlado en comparación con el periodo anterior.

A continuación, la tabla 5 y figura 23 presentan la distribución cuantitativa de las coberturas identificadas en el municipio en este año. Como se observa, la cobertura de bosque de galería y ripario se consolidó como la de mayor extensión, seguida por el bosque denso, el herbazal y el arbustal densos, lo que aún sugiere un predominio de elementos naturales en el paisaje, aunque con señales claras de fragmentación. En contraste, coberturas asociadas a procesos antrópicos como los pastos enmalezados, pastos limpios y tierras degradadas registraron un aumento en su área respecto a periodos anteriores, lo cual refleja una presión creciente sobre los ecosistemas. Por último, la figura 24 presenta de manera visual los resultados de esta clasificación supervisada.

Tabla 5

Áreas por cobertura años 2014

COBERTURA	ÁREA TOTAL (HA)
Bosque de galería y ripario	12437,70
Bosque denso	10737,07
Herbazal denso	4836,01
Arbustal denso	4385,65
Pastos enmalezados	1096,49
Pastos limpios	954,79
Nubes	681,57
Ríos	189,86
Tierras desnudas y degradadas	121,58
Tejido urbano continuo	22,46

Figura 23
Áreas por cobertura años 2014

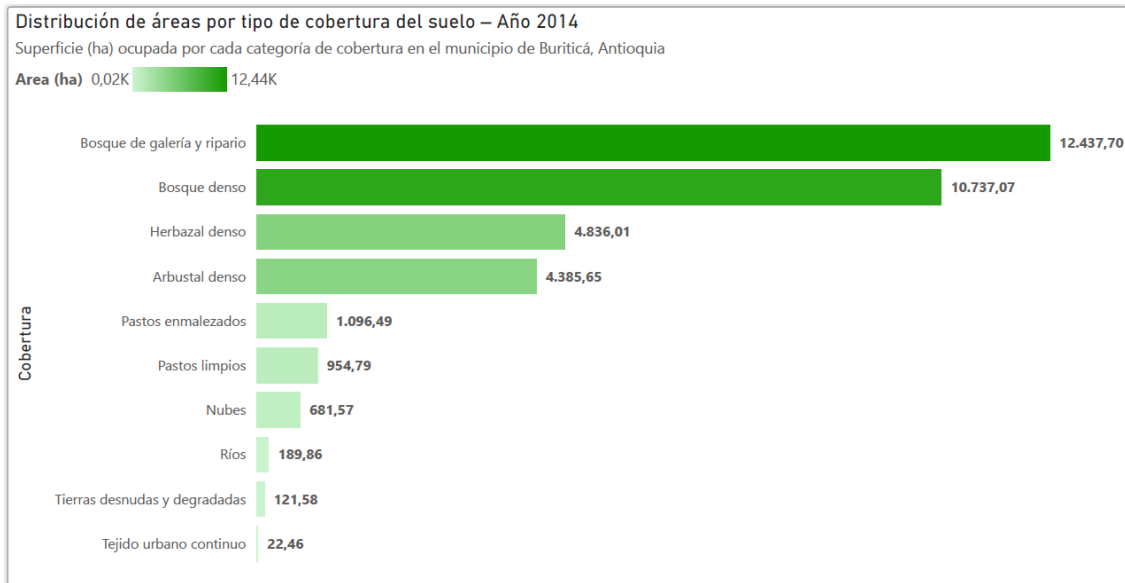
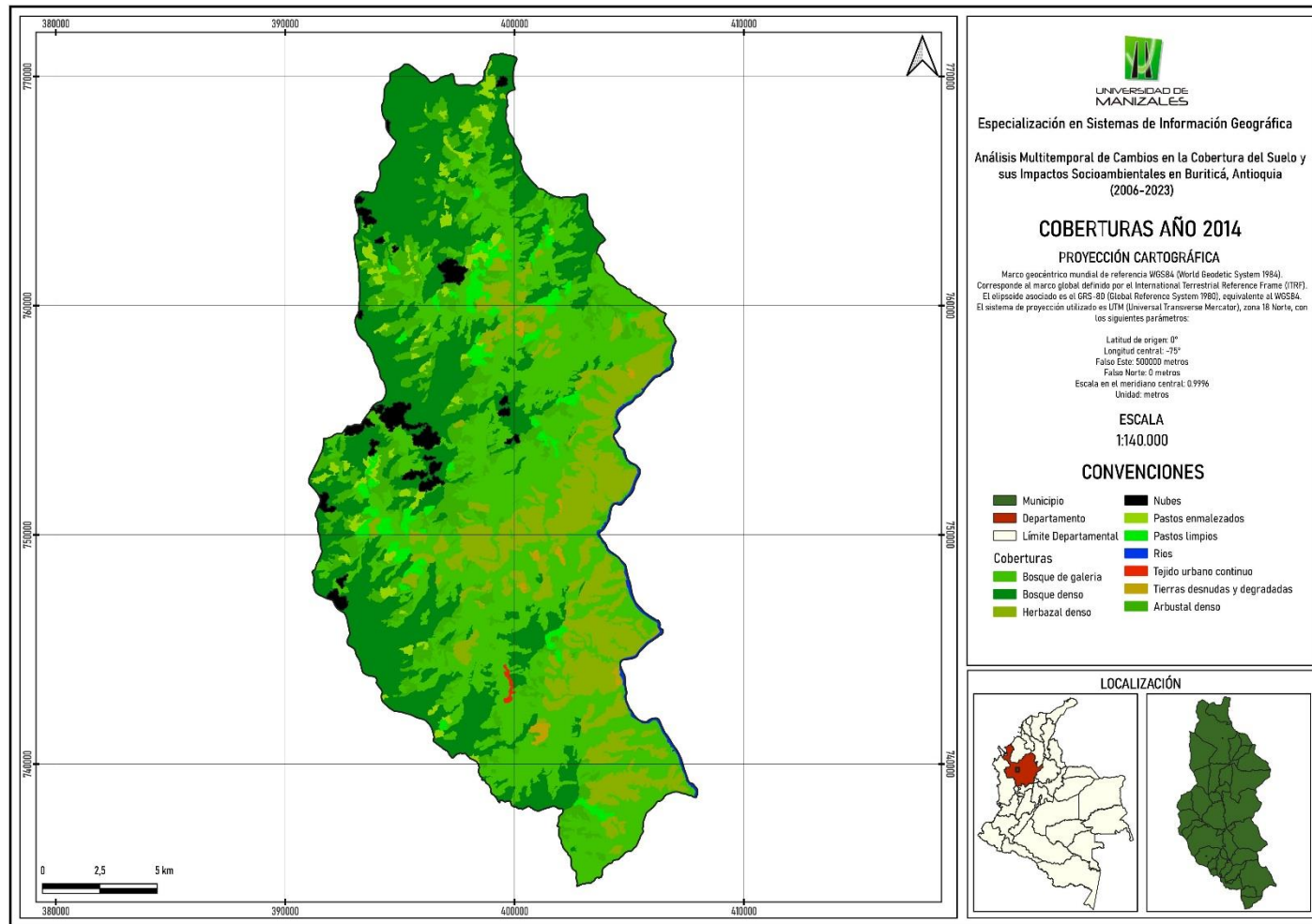


Figura 24*Resultados clasificación supervisada año 2014*

8.1.4. Coberturas del suelo – Año 2019

El año 2019 se caracterizó por una notable expansión de las coberturas antrópicas, como el tejido urbano continuo, así como un crecimiento más pronunciado de las zonas degradadas en la parte sur del municipio. La cobertura boscosa siguió su tendencia a la disminución, mientras que los pastos limpios y enmalezados ganaron terreno en las zonas donde antes predominaban ecosistemas más conservados.

Adicionalmente, se consolidaron nuevos focos de transformación del suelo, evidenciando un cambio territorial más intenso en sectores cercanos a corredores de actividad económica relacionado con zonas industriales.

A continuación, la tabla 6 y figura 25 presentan la distribución cuantitativa de las coberturas identificadas en el municipio en este año. Como se observa, el arbustal y el herbazal densos constituyen las coberturas predominantes, seguidas por el bosque de galería y ripario, y el bosque denso, aunque estas últimas muestran una notable reducción respecto a periodos anteriores. En contraste, las coberturas asociadas a procesos antrópicos como los pastos limpios, las zonas industriales y comerciales, y el tejido urbano continuo y discontinuo reflejan una expansión significativa, lo cual evidencia un proceso de transformación territorial más intenso. Por último, la figura 26 presenta de manera visual los resultados de esta clasificación supervisada.

Tabla 6

Áreas por cobertura años 2019

COBERTURA	ÁREA TOTAL (HA)
Arbustal denso	11016,26
Herbazal denso	8593,30
Bosque de galería y ripario	7248,58
Bosque denso	5754,44
Pastos limpios	2089,54
Ríos	334,26
Pastos enmalezados	237,43
Zonas Industriales comerciales	84,61
Tejido urbano discontinuo	53,26
Tejido urbano continuo	31,84
Tierras desnudas y degradadas	10,73
Nubes	9,27

Figura 25
Áreas por cobertura años 2019

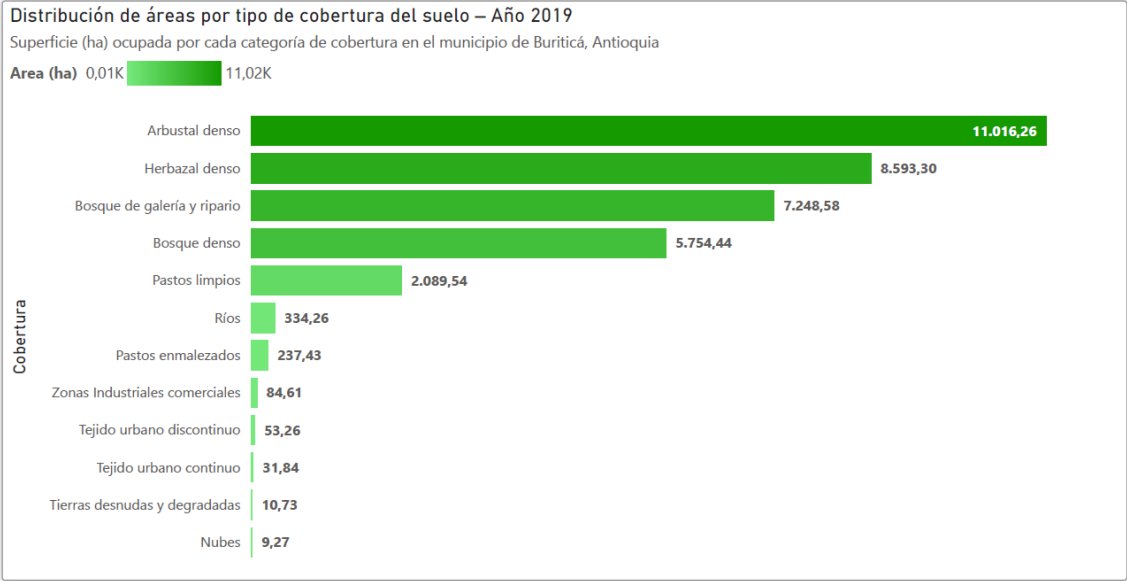
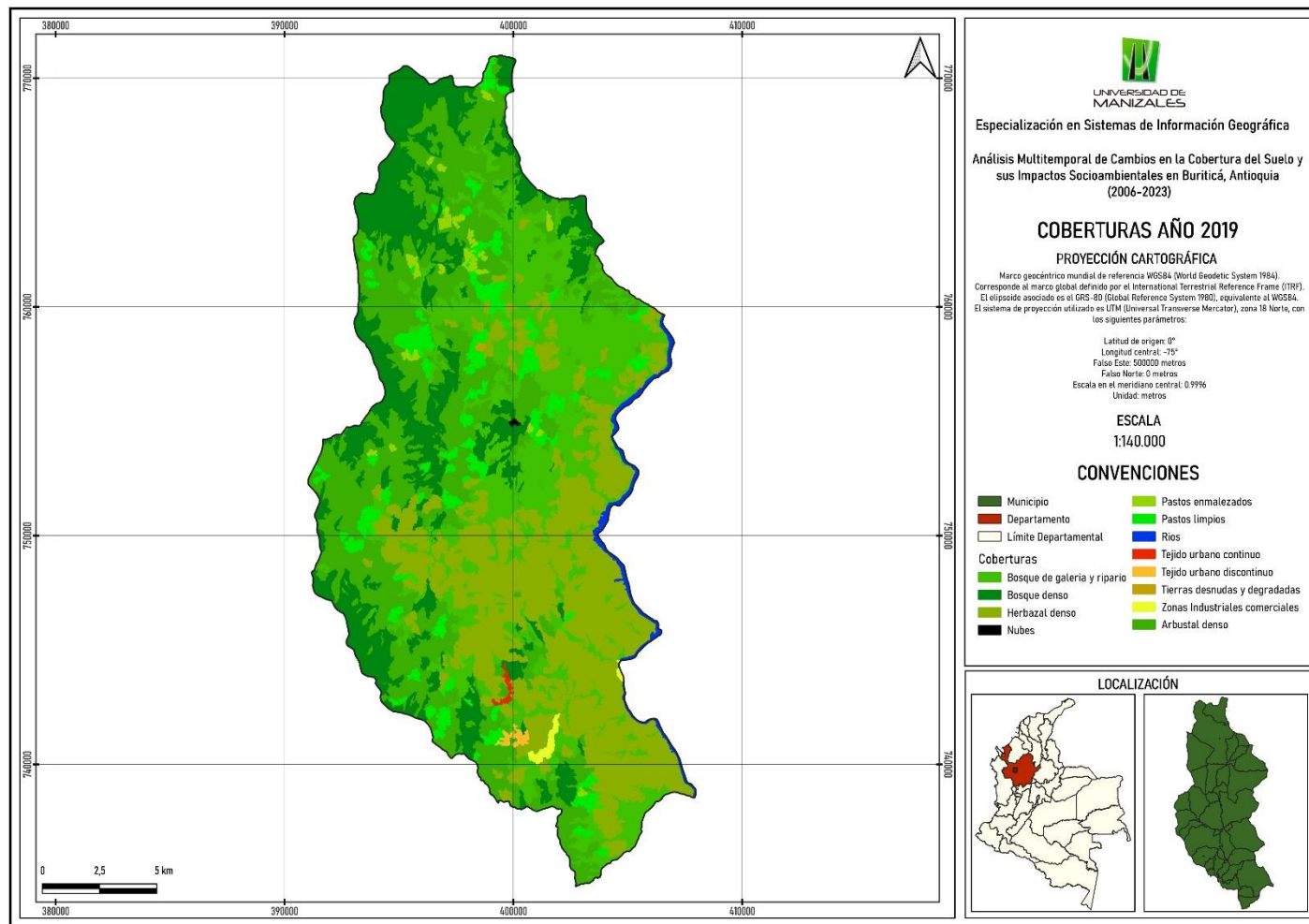


