



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES®

**Comparación entre la zonificación de la Ley 2ª y los usos reales del suelo en la vereda El
Volcán, Urrao (Antioquia)**

Rosario Correa Posada
Vanessa Hernández Bedoya

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

Asesor: Ing. Mauricio Meneses

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

Cita	Correa y Hernandez, (2025)
Referencia	Correa y Hernandez, R. & Hernández Bedoya, V. “Comparación entre la zonificación de la Ley 2ª y los usos reales del suelo en la vereda El Volcán, Urrao (Antioquia)”, Trabajo de grado especialización, Universidad de Manizales, Manizales, Caldas, Colombia 2025.
Estilo IEEE (2020)	



Especialización en Sistemas de Información Geográfica , Seleccione cohorte posgrado

Seleccione centro de investigación UManizales (A-Z).

Seleccione grupo de investigación UManizales (A-Z)

Seleccione línea de investigación UManizales (A-Z).

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [mencionar herramientas utilizadas, por ejemplo, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras], 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: biblioteca.umanizales.edu.co

Repositorio Institucional: ridum.umanizales.edu.co

Universidad de Manizales: umanizales.edu.co

Revistas: revistasum.umanizales.edu.co

Fondo Editorial: 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. [A1]

Tabla de Contenido

Siglas, acrónimos y abreviaturas	5
1. Resumen	6
2. Abstract	7
3. Introducción	8
4. Planteamiento del problema	9
5. Descripción del área problemática	9
6. Formulación del problema	10
7. Antecedentes	10
8. Justificación.....	11
9. Objetivos	14
9.1 Objetivo general.....	14
9.2 Objetivos específicos	14
10. Marco Teórico	15
11. Marco normativo o Jurisprudencial.....	18
12. Metodología.....	22
13. Resultados.....	29
14. Discusión	44
15. Conclusión.....	46
16. Recomendaciones	48
Referencias	50

Contenido de imágenes

Imagen 1	22
Imagen 2	30
Imagen 3	31
Imagen 4	32
Imagen 5	33
Imagen 6	34
Imagen 7	36
Imagen 8	37
Imagen 9	38
Imagen 10	41
Imagen 11	42

Contenido de tablas

Tabla 1.	23
-----------------------	----

Siglas, acrónimos y abreviaturas

UManizales	Universidad de Manizales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ANT	Agencia Nacional de Tierras
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
SIG	Sistemas de Información Geográfica
GDB	Base de Datos Geográficos
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
EVI	Índice de Vegetación Mejorado
SAVI	Índice de Vegetación Ajustado al Suelo
NIR	Infrarrojo cercano
DEM	Modelo Digital de Elevación
CLC	Corine Land Cover

1. Resumen

El presente proyecto realiza un análisis comparativo entre la zonificación definida por la Ley 2ª de 1959 y el uso actual del territorio en la vereda El Volcán del municipio de Urrao (Antioquia), área clasificada como reserva forestal, pero con una reconocida presencia histórica de comunidades campesinas que desarrollan actividades agropecuarias. Se parte del supuesto de que existen