Figura 26*Resultados clasificación supervisada año 2019*

8.1.5. Coberturas del suelo – Año 2023

Para el año 2023, el municipio de Buriticá presenta un escenario de transformación avanzada. Se identificó una ampliación significativa del tejido urbano continuo, acompañado del surgimiento de zonas industriales y comerciales, lo que indica una consolidación del proceso de urbanización y cambio de vocación del suelo en varios sectores.

Las tierras degradadas y desnudas aumentaron, especialmente en la parte sur y en el centro del municipio. A su vez, la cobertura boscosa continuó reduciéndose y fragmentándose. Se observó una mayor concentración de pastos y herbazales, así como un cambio en la distribución espacial de estas coberturas, reflejando nuevas dinámicas territoriales asociadas al uso intensivo del suelo.

A continuación, la tabla 7 y figura 27 presentan la distribución cuantitativa de las coberturas identificadas en el municipio en este año. Como se observa, el arbustal denso y el bosque de galería y ripario representan las coberturas más extensas, seguidas por el bosque y el herbazal densos. Por su parte, coberturas asociadas a procesos antrópicos, como los pastos limpios, el tejido urbano (continuo y discontinuo) y las zonas industriales, reflejan una expansión sostenida, aunque aún ocupan áreas menores en comparación con las naturales. Esta distribución reafirma la intensificación del uso del suelo y la progresiva transformación del territorio hacia dinámicas de urbanización e intervención intensiva. Por último, la figura 28 presenta de manera visual los resultados de esta clasificación supervisada.

Tabla 7

Áreas por cobertura años 2023

COBERTURA	ÁREA TOTAL (HA)
Arbustal denso	9637,13
Bosque de galería y ripario	9422,21
Bosque denso	4987,20
Herbazal denso	4457,85
Pastos limpios	3198,34
Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales	1973,82
Pastos enmalezados	1023,60
Ríos	450,16
Nubes	93,98
Tejido urbano discontinuo	75,59
Zonas Industriales comerciales	52,51
Tejido urbano continuo	46,12
Tierras desnudas y degradadas	45,06

Figura 27

Áreas por cobertura años 2023

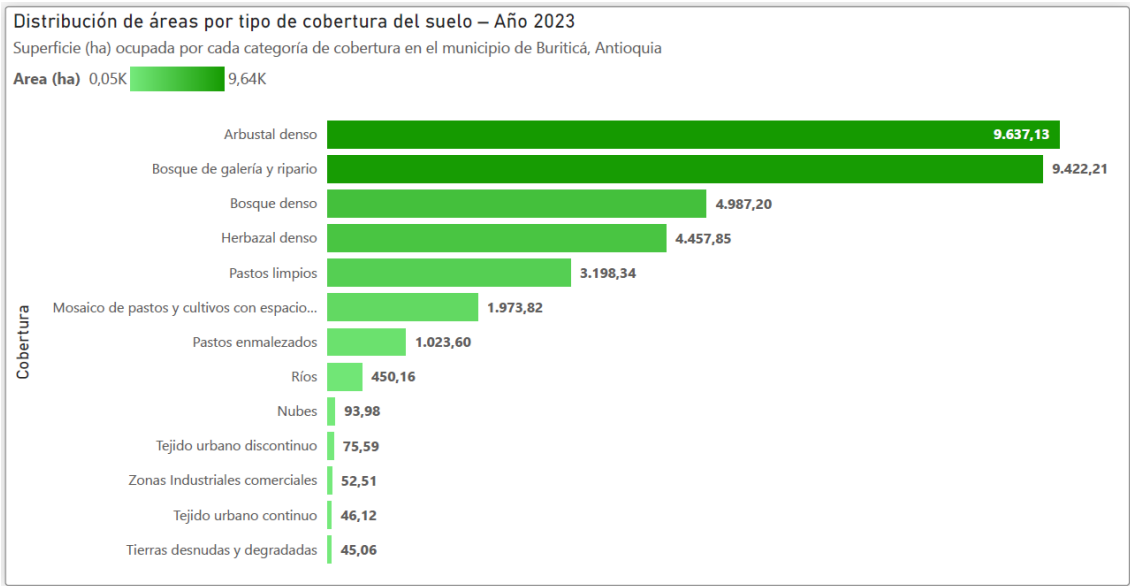
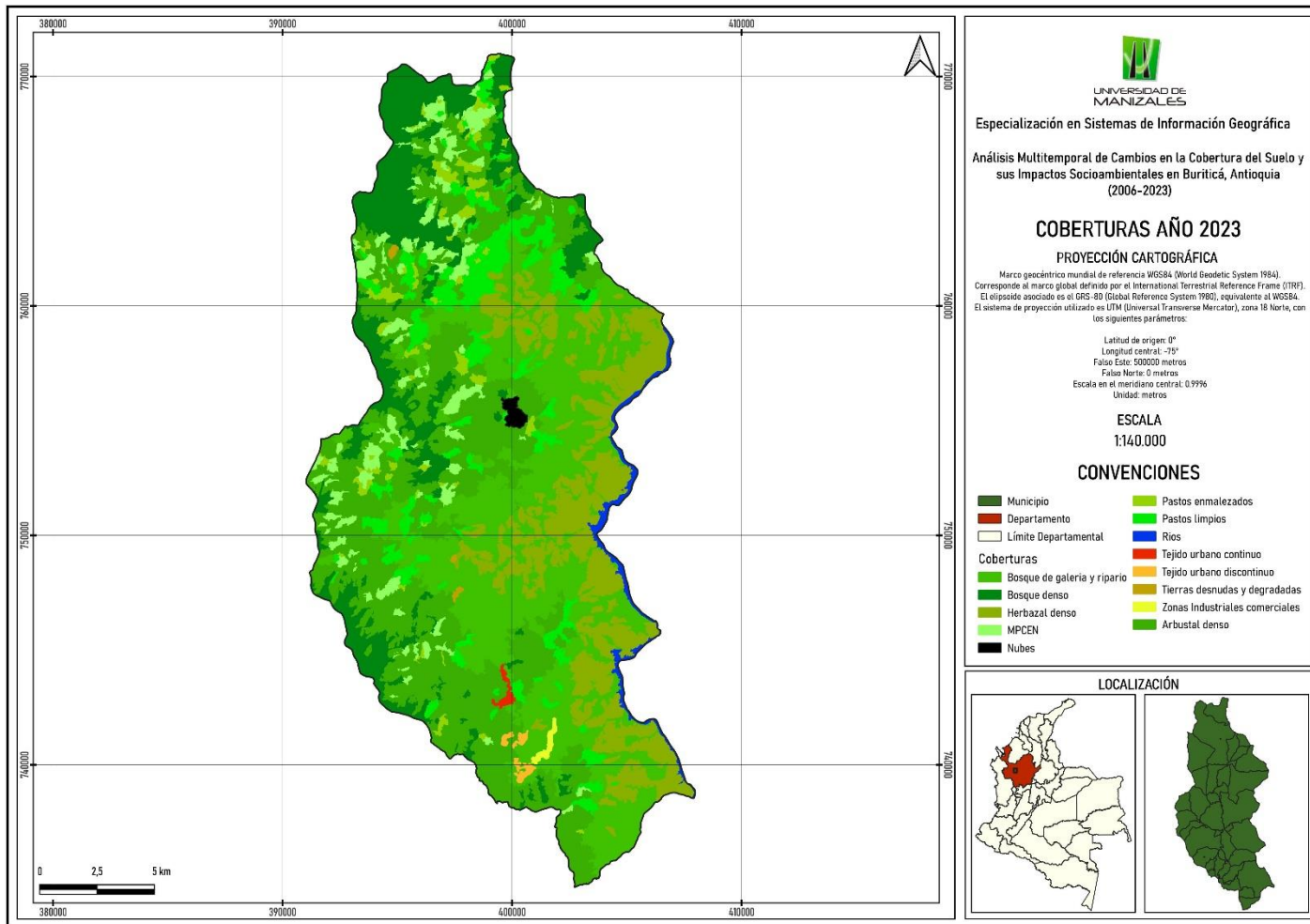


Figura 28*Resultados clasificación supervisada año 2023*

Los resultados permiten afirmar que entre 2006 y 2023 el municipio de Buriticá ha experimentado una transformación progresiva de sus coberturas del suelo, con una clara tendencia hacia la reducción de coberturas vegetales naturales y el aumento de áreas urbanas, industriales y degradadas. Este proceso refleja una presión creciente sobre los ecosistemas locales, impulsada por dinámicas socioeconómicas que han modificado la estructura territorial del municipio.

8.2.Resultados Fase 2

Objetivo 2. Determinar los cambios en las coberturas del suelo en Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023, mediante análisis multitemporal de imágenes satelitales, en relación con las transformaciones de uso del suelo.

8.2.1. Análisis de los EOT

Durante el periodo 2006 - 2023, Buriticá contó con dos EOT que evidenciaron transformaciones sustanciales en la concepción y ordenamiento del territorio. El EOT del año 2000 abordaba el uso minero de forma poco relevante, desde una perspectiva de potencial geológico, sin establecer delimitaciones normativas o cartográficas claras.

En ese momento, la minería se desarrollaba principalmente de forma artesanal o informal. Bajo una regulación ambiental limitada y con seguimiento de entidades como CORANTIOQUIA. El municipio registraba 36 licencias y permisos de explotación, con áreas que oscilaban entre 17 y 4.636 hectáreas, destacándose la licencia 4567 otorgada a QUIMBAYA S.O.M. para la explotación de oro, plata, cobre y otros minerales concesibles. El impacto ambiental de esta actividad era considerado según ese EOT manejable, especialmente en minería subterránea, siempre que se implementaran prácticas adecuadas de manejo de estériles y recuperación ambiental.

Adicionalmente, el EOT de 2000 sugería la posibilidad de concesionar o asociar las áreas mineras a actores con capacidad técnica, económica para la prospección minera. No obstante, el uso del suelo para minería no estaba formalmente definido ni relacionado al modelo territorial.

En contraste, el EOT revisado en 2023 proyectó a Buriticá como un territorio agro-minero hacia el año 2035, integrando las potencialidades de la minería en sus diferentes escalas (artesanal,

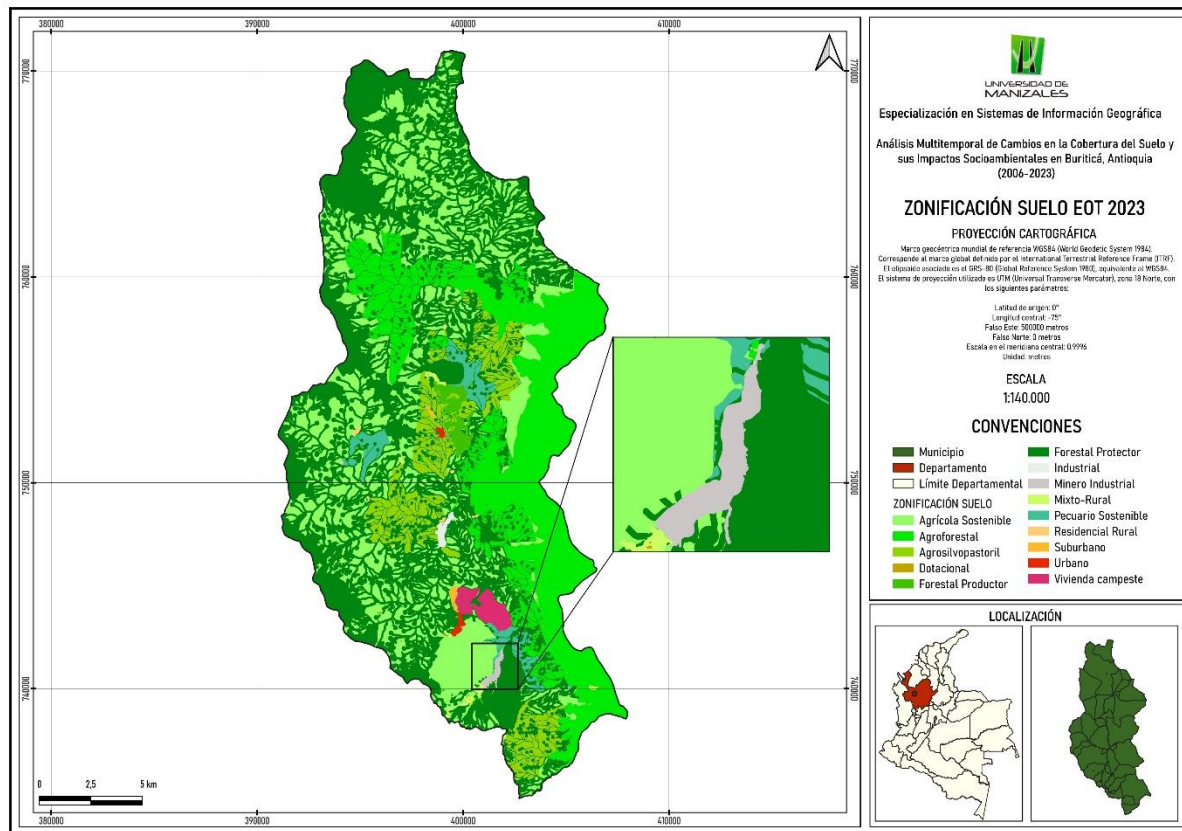
tradicional, pequeña, mediana y grande) con la producción agropecuaria, la seguridad alimentaria y el acceso a la tierra para la población campesina.

El EOT reconocía la dimensión cultural y ancestral de la minería y describía cómo grandes proyectos, como el Buriticá (Zijin-Continental Gold) y el Hidroeléctrico Ituango han transformado esta relación histórica, limitando el acceso de barequeros a los aluviones auríferos y propiciando el abandono de zonas tradicionales de trabajo.

A partir de este enfoque, el EOT 2023 introduce una zonificación explícita del uso del suelo minero, delimitando áreas de uso "Minero-Industrial" para el Proyecto Aurífero Zijin Continental Gold (ver *figura 29*). Así mismo, establecía un marco normativo detallado que definía usos permitidos, complementarios, restringidos y prohibidos, e identificaba zonas de exclusión minera con valor ambiental, patrimonial o cultural.

Figura 29

Uso de suelos definido en el EOT del 2023



Desde el enfoque social, el documento incorporaba las *Alianzas para la Prosperidad*, como un mecanismo de participación entre empresa, administración municipal y comunidades para gestionar los impactos generados por el cambio en el uso del suelo. Este instrumento reconocía las consecuencias de la actividad minera sobre la dinámica poblacional, el sistema económico local y el acceso a recursos como el agua y la tierra cultivable.

Asimismo, el EOT identificaba retos en materia de riesgo, señalando que el municipio cuenta con zonas de alta susceptibilidad a movimientos en masa, principalmente en áreas afectadas por minería ilegal, como las vertientes de la quebrada La Tesorera y las vías que conectan los centros poblados con el proyecto minero.

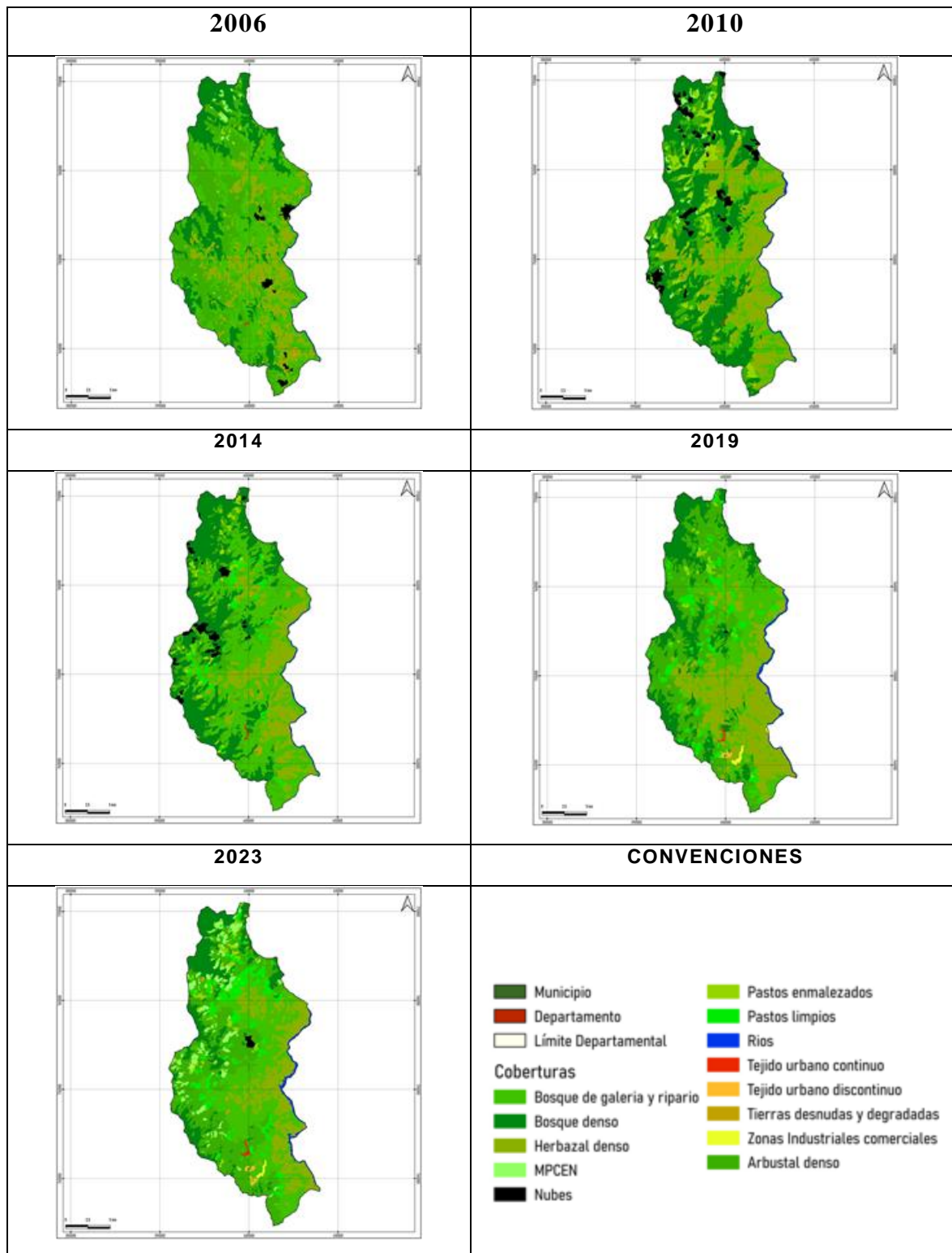
El contraste entre los EOT de 2000 y 2023 permitió observar una transformación profunda en la manera como Buriticá concebía y regulaba su territorio. Esta nueva visión incorporó la minería como uno de los ejes principales en el ordenamiento territorial. Este cambio trascendió las dinámicas económicas y políticas, generando tensiones entre los nuevos modelos de desarrollo y las formas tradicionales de habitar y utilizar el territorio. En este sentido, el nuevo marco normativo impulsaba un proceso de reconfiguración territorial que permitió analizar los impactos socioambientales derivados de estas transformaciones.

Para finalizar la *figura 30* presenta las principales diferencias entre los dos EOT abordados.

Figura 30*Comparación EOT 2000 y EOT 2023***8.2.2. Cambios en las coberturas de suelo**

Durante el periodo comprendido entre 2006 y 2023, el municipio de Buriticá evidenció transformaciones significativas en sus coberturas del suelo. A partir del análisis multitemporal, se identificó una reducción sostenida de coberturas naturales y un aumento progresivo de aquellas asociadas a dinámicas antrópicas, tal como se describió anteriormente.

Los cinco mapas de cobertura permiten visualizar espacialmente las variaciones a lo largo del tiempo. En 2006, predominaban coberturas naturales como arbustal denso, bosque denso y bosque de galería y ripario, lo cual se traduce en una matriz territorial aún conservada. Sin embargo, con el paso de los años, especialmente desde 2014, se observa una expansión del tejido urbano, el establecimiento de zonas industriales, y el reemplazo de coberturas vegetales por usos socioeconómicos extensivos.

Tabla 8*Cambios en las coberturas de suelo 2006 - 2023*

El progresivo aumento de pastos limpios, mosaicos agropecuarios y zonas urbanas ha fragmentado el territorio y reducido áreas clave para la conectividad ecológica. Este proceso se evidencia especialmente en la zona centro-sur del municipio, donde se ha intensificado el cambio de la cobertura del suelo, en parte relacionado con las dinámicas extractivas.

8.2.2.1 Cambios netos en las coberturas del suelo Los resultados cuantitativos respaldan los patrones observados en los mapas. Se registró una pérdida considerable en las coberturas naturales: el arbustal denso disminuyó en 3.078,2 hectáreas (-24,2%), el bosque denso en 1.914,6 hectáreas (-27,7%) y el herbazal denso en 804 hectáreas (-15,3%). Paralelamente, hubo un crecimiento marcado de coberturas asociadas a usos productivos y urbanos: pastos limpios aumentaron en 3.198 hectáreas, los mosaicos agropecuarios en 1.682 hectáreas, y surgieron más de 52 hectáreas clasificadas como zonas industriales.

La *tabla 9* resume el cambio neto en hectáreas y el porcentaje de variación para cada clase entre el primer y último año de estudio:

Tabla 9
Cambios de cobertura

COBERTURA	ÁREA 2006 (HA)	ÁREA 2023 (HA)	CAMBIO NETO (HA)	CAMBIO (%)
Arbustal denso	12,715.33	9,637.13	-3,078.20	-24.21%
Bosque de galería y ripario	9,650.69	9,422.21	-228.48	-2.37%
Bosque denso	6,901.80	4,987.20	-1,914.60	-27.74%
Herbazal denso	5,261.92	4,457.85	-804.08	-15.28%
Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales	291.05	1,973.82	+1,682.77	+578.17%
Nubes	394.39	93.98	-300.41	-76.17%
Pastos enmalezados	51.68	1,023.61	+971.92	+1,880.58%
Pastos limpios	0.00	3,198.34	+3,198.34	—
Ríos	145.21	450.16	+304.95	+210.00%
Tejido urbano continuo	7.49	46.12	+38.63	+516.01%
Tejido urbano discontinuo	0.00	75.59	+75.59	—
Tierras desnudas y degradadas	42.20	45.06	+2.86	+6.78%
Zonas industriales comerciales	0.00	52.51	+52.51	—

Este comportamiento sugiere una reconfiguración territorial que privilegia la producción sobre la conservación, la aparición de coberturas como tejido urbano continuo y discontinuo, así

como zonas industriales, de esta forma, se evidencia un cambio de modelo de ocupación territorial, particularmente vinculado al crecimiento del sector minero formal.

8.2.2.2. Participación porcentual de las coberturas La comparación de la participación porcentual de las coberturas en 2006 y 2023 confirma las tendencias descritas. Mientras que en 2006 el arbustal denso representaba el 35,9% del municipio, en 2023 esta cobertura apenas alcanza el 27,2%, el bosque denso pasó del 19,5% al 14,1%, y el herbazal denso del 14,8% al 12,6%, en contraste, los pastos limpios, inexistentes en 2006, ocupan el 9% del territorio en 2023; y los pastos enmalezados pasaron del 0,2% al 2,9%.

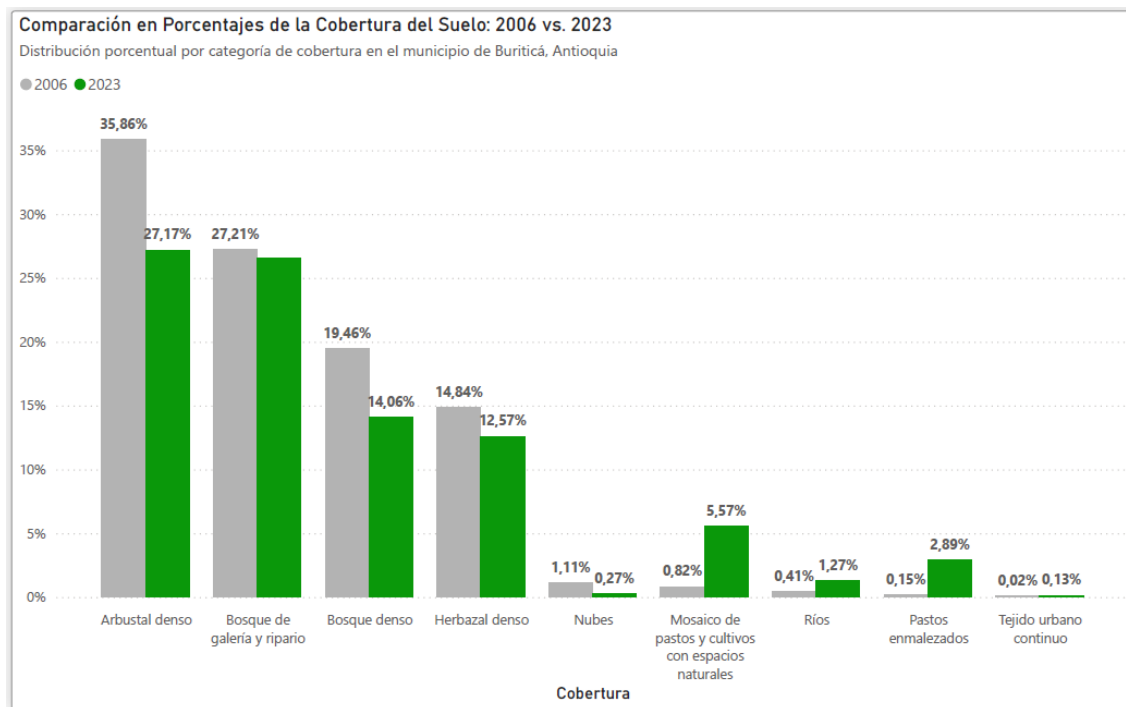
Tabla 10

Porcentajes de coberturas 2006 - 2023

COBERTURA	2006 (%)	2023 (%)
Arbustal denso	35.86%	27.17%
Bosque de galería y ripario	27.21%	26.57%
Bosque denso	19.46%	14.06%
Herbazal denso	14.84%	12.57%
Mosaico de pastos y cultivos con espacios naturales	0.82%	5.57%
Pastos enmalezados	0.15%	2.89%
Pastos limpios	0.00%	9.02%
Tejido urbano (continuo y discontinuo)	0.02%	0.34%
Zonas industriales comerciales	0.00%	0.15%

A continuación, se muestra la comparación gráfica de las áreas ocupadas por cada cobertura en los años 2006 y 2023:

Figura 31
Comparación cobertura suelo 2006 – 2023

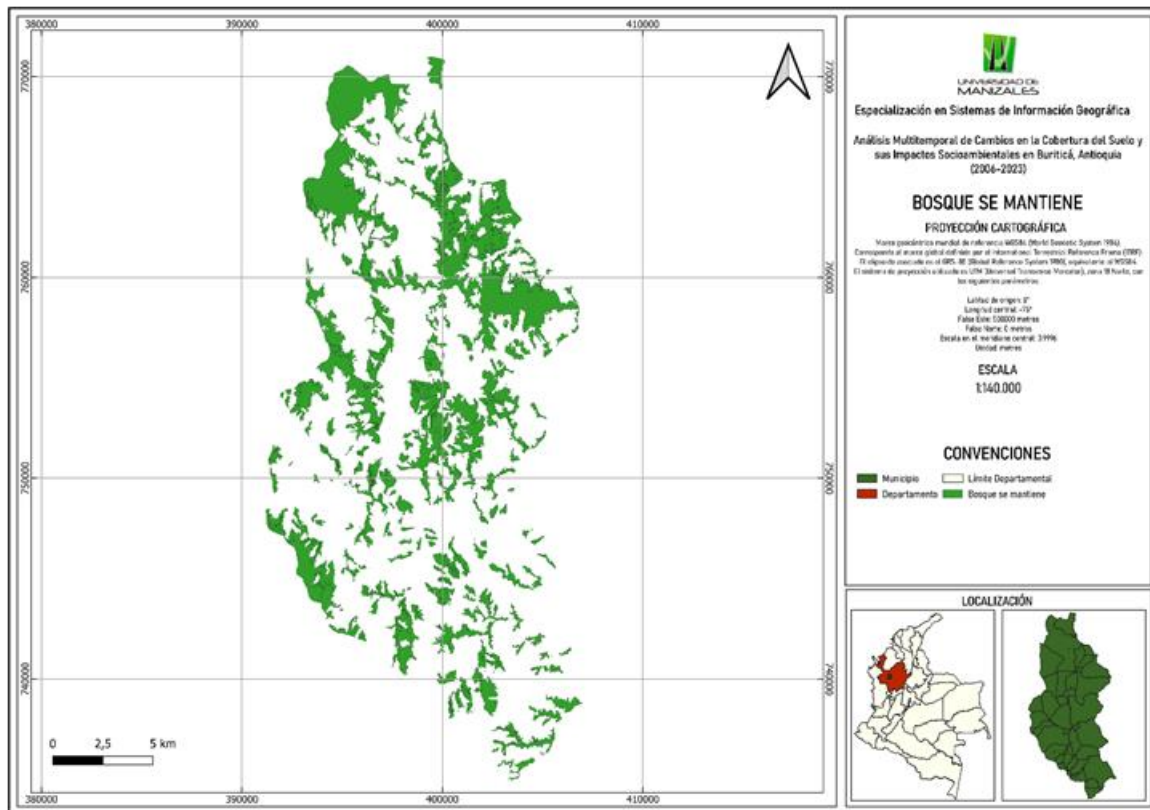


Este cambio porcentual evidencia una transición hacia un modelo agropecuario intensivo, con menor presencia de coberturas naturales. La aparición de zonas industriales comerciales (0,15% en 2023) y la expansión urbana (0,34%) completan el panorama de transformación territorial.

8.2.2.3. Coberturas que se mantuvieron Pese a las presiones territoriales ejercidas sobre el área del municipio de Buriticá, el análisis espacial permitió identificar zonas de permanencia forestal, la intersección de las coberturas bosque denso y bosque de galería y ripario entre 2006 y 2023 permitió delimitar las áreas que han conservado su estado original durante todo el periodo de estudio.

De esta forma, se identificó un total de 10.453,05 hectáreas de bosque que se han mantenido estables, estas áreas están principalmente localizadas en sectores de ladera o zonas de difícil acceso, lo que ha limitado su intervención. Además de su importancia ecológica, estas áreas constituyen zonas clave para la conectividad ecosistémica y la regulación hídrica del territorio.

Figura 32
Coberturas que se mantienen



La existencia de estos núcleos de conservación adquiere especial relevancia ante el crecimiento de las coberturas antrópicas, ya que se posicionan como espacios estratégicos para implementar acciones de protección y restauración ambiental.

El análisis multitemporal realizado evidencia transformaciones sustanciales en las coberturas vegetales del municipio de Buriticá entre 2006 y 2023. Si bien las coberturas naturales continúan ocupando una porción importante del territorio, su reducción es notoria, especialmente en el caso del arbustal y el bosque denso. Adicionalmente, se registra un aumento de coberturas asociadas a actividades antrópicas, como pastos limpios, mosaicos agropecuarios y, de forma destacada, zonas industriales correspondientes principalmente a áreas mineras.

Estos cambios no se producen de manera aislada, sino que están profundamente relacionados con la transformación normativa y conceptual del ordenamiento territorial municipal. El contraste entre los EOT de 2000 y 2023 da cuenta de un cambio estructural en la manera como se concibe el uso del suelo: mientras que el documento del año 2000 abordaba la minería de forma

marginal, sin delimitaciones claras, el EOT de 2023 la integra como eje estructurante del modelo agro-minero proyectado a 2035. Esta transición se refleja en el paisaje, como lo evidencia el crecimiento de las zonas de uso “Minero-Industrial” y el desplazamiento de coberturas naturales hacia usos vinculados a la actividad extractiva.

A pesar de esta presión, el análisis espacial permitió identificar cerca de 10.453 hectáreas de bosque que se han mantenido estables a lo largo del periodo de estudio, lo que destaca su valor estratégico para la conservación de la biodiversidad y la regulación ecosistémica. En este contexto, los cambios observados en la cobertura del suelo deben interpretarse no solo como procesos biofísicos, sino como expresiones de un nuevo modelo territorial promovido por la articulación entre intereses mineros, normativas urbanísticas y dinámicas socioeconómicas. Esta reconfiguración del territorio implica retos significativos en términos de sostenibilidad, acceso equitativo a los recursos y gobernanza del suelo, elementos fundamentales para cualquier planificación futura del municipio.

8.3. Resultados Fase 3

Objetivo 3. Analizar los posibles impactos socio ambientales generados por los cambios en el uso y la cobertura del suelo en el municipio de Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023, a partir de fuentes documentales.

8.3.1. Impactos Ambientales

Entre 2006 y 2023 Buriticá experimentó un cambio profundo que no solo estuvo relacionado con los cambios en la cobertura del suelo, sino que también implicó la configuración un nuevo modelo territorial, donde un municipio tradicionalmente agrícola se convirtió en escenario de un modelo extractivo acelerado. El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de 2023 reconocía esta transición como un modelo "agro-minero", reflejando cómo la expansión minera sustituyó y desplazó las formas tradicionales de habitar, producir y relacionarse con el entorno.

Estos cambios generaron importantes impactos ambientales, documentados en investigaciones que también evaluaron la percepción de las comunidades locales. Estos estudios

evidenciaron efectos visibles como la contaminación de fuentes hídricas por mercurio, la tala indiscriminada de árboles, la pérdida de biodiversidad, la erosión de suelos agrícolas y forestales, junto con la ocurrencia de deslizamientos en zonas de montaña. De la misma manera, identificaron la disminución de la actividad agrícola asociada directamente con el deterioro del entorno natural, manifestada en afectaciones a cultivos y suelos, así como en el deterioro de la calidad del agua.

El daño de las fuentes hídricas del municipio tuvo importante relevancia, investigadores determinaron que en la Quebrada Bemango, los vertimientos no tratados procedentes del beneficio del oro provocaron una alteración fisicoquímica considerable del agua, con presencia de metales pesados, cianuro y materia orgánica. Esta situación comprometió la biodiversidad y limitó los usos agrícola y doméstico del recurso, registrándose índices de calidad de agua que variaban entre aceptable y muy malo, según el punto de muestreo.

Estas dinámicas no se explicaban únicamente por la minería informal. En 2013, la empresa Continental Gold fue sancionada en por presunta contaminación de las quebradas La Mina y El Salto, lo que evidenciaba que los impactos ambientales derivaban tanto de prácticas legales como ilegales. La llegada masiva de 5.000 personas dedicadas a la minería informal, en un municipio de poco más de 7.000 habitantes, intensificó el deterioro ambiental. Entre las prácticas identificadas se encontró el uso de viviendas particulares para el procesamiento de oro con mercurio, lo que contribuyó a la contaminación del aire y expuso de manera directa a la población a materiales tóxicos. En este contexto, se registraron percepciones comunitarias que asociaban el presente con un paisaje hídrico deteriorado, en contraste con épocas anteriores en las que el agua era sinónimo de fertilidad agrícola.

La revisión de fuentes secundarias permitió evidenciar que los impactos ambientales van más allá de una lectura técnica de coberturas o categorías de suelo. Esta afectación estructural se mantuvo pese a operativos de control como la "Operación Creta" de 2016, que no logró erradicar los vertimientos clandestinos ni las malas prácticas de disposición de residuos.

De manera más preocupante, estos impactos se desarrollaron en un escenario de débil institucionalidad ambiental. La limitada capacidad de respuesta de las autoridades locales, sumada a la coexistencia de minería legal e ilegal, configuró una situación en la que, por un lado, la estructura institucional no logró ejercer control ni prevenir, y por otro, la dinámica extractiva, con o sin licencia, generó efectos profundos y duraderos sobre el ambiente.

8.3.2. *Impactos Sociales*

Los cambios derivados de la transición del uso de suelo, desde un esquema agrícola a uno minero, también generaron transformaciones sociales, que trascendieron la modificación física del territorio. Estos cambios afectaron las relaciones sociales, modificando la manera en la que las comunidades habitaban y comprendían sus espacios de vida.

En este contexto, resultó fundamental comprender que los impactos no debían evaluarse únicamente desde una perspectiva física o ecológica, sino también a partir de la presencia de múltiples actores con intereses y necesidades contrapuestas, quienes moldearon la dinámica social del municipio.

Entre los actores identificados en la minería de oro en Buriticá y el Bajo Cauca antioqueño se encontraban:

- **Actores mineros**, conformados por empresas legales, mineros tradicionales e informales, cuyo objetivo era garantizar el acceso continuo a los recursos minerales y maximizar los beneficios económicos, enfrentando restricciones ambientales, conflictos sociales y tensiones con otros actores locales.
- **El Estado y sus instituciones**, responsables de regular la actividad minera y promover un equilibrio entre desarrollo económico y conservación ambiental, aunque limitados por recursos, capacidades técnicas y presencia territorial insuficiente.
- **Grupos armados**, como el Clan del Golfo y disidencias de grupos insurgentes, orientados al control territorial y económico de las zonas mineras, financiando sus actividades mediante cobros ilegales y extorsiones, lo que aumentaba la conflictividad y la presión sobre las comunidades.
- **Comunidades locales**, integradas por población campesina e indígena, con prioridad en la protección de su territorio y medios de vida. Aunque en ocasiones participaban de los beneficios económicos generados por la minería, también sufrían impactos ambientales y sociales, así como procesos de exclusión en la toma de decisiones sobre el uso del territorio.

A continuación, se presenta la matriz de análisis de involucrados elaborada con base en la información de estos grupos.

Tabla 11*Matriz de análisis de involucrados*

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y RESTRICCIONES
ACTORES MINEROS	* Acceso continuo a los recursos minerales: Las empresas mineras, tanto legales como informales, buscan explotar al máximo los yacimientos de oro en la región de Buriticá y Bajo Cauca. El oro, como recurso no renovable y de alto valor, es el principal incentivo para estos actores. El objetivo es mantener y ampliar las concesiones mineras y asegurar la viabilidad a largo plazo de sus operaciones.	* Restricciones ambientales y normativas: Las regulaciones ambientales se perciben como un obstáculo significativo para el desarrollo minero. Las políticas que limitan la emisión de residuos, el uso de productos químicos como el mercurio o que buscan la protección de ecosistemas locales pueden generar conflictos entre las mineras y las autoridades.	* Recursos: Las empresas cuentan con maquinaria pesada, personal técnico y acceso a financiación, lo que les da ventaja en la explotación de recursos. Sin embargo, la inversión inicial para establecer una operación minera puede ser alta y requiere una planificación cuidadosa.
(Mineros tradicionales, informales, empresas mineras)	* Maximización de beneficios: En su mayoría, las empresas están motivadas por la obtención de mayores márgenes de ganancia. Esto incluye la optimización de procesos de extracción, transformación y comercialización del oro, lo que lleva a un interés en tecnologías más avanzadas y técnicas que permitan reducir costos de operación.	* Conflictos sociales: La minería suele estar en desacuerdo con las comunidades locales, que enfrentan la contaminación y la alteración de sus medios de vida. Estos conflictos pueden retrasar o detener proyectos mineros, lo que afecta negativamente la producción y los beneficios esperados.	* Restricciones: Las restricciones vienen principalmente de la legislación ambiental y social, además de la presión de los grupos locales. También deben cumplir con requisitos de certificación y enfrentar los altos costos asociados a cumplir las regulaciones.
ESTADO / AGENTES	* Regular las actividades mineras: El Estado busca asegurar que la explotación minera se realice dentro del marco legal y en beneficio del país. Esto incluye garantizar que las empresas mineras paguen regalías justas y respeten las normativas ambientales y sociales. La meta es	* Presiones de grupos económicos y sociales: Los funcionarios estatales enfrentan presiones constantes de diferentes sectores. Por un lado, las empresas mineras buscan flexibilizar normativas para aumentar su capacidad de operación; por otro lado, las	* Recursos: El Estado tiene el poder regulatorio, que incluye la capacidad de otorgar o revocar licencias, imponer multas y llevar a cabo auditorías de las actividades mineras. También cuenta con instituciones como el Ministerio de Minas y Energía y autoridades ambientales regionales.

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y RESTRICCIONES
	alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente.	comunidades exigen mayores controles y la protección de sus territorios y recursos naturales.	
	* Incrementar ingresos fiscales: Los recursos que genera la minería, especialmente el oro, son clave para las finanzas públicas. A través de impuestos y regalías, el Estado tiene un interés en fomentar una minería legal y formalizada que pueda contribuir a las arcas públicas y al desarrollo local.	* Falta de recursos y personal: Un problema clave identificado es la falta de personal especializado y recursos financieros para monitorear y hacer cumplir las normativas en las zonas mineras. Esta falta de capacidad impide una supervisión adecuada, lo que da espacio a la minería ilegal o irregular.	* Restricciones: Las limitaciones provienen principalmente de la falta de presupuesto y de personal capacitado para cubrir extensas áreas geográficas con actividades mineras dispersas. Además, la corrupción y la presión política también pueden limitar la efectividad del Estado en su labor de control.
GRUPOS ARMADOS	* Control territorial y de rentas: Los grupos armados, como el Clan del Golfo, las disidencias de las FARC y el ELN, tienen un interés en mantener el control sobre las zonas mineras, ya que esto les permite generar ingresos a través de extorsión, cobro de "impuestos" a las operaciones ilegales e incluso participar directamente en la explotación de los recursos.	* Enfrentamientos con otros grupos: Los grupos armados enfrentan competencia por el control de las zonas mineras. Esto puede derivar en violentos enfrentamientos, no solo entre ellos, sino también con las fuerzas del Estado que intentan retomar el control del territorio.	* Recursos: Los grupos armados disponen de hombres armados y de un sistema de control territorial que les permite regular la actividad económica, incluidas las rutas de transporte y los pagos por protección. También cuentan con redes de corrupción que les facilitan operar sin demasiadas interferencias.
	* Financiamiento de actividades ilícitas: La minería se ha convertido en una fuente de financiación crucial para estos grupos, que utilizan los ingresos para sostener sus operaciones militares, pagar a sus combatientes y mantener el control sobre las comunidades locales.	* Presión militar y judicial: A pesar de su control en ciertas zonas, los grupos armados enfrentan una presión constante por parte del Ejército y la Policía, que buscan dismantelar sus operaciones y debilitar su influencia en las regiones mineras.	* Restricciones: Las limitaciones provienen del accionar del Estado, especialmente las operaciones militares y las restricciones judiciales que buscan frenar su influencia. La creciente presión internacional también puede afectar sus capacidades de operar libremente.
COMUNIDADES	* Protección del territorio y medios de vida: Las comunidades locales,	* Impactos ambientales y sociales: Las comunidades perciben la	* Recursos: Las comunidades locales cuentan con el apoyo de organizaciones no

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y RESTRICCIONES
	<p>muchas de ellas campesinas o indígenas, tienen como prioridad la protección de sus tierras frente a la expansión minera. Para ellas, el agua, la agricultura y el medio ambiente son esenciales para su subsistencia, y la minería representa una amenaza directa a esos recursos.</p> <p>* Participación en los beneficios económicos: Aunque muchos rechazan la minería por sus impactos negativos, algunas comunidades también están interesadas en recibir una parte justa de los beneficios económicos, sea a través de regalías o empleo. En ocasiones, buscan un equilibrio donde la minería pueda coexistir con sus actividades tradicionales.</p>	<p>minería como una fuente de degradación ambiental, especialmente por la contaminación de ríos y la deforestación. También mencionan el aumento de la violencia y la inseguridad debido a la presencia de actores armados y el desplazamiento forzado.</p> <p>* Exclusión de procesos de decisión: Un problema recurrente es la falta de participación en las decisiones sobre los proyectos mineros. A menudo, los proyectos se implementan sin consultar a las comunidades afectadas, lo que genera tensiones y resistencia.</p>	<p>gubernamentales y redes de activistas que defienden sus derechos. También tienen conocimiento profundo del territorio, lo que les permite identificar y resistir las amenazas más directamente.</p> <p>* Restricciones: Las comunidades enfrentan un acceso limitado a los canales de influencia política y a recursos financieros. En muchos casos, su capacidad para resistir la minería está restringida por la presión de los grupos armados o la cooptación de autoridades locales.</p>

Las relaciones que se generaron entre estos grupos fueron de suma importancia para entender los impactos sociales que se observaron en Buriticá, ya que, la variabilidad de intereses resultó en tensiones sociales que derivaron en conflictos territoriales y con estos, reconfiguraciones económicas y nuevas relaciones de poder en el municipio. A continuación, se presenta un análisis de estos impactos.

Los documentos revisados mostraron como primer dato que el boom minero trajo consigo una migración masiva de trabajadores procedentes de varias zonas del país. Esto implicó choques culturales en las maneras de hacer pensar y sentir, pero también ejerció una presión sobre el uso de la tierra. El análisis de los cambios en las coberturas del suelo de los anteriores objetivos reflejó esta presión, especialmente en el aumento de las áreas urbanas e industriales. Entre 2006 y 2023, el tejido urbano continuo y discontinuo pasó de representar apenas el 0.02% del territorio a 0.34%, lo que, aunque en términos absolutos siguió siendo una superficie reducida, implicó un crecimiento relativo superior al 1.500%, evidenciando la expansión acelerada del área urbana para responder a necesidades de vivienda, infraestructura y servicios derivados del incremento poblacional.

La urbanización estuvo estrechamente relacionada con la llegada de población migrante, cuya interacción con las comunidades locales produjo tensiones y conflictos. Estas fricciones se explicaron por las diferencias culturales y por la transformación de las dinámicas sociales. La migración vinculada a la actividad minera favoreció la proliferación de explotación aurífera informal y generó impactos ambientales y sociales de consideración, como contaminación de fuentes hídricas, pérdida de identidad cultural, incremento del consumo de alcohol y sustancias psicoactivas, así como el aumento de problemáticas asociadas a la prostitución y la delincuencia. Estos procesos reflejaron que los cambios en el uso y la cobertura del suelo desencadenaron problemáticas sociales complejas que comprometieron tanto la integridad ambiental como el tejido social del municipio.

La llegada masiva de población afectó directamente la capacidad hospitalaria, los servicios sociales y la seguridad pública, lo que se tradujo en un incremento del costo de vida y deterioro de la convivencia social. Según los autores consultados, el municipio presentó una baja capacidad institucional para asumir sus competencias en regulación, prevención y control de las problemáticas, no solo frente a las demandas sociales, sino también frente a los impactos ambientales generados por el auge de la explotación minera.

El trabajo desarrollado con comunidades urbanas, rurales asociaciones mineras de los autores consultados permitieron evidenciar que todos los grupos coincidieron en que el deterioro social constituyó uno de los problemas más graves derivados del cambio en la percepción y uso del suelo. Este deterioro se manifestó en el incremento del consumo de drogas, el aumento de casos de violencia intrafamiliar y el crecimiento de la prostitución. Dichos resultados reflejaron la compleja situación que atravesó Buriticá como consecuencia de las transformaciones en sus lógicas productivas

Todo esto profundizó la división social, y consolidaron sistemas de valores contrapuestos entre los nativos y la población recién llegada. En las entrevistas recopiladas en los documentos consultados los habitantes originarios tendieron a remarcar sus diferencias con los migrantes para evidenciar los cambios abruptos en su entorno, exigir mayor participación en la toma de decisiones sobre el territorio y reclamar un lugar más favorable en el nuevo escenario minero por su condición de nativos. Este choque generó dos posturas claramente diferenciadas: por un lado, quienes reivindicaban la minería como parte de la historia del municipio y, por otro, quienes defendían un desarrollo sostenible basado en la agricultura.

Las diferencias en la percepción de la minería en Buriticá se evidenciaron en los relatos de los habitantes recolectados por los autores de los documentos consultados. En este sentido, algunos mineros locales defendían la tradición extractiva del municipio, resaltando que esta actividad había hecho parte de su historia desde tiempos antiguos y que se consideraba un elemento central de su identidad. Por otro lado, habitantes no vinculados a la minería recordaban el pasado agrícola de la región, destacando que anteriormente se cultivaban productos como café, maíz, fríjol y hortalizas, los cuales abastecían tanto al municipio como a otras localidades cercanas. Según sus apreciaciones, el avance de la minería provocó el abandono progresivo de estas prácticas agrícolas y modificó profundamente la dinámica económica y social del territorio.

En este contexto, surgieron formas de organización paralelas a las estructuras oficiales del Estado. La minería informal no solo se consolidó como una fuente importante de ingresos, sino que también estableció sus propias normas, mecanismos de resolución de conflictos y códigos de conducta. Esta situación se vio agravada por la llegada de grupos armados y redes ilegales, que aprovecharon la falta de control estatal y la ambigüedad en las regulaciones para asentarse en la zona y beneficiarse de la explotación aurífera.

La revisión de noticias publicadas en medios digitales evidenció que durante este periodo fueron frecuentes los operativos de incautación de materiales, los ataques con explosivos a instalaciones mineras y el desmantelamiento de estructuras criminales dedicadas a la extracción ilícita de oro en Buriticá.

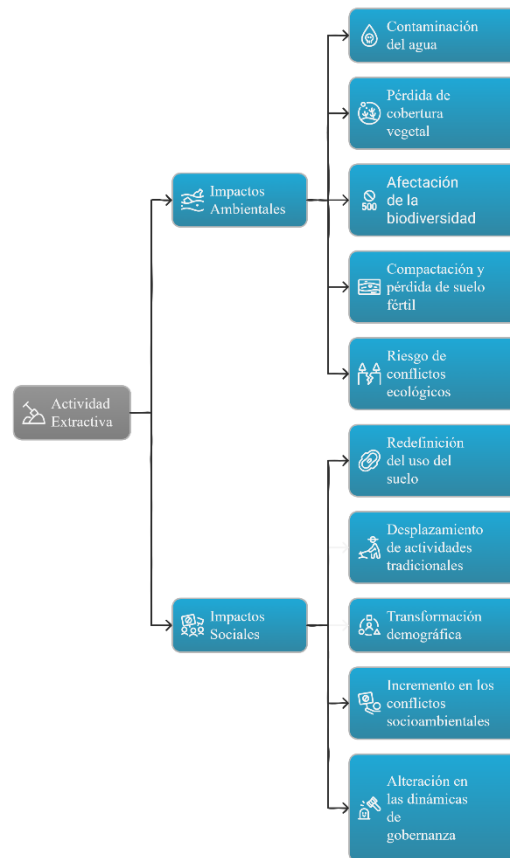
Todo lo anterior permitió evidenciar que en Buriticá coexistían la legalidad y la ilegalidad, donde el Estado compartió espacio con otros poderes, y el extractivismo se desarrollaba en paralelo a formas de resistencia local. Lo que definió la complejidad social que caracterizaba al municipio.

Otro de los impactos señalados estaba relacionado con los problemas de salud que surgieron por el cambio en el uso del suelo. El aumento de la contaminación en las fuentes de agua, provocado por el uso de mercurio y otros químicos típicos de la minería informal, ocasionó que personas sufran de enfermedades respiratorias, problemas en la piel y enfermedades del estómago. Esto generó una alta demanda en servicios de salud y un progresivo colapso del sistema hospitalario local debido a estas patologías vinculadas a prácticas extractivas.

A pesar de este panorama, los autores permitieron ver que surgieron respuestas organizadas y movimientos de resistencia que buscaban cambiar el rumbo del territorio. Algunos grupos retomaron la memoria del pasado agrícola para impulsar la construcción de una identidad vinculada a la protección ambiental, oponiéndose a la expansión minera y reclamando condiciones más justas y sostenibles.

Todos estos hechos demostraron que un proceso de cambio de coberturas de suelo, producto de las transformaciones en los usos del territorio, trascendía el ámbito cuantitativo y se convirtió en un fenómeno marcado por el enfrentamiento de distintas visiones políticas, culturales y sociales. La revisión de documentos provenientes de diversas fuentes que buscaron acercarse a las poblaciones locales permitió observar que el impacto social es complejo y que la transición hacia un modelo minero a gran escala modificó drásticamente las dinámicas poblacionales y culturales, incrementando los problemas sociales, culturales y de salud, debilitando las instituciones y favoreciendo la consolidación de formas de gobierno ilícito paralelo.

Para finalizar la siguiente figura presenta un resumen de los principales impactos ambientales y sociales identificados a partir de la información secundaria analizada para este objetivo.

Figura 33*Principales impactos ambientales y sociales identificados*

Los cambios territoriales observados en Buriticá entre 2006 y 2023 mostraron una transformación importante en la forma como se ocupa y usa el suelo, impulsada por la llegada de un modelo de desarrollo extractivo que modificó las dinámicas ambientales, sociales y de gobernanza del municipio. El paso desde un uso agrícola hacia un esquema agro-minero afectó los ecosistemas locales y ha reorganizado la vida rural, tal como lo percibieron los propios habitantes de la zona.

La consolidación de este modelo agro-minero se reflejó tanto en el análisis espacial de las coberturas del suelo como en la información recopilada mediante la revisión documental, la cual permitió identificar los impactos que recayeron sobre las comunidades, que en teoría debían ser las principales beneficiarias de esta transformación. Sin embargo, la experiencia en el territorio mostró un escenario distinto, caracterizado por afectaciones significativas en diversos aspectos de la vida de las personas y por la configuración de un contexto de alta conflictividad socioambiental.

8.4. Resultados Fase 4

Objetivo 4. Proponer estrategias para mitigar los impactos asociados a la pérdida o alteración de las coberturas y el uso del suelo en Buriticá, Antioquia, en el periodo 2006 y 2023.

A partir de la revisión de información de planes municipales, estudios de gestión del riesgo, programas ambientales e investigaciones académicas sobre compensación por pérdida de biodiversidad, se formularon estrategias orientadas a mitigar los impactos socioambientales asociados a la pérdida o alteración de coberturas y al uso del suelo en Buriticá, Antioquia, entre 2006 y 2023.

El análisis del riesgo en el municipio identificó que la minería generó cambios drásticos en las zonas intervenidas, manifestándose en un marcado deterioro ambiental, inestabilidad de terrenos y pérdida significativa de cobertura boscosa. Estas condiciones aumentaban la probabilidad de deslizamientos o movimientos en masa durante periodos de lluvias intensas. Asimismo, se evidenció la acumulación de residuos tóxicos, como lodos cianurados, junto con un uso inadecuado del suelo y un control deficiente de la actividad minera. Factores como las condiciones atmosféricas y geográficas, la manipulación irresponsable de sustancias peligrosas, la desactualización de las normas de ordenamiento, la falta de empleo, la abundancia de oro y la facilidad para su extracción, el escaso acompañamiento de los entes de control, así como la corrupción y los intereses particulares, intensificaban los impactos ambientales y sociales asociados a esta actividad.

En este escenario se identificó la necesidad de fortalecer los procedimientos normativos y de regulación local sobre el uso del suelo, con el fin de garantizar el equilibrio ambiental y, al mismo tiempo, contribuir al desarrollo priorizando el bienestar social y el mejoramiento de la calidad de vida de la población. A partir de los resultados del estudio, se propusieron estrategias de mitigación orientadas a promover el equilibrio económico y social, preservar los recursos naturales, reducir los impactos ambientales y avanzar en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible del territorio. Para su implementación, se consideró fundamental la creación de alianzas estratégicas con instituciones comprometidas ética y políticamente, responsables de

ejecutar las acciones definidas, siguiendo los lineamientos establecidos en el Plan de Desarrollo Municipal vigente.

La incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible permitió proponer estrategias alineadas con el ODS 01 (Fin de la pobreza), ODS 02 (Cero hambre), ODS 03 (Salud y bienestar), ODS 06 (Agua limpia y saneamiento), ODS 08 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (Acción por el clima) y ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos).

Figura 34

Objetivos de desarrollo sostenible



Nota. Fuente Cruz Roja <https://www2.cruzroja.es/-/cruz-roja-comparte-objetivos-con-la-agenda-2030-de-desarrollo-sostenible-de-la-onu>

A continuación, se exponen 7 estrategias para mitigar los impactos socioambientales y económico generado en el periodo 2006 a 2023 asociados a la pérdida o alteración de las coberturas y el uso del suelo en Buriticá, Antioquia.

Figura 35
Estrategias propuestas



8.4.1. Fortalecimiento Institucional

Como primera línea programática se considera el fortalecimiento institucional, este actuando como pilar fundamental, principalmente para la gestión de un ejercicio colectivo que responda a la deuda de la participación social activa, medio preciso para llegar a los puntos neurálgicos de la cotidianidad de los habitantes, además de permitirse crear acuerdos que sean consensuados por todos los actores del municipio, lo que ayudará a dar sostén en el tiempo sobre los programas o proyectos a desarrollarse y en segunda instancia para la consecución de los recursos necesarios que brinden las condiciones mínimas para la ejecución de los procesos a planificar. Frente a este tema se propone:

- Fortalecer el relacionamiento entre Autoridad ambiental, Gobernación de Antioquia, la Alcaldía de Buriticá y la Agencia Nacional de Minería, con el objetivo de proponer

e implementar controles ambientales más eficaces, que permitan una gestión sistemática y oportuna en cuanto a las problemáticas derivadas de las actividades mineras en el territorio.

- Sensibilizar a los líderes locales y a las comunidades sobre la problemática ambiental que enfrenta la población buritiqueña, con el fin de promover la participación ciudadana. Se busca que los habitantes se conviertan en veedores de las actividades mineras y de otras prácticas que puedan representar un riesgo para la biodiversidad, la flora, la fauna y los recursos ecosistémicos que ofrece el municipio.

- Incrementar el presupuesto municipal, con el cual se cree un rubro donde se destinen recursos para la educación ambiental, mayor cobertura en atención prehospitalaria, programas de P&P, saneamiento básico (Mayor cobertura en cuanto a la recolección de residuos sólidos), inspección y control ambiental, asegurando la sostenibilidad de las acciones implementadas, de la misma manera gestionar recursos mediante la creación de convenios interinstitucionales los cuales serán destinados a obras de control.

8.4.2. Restauración ecológica

La restauración ecológica participativa se plantea como alternativa de reconfiguración del paisaje y reestructuración de las áreas intervenidas o degradadas por la intervención acelerada del municipio, este proceso se pretende lograr a través de la ejecución de actividades lideradas por los habitantes del municipio, generando no solo interés en la participación de la recuperación de dichas áreas sino como apropiación de su entorno alrededor de la conservación ambiental. Frente a esto se propone:

- Implementar programas de revegetalización, punto de control en las fuentes hídricas, limpieza de fuentes hídricas, cunetas perimetrales en la vías y obras de geotecnia (taludes, pilotajes etc.) en zonas erosionadas que se han visto afectadas por la minería.

- Delimitar y gestionar por medio de organismos como gobernación de Antioquia, Alcaldía municipal, UNGRD, autoridad ambiental, la declaración de áreas de alta biodiversidad y riesgo por remoción en masa como zonas de protección ambiental, con el fin de restringir actividades extractivas.

8.4.3. Gestión del recurso hídrico

La gestión adecuada del recurso hídrico se entiende como un elemento constitutivo desde la percepción de conservación de los ecosistemas y la recuperación de su equilibrio natural, por esto la necesidad de garantizar la disponibilidad del recurso el bienestar de la comunidad, como medidas para la gestión del recurso hídrico se propone:

- Promover el uso de tecnologías limpias en el proceso de beneficio de oro sin mercurio y cianuro, sustancias altamente contaminantes con la participación de entidades gubernamentales y autoridad ambiental.
- Es esencial implementar puntos de control en las áreas descargas donde se realiza actividades extractivas y a lo largo de las fuentes hídricas.
- Establecer sistemas de monitoreo continuo de la calidad del agua en los puntos de control, con el fin realizar una detección temprana de contaminantes y nos permita tomar medidas correctivas si fuera necesario, donde la participación de la comunidad sea de manera activa verificando el cumplimiento de este, igualmente permita mantener bien informada a la población Buritiqueña.

8.4.4. Regulación crecimiento urbano

Esta estrategia está relacionada con la responsabilidad de promover el desarrollo sostenible del municipio, y la regulación normativa en temas de ordenamiento territorial y planificación, esta busca acoger de manera amplia todos los aspectos necesarios para lograr el equilibrio sobre el uso del suelo. Como alternativas para esto se propone:

- Actualizar el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de 2023, incorporando los actuales cambios en las dinámicas territoriales, sociales y ambientales que evidencien la realidad local, amenazas, riesgos, vulnerabilidad y otros factores que atañen las necesidades de la comunidad.
- Propiciar espacios de diálogo entre los diferentes actores: comunidades locales, mineros, estado y sus instituciones con el propósito de promover un desarrollo territorial sostenible

y equitativo, de esta manera el ordenamiento del suelo va a reflejar sus necesidades y mejorar la calidad de vida de la población.

8.4.5. *Prácticas sostenibles*

Las prácticas sostenibles se entienden como rutas que apoyen el componente económico e impulsen a la diversificación de la economía, eso con el objetivo de generar más alternativas de ingresos y promuevan mejores experiencias tanto agrícolas como pecuarias en el municipio. Las propuestas frente a esta estrategia son:

- Fomentar prácticas agrícolas sostenibles mediante programas del gobierno que brinden apoyo técnico y subsidie un porcentaje del costo de los insumos agrícolas, adicional a ello, crear espacios donde el campesinado pueda vender sus productos de excelente calidad a un buen precio.
- Promover convenios entre la minería formal y los productores agrícolas locales mediante la responsabilidad social empresarial, generando beneficios económicos para los aliados.

8.4.6. *Restablecimiento social*

A través de esta estrategia se busca dar solución a los impactos sociales derivados del cambio de uso y cobertura de suelo en el municipio. El enfoque principal se orienta al restablecimiento del tejido social y la recuperación de la identidad que se vieron trastocados ante los procesos acelerados de transformación territorial. Como propuesta de esta estrategia se tienen:

- Implementar programas de salud pública enfocados en intoxicaciones, enfermedades de transmisión sexual, enfermedades respiratorias y salud mental, atendiendo los efectos negativos de la actividad minera.
- Crear espacios donde se realicen actividades culturales que promuevan el restablecimiento del tejido social y fortalezca la identidad de los habitantes nativos y vinculando a la población foránea.

- Proponer actividades recreativas, talleres (artes plásticas, robótica etc.), deportes (Fútbol, patinaje etc.) para integrar a la juventud y de esa manera ocupar su tiempo libre en temas productivos.

8.4.7. Educación ambiental

La última línea programática está orientada a generar conciencia sobre los impactos ambientales derivados de las nuevas economías que se han consolidado en el municipio. Su propósito es que, a partir del conocimiento adquirido, la misma comunidad esté en capacidad de proponer, en el futuro, alternativas para mitigar dichos impactos.

- Ofrecer de manera gratuita y sectorizada a la comunidad en general y a la comunidad educativa, charlas, taller, capacitaciones, campañas pedagógicas donde se exponga contenido sobre historia ambiental, impactos ambientales, minería, agricultura, agro minería y cultura local fomentando la conciencia ambiental.

La efectividad de estas estrategias depende de la participación de la comunidad, el compromiso institucional y la implementación de políticas públicas coherentes con la realidad territorial

9. Discusión

El uso de sensores remotos constituyó una herramienta esencial para el desarrollo metodológico de este estudio, permitiendo identificar cambios en la cobertura vegetal del municipio de Buriticá, espacializar la información y generar insumos clave para el análisis final. A través de imágenes satelitales multitemporales fue posible obtener información continua, objetiva y georreferenciada, que permitió observar patrones de transformación en distintos periodos. La resolución espacial y temporal de sensores como *Landsat* facilitó la discriminación de coberturas, bosques, áreas agrícolas, zonas urbanas y cuerpos de agua y la detección de alteraciones en el paisaje.

De manera complementaria, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitieron integrar, procesar y analizar los datos satelitales con precisión, generando mapas temáticos,

cálculos porcentuales de coberturas y correlaciones con variables socioambientales. Este enfoque permitió cuantificar estadísticamente el nivel de transformación del suelo e identificar las áreas más impactadas. Más allá de su valor técnico, el análisis geoespacial permitió comprender los impactos sociales y ambientales derivados de estos cambios, evidenciando la pérdida de biodiversidad, la afectación de recursos hídricos y la alteración de ecosistemas, así como modificaciones profundas en las dinámicas económicas, sociales y culturales de las comunidades locales.

En Buriticá, estas transformaciones han estado estrechamente ligadas a la expansión minera a gran escala, generando conflictos territoriales, desplazamientos y tensiones entre actores sociales y económicos. El cambio de uso y cobertura del suelo responde no solo al crecimiento urbano, sino a un modelo extractivista que, en un contexto de baja capacidad institucional y débil cohesión social, ha impuesto nuevas lógicas productivas y de consumo, desplazando prácticas agrícolas tradicionales y acentuando las brechas sociales. La presencia de actores armados e ilegales, sumada a la limitada autoridad estatal, agrava la conflictividad y la fragmentación social.

Reducir el análisis a cifras y porcentajes resultaría insuficiente, ya que el trasfondo del cambio territorial se enmarca en un modelo de desarrollo que prioriza el capital minero sobre el bienestar colectivo, concentrando beneficios en las empresas y trasladando los impactos negativos a las comunidades. Este modelo ha avanzado sin procesos de concertación, generando una transformación territorial que no integra las voces locales ni una visión sostenible de largo plazo. Aunque la minería ha generado impactos positivos como empleo, dinamización comercial e infraestructura estos beneficios no se distribuyen equitativamente, y no compensan las afectaciones socioambientales que persisten.

Adicionalmente, la transformación del territorio ha incrementado la vulnerabilidad ante riesgos ambientales, como movimientos en masa en zonas de pendientes pronunciadas, procesos erosivos, colapsos de socavones y derrames de sustancias tóxicas. Esto evidencia la necesidad de integrar la gestión del riesgo de desastres en la planificación territorial, así como de articular a los diferentes actores para construir acuerdos que mitiguen impactos negativos y fortalezcan el desarrollo sostenible.

En síntesis, el estudio confirma que el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en Buriticá no solo refleja dinámicas espaciales, sino que revela profundas tensiones entre

desarrollo económico y sostenibilidad, poniendo de manifiesto la urgencia de un ordenamiento territorial participativo, con equidad social y enfoque ambiental.

10. Conclusiones

El estudio permitió evidenciar una profunda transformación del paisaje por actividades antrópicas, entre 2006 y 2023, considerando la pérdida significativa de áreas con coberturas vegetales naturales, el considerable aumento de las zonas urbanas e industriales y una expansión intensa de actividades extractivas y de infraestructura, cambio que deja en evidencia la creciente presión sobre el entorno natural, promovida principalmente por el desarrollo de nuevos modelos económicos y el cambio de los escenarios territoriales en torno a su planificación.

Los resultados demuestran una reducción significativa de coberturas naturales estratégicas en contraste con el crecimiento de las áreas transformadas, esta pérdida compromete no solo la estabilidad ecológica de la zona, sino también el equilibrio ecosistémico del lugar, afectando directamente la biodiversidad, la regulación hídrica y la conectividad ecológica de corredores estratégicos y los hábitats de diferentes especies tanto de fauna como de flora.

El paso de un modelo agrícola hacia un modelo extractivo, dominado por la minería, ha producido una reconfiguración radical del territorio de Buriticá, implicando no solo cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, sino también alteraciones estructurales en el entorno natural, las relaciones sociales y la gobernanza local. La expansión minera, en particular, se consolida como el principal motor de esta transformación, generando algunos beneficios económicos, pero también crecientes limitaciones a nivel social.

Los impactos ambientales a los que se enfrenta el municipio en relación con la dinámica minera son relevantes, especialmente los asociados a la contaminación de fuentes hídricas, pérdida de biodiversidad que debilitan otros medios de vida como la agricultura. Al mismo tiempo, este nuevo escenario territorial ha propiciado tensiones socioculturales, fragmentación social y una sobrecarga institucional, evidenciando la necesidad de planificar y regular su desarrollo para garantizar la sostenibilidad y el bienestar de las comunidades locales.

La investigación indica un desajuste entre el crecimiento extractivo y la capacidad institucional dado que la consolidación de un modelo agro-minero en el EOT 2023 reconoce la importancia de la minería, pero también evidencia la insuficiencia de la capacidad institucional

para enfrentar los impactos derivados de esta actividad. La coexistencia de minería legal e ilegal, la migración no planificada, la presión sobre servicios públicos y el surgimiento de redes ilegales han desbordado la respuesta estatal y han comprometido el bienestar de la población local.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación, se proponen una serie de estrategias que abordan aspectos clave como fortalecimiento institucional, restauración ecológica, gestión del recurso hídrico, regulación del crecimiento urbano, promoción de prácticas sostenibles, restablecimiento social, educación ambiental. Estas estrategias están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la visión municipal a futuro, que buscan promover un modelo territorial en el que la minería formal, la agricultura tradicional y la protección de los recursos naturales puedan coexistir de manera armónica y equitativa.

11. Recomendaciones

Es importante para el municipio la actualización de los instrumentos de ordenamiento territorial, esto con el fin de identificar la realidad del territorio con un mejor nivel de detalle en todos sus ámbitos, de ese modo poder dar prelación a procesos que estén relacionados con la protección y conservación de las áreas de especial importancia ecosistémica a través de su delimitación y restauración, además de implementar medidas de mitigación en las áreas degradadas y fomentar procesos equilibrados en relación al crecimiento urbano e industrial minero, con el fin de minimizar los impactos negativos dentro del territorio.

El análisis del territorio debe fundamentarse en los fenómenos físicos, sin perder de vista su estrecha relación con el ámbito social. Por ello, resulta urgente fortalecer las estrategias de mitigación orientadas al contexto social y a las realidades que enfrenta el municipio, especialmente frente a los cambios en la percepción de bienestar y seguridad derivados de la transformación de las actividades económicas, los métodos de producción y el uso del suelo.

Se recomienda promover modelos de desarrollo que reconozcan y valoren los saberes y prácticas tradicionales de las comunidades locales, especialmente en el ámbito agrícola, que además propendan por alternativas productivas compatibles con la sostenibilidad ambiental. Es clave fortalecer los espacios de participación ciudadana, para que las comunidades tengan una voz real en la toma de decisiones sobre su territorio y se reconstruya el tejido social afectado por todos los cambios que se evidencian en el municipio.

Considerando los cambios de coberturas naturales, la intervención antrópica acelerada, y los procesos extractivos que se desarrollan en la región, se sugiere la implementación de actividades de monitoreo ambiental a través de datos geoespaciales que permitan eventualmente, identificar los cambios que sugieran la necesidad de intervención en terreno con mayor urgencia, a través de medidas que minimicen los impactos negativos o permitan tener escenarios más claros para la toma de decisiones, esto se configuraría como una herramienta de análisis que permitiera orientar una mejor planificación del territorio.

La representación estatal y de las instituciones con sus roles dentro de la administración territorial es fundamental para adoptar medidas sobre los diferentes impactos negativos que se presentan en el municipio, no sólo sobre el componente ambiental sino también con relación a la calidad de vida de los habitantes del municipio, en torno a los servicios básicos, salud, vivienda, recreación entre otros, que de manera paulatina y con el aumento de la migración en el municipio ha disminuido su calidad y capacidad.

12. Referencias

- Arenas Ocampo, O. A. (2021). *Análisis multitemporal del impacto ambiental ocasionado por la deforestación generada por la minería ilegal en el nordeste antioqueño, sobre el río Nechí y sus afluentes*. Bogotá D.C.
- Ávila, R., Van Stralen, H., Rodríguez, F., Rentería, Y., & Ciro, M. (2025). *Análisis Multitemporal del cambio de Coberturas del Suelo por Minería Ilegal en el Cantón de San Pablo - Chocó*. Manizales, Caldas: Universidad de Manizales.
- Bargalló, M. (1955). *La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial. Con un apéndice sobre la industria del hierro en México desde la iniciación de la Independencia hasta el presente*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Benavides, M. (2022). *Análisis multitemporal del impacto de la explotación a cielo abierto en la mina "El Cerrejón" de los años 2000 y 2020*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Bonilla Calle, D. (2023). Caracterización de actores en la minería del oro en Buriticá y el Bajo Cauca antioqueño. *Revista Científica General José María Córdova* 21(41), 201 - 221.
- Botero, S. (2020). *Oro corrido, mazamoras y conciertos en la provincia de Antioquia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Ceballos Espinosa, D., & Toro, L. J. (2012). Evaluación de la susceptibilidad a la erosión por el cambio de cobertura debido a la minería, en el Municipio de Anorí, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente* 15(3), 51 - 63.
- Chantre, M. (2017). *Análisis comparativo de cambios de área en coberturas en la parte alta de la subcuenca río Palacé, a través de imágenes Landsat entre 1989 y 2016*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Chen, L., & Yang, H. (2008). Scenario simulation and forecast of land use/cover in northern China. *Chines Science Bulletin* 53, 1401 - 1412.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones RALPH.
- Colmenares, G. (1975). *Historia económica y social de Colombia 1537-1719*. Bogotá D.C.: Tercer Mundo Editores.

- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas*.
- Congreso de Colombia. (2005). *Ley 963 de 2005. Por la cual se instaura una ley de estabilidad jurídica para los inversionistas en Colombia*. Obtenido de Función pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=17028>
- Díaz Ayure, J. (2014). *Extractivismo, instituciones y territorio. Un análisis acerca de esta relación no tan obvia*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., . . . Schröter, M. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science* 359(6373), 270–272.
- Domínguez Rave, S., Torra Ruiz, L., Romero Bejarano, L., & López Arango, Y. (2020). Valoración participativa de impactos socioambientales y sanitarios en minería de oro: Buriticá (Antioquia), Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 38 (3).
- FAO. (1993). *Marco conceptual para el ordenamiento territorial y sostenibilidad sistémica*. . FAO.
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Main report*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flórez-Yepes, G. Y., Rincón-Santamaría, A., Cardona, P. S., & Alzate-Álvarez, A. M. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *DYNA*, 84(201), 95 - 101.
- Giraldo Ramírez, J. (2013). El gobierno del oro en el Bajo Cauca. Una lectura weberiana sobre la explotación. En J. (. Giraldo Ramírez, *Economía criminal y poder político* (págs. 33 - 69). Medellín : Universidad Eafit.
- González Meléndez, V. (2018). *Evaluación del impacto ambiental de los vertimientos de minería aurífera sobre la quebrada Bemango (Remango) en el municipio de Buriticá, departamento de Antioquia. Trabajo de Grado*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Henao Castañeda, G. (2023). *El dragón en búsqueda de El Dorado: inversión China y extracción minera en Buriticá, Antioquia*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- Henao, M. (2016). *Detección directa de cambios de las coberturas boscosas en la Cuenca Baja del Rio Cravo Sur Periodos 1990 - 2000 - 2016. Trabajo de Grado*. Manizales: Universidad de Manizales.

- Herrera, P. (2024). *Análisis de transformación de la cobertura vegetal a causa de minería en la subregión del Bajo Cauca Antioqueño utilizando imágenes satelitales Landsat*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Lambin, E. (1997). Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21 (3), 375 -393.
- Machado Aráoz, H. (2009). Minería transnacional, conflictos socioterritoriales y nuevas dinámicas expropiatorias. El caso de Minera Alumbreira. En M. Svampa, & M. Antonelli, *Minería transnacional, narrativas del desarrollo y resistencias sociales* (págs. 205 - 228). Buenos Aires: Biblos.
- Maya Taborda, M. (2018). Respuestas locales desde la identidad a la puesta en marcha de un proyecto extractivo estatal. Los casos de Támesis y Buriticá (Antioquia, Colombia). E. *Estudios Políticos (Universidad de Antioquia)*, 149-171.
- Mejía, J. (2016). *Análisis multitemporal utilizando técnicas de teledetección de la pérdida de cobertura vegetal por causa de la minería ilegal en el Bajo Cauca Antioqueño*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Melo, H., & Camacho, M. (2005). *Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra*. Bogotá D.C.: Instituto geográfico Agustín Codazzi.
- Mesa, J. M. (2013). *Catálogo de las que se han titulado en 161 años desde 1739-1900 (1906)*. Medellín : Expedición Antioquia.
- Monroy, D., & Armenteras, D. (2017). Cambio de cobertura del suelo por minería aluvial en el río Nechí, Antioquia (Colombia). *Gestión y Ambiente* 20(1), 50-61.
- Montiel, K., & Villarreal, L. (2004). Análisis multitemporal del impacto generado por la explotación minera en el medio geomorfológico de la Isla de Toas, Estado Zulia. *Terra Nueva Etapa* 20 (29), 55 - 71.
- Municipio de Buriticá. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial – E.O.T. Documento técnico de soporte: “Buriticá, historia de todos”*. Buriticá, Antioquia.
- Municipio de Buriticá. (2023). *Revisión y ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial*. Buriticá, Antioquia.
- Municipio de Buriticá, Antioquia. (2016). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres*. Buriticá, Antioquia.

- Municipio de Buriticá, Antioquia. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal*. Buriticá, Antioquia.
- Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). “*Bosques Territorios de Vida*” la Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques. Obtenido de “Bosques Territorios de Vida” la Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques: <https://www.undp.org/es/colombia/publicaciones/bosques-territorios-de-vida-la-estrategia-integral-de-control-la-deforestacion-y-gestion-de-los-bosques>
- Navia, A., & Rivera, L. (2016). *Análisis multitemporal de coberturas en la subzona hidrográfica Alto Río Cauca utilizando imágenes satelitales Landsat. Trabajo de Grado*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Ortiz Riomalo, J. F., & Rettberg, A. (2018). Minería De Oro, Conflicto Y Criminalidad En Los Albores Del Siglo XXI En Colombia: Perspectivas Para El Posconflicto Colombiano. *Colombia Internacional*, no. 93 (Enero), 17 - 63.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial D.F. (2023). *Informe anual, apéndice temático y archivos de referencia*. Ciudad de México.
- Restrepo Parra, A. (2020). La elusiva seguridad humana del Tratado de Libre Comercio Colombia-Canadá. La minería en el municipio de Buriticá, Antioquia. *Estudios Políticos (Universidad de Antioquia)*, 57, 18-40.
- Rodríguez Montenegro, M., & Romero Hernández, M. (2008). *Análisis multitemporal de cambios de uso del suelo y coberturas, en la microcuenca Las Minas, corregimiento de La Laguna, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Informe final de Trabajo de Grado*. . Pasto: Universidad de Nariño.
- Sánchez, L. (2006). *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. Oficina de Textos.
- Schowengerdt, R. (1997). *Remote Sensing: Models and methods for image processing*. Tucson, Arizona: Academic Press.
- Suárez Parra, R. A., Ceballos Hoyos, S., & Correa Ortiz, J. L. (2016). *Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia*. Obtenido de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): https://geoportal.igac.gov.co/sites/geoportal.igac.gov.co/files/publicaciones/2020/12/metodologia_corine_land_cover_adaptada_para_colombia.pdf
- Thomas, L., Ralph, K., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. Wiley.

- Toapanta Gagnay, B. P. (2024). *Análisis multitemporal de la expansión minera en los páramos de la comunidad San Agustín de Callo, perteneciente a la parroquia Mulaló, durante el periodo 2015 - 2023*. Lcatunga, Ecuador: Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental.
- Toro, J., Mazo-Zapata, J., & Zapata, O. (2020). No todo lo que brilla es oro: acción colectiva en minería aurífera. Buriticá, Antioquia. *Revista de Economía Institucional* 22(42), 269-295.
- Toro, J., Requena, I., Zamorano, M., & Delgado, M. (2010). A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 30(6), 370 -376.
- Torres, C., & Castro, M. (2016). *Estudio de cambios de coberturas y usos de suelo en la cuenca del Rio Hacha, Florencia-Caquetá. Trabajo de Grado*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Tovar, H. (1993). *Relaciones y visitas a los Andes S. XVI*. Bogotá D.C.: Colcultura e Instituto de Cultura Hispánica, Colección de Historia de la Biblioteca Nacional.
- Trujillo Osorio, C., Eraso Torres, F., & Loaiza Trejos, P. (2018). The sustainability of territorial capital: methodological proposal for its analysis and valuation. *Entramado* 14(2), 50-71.
- Tunjano Gutiérrez, A. (2023). *Conflicto socioambiental por la disponibilidad y acceso al agua comprometida en megaminería aurífera en Buriticá, Antioquia, Colombia*. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vargas Portela, D. (2024). *Análisis multitemporal de coberturas en zonas de minería aurífera aluvial y su impacto en el recurso forestal entre los años 2014 al 2023, en municipios del Bajo Cauca Antioqueño*. Manizales, Caldas: Investigación de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Titulación de Especialista en Sistemas de Información Geográfica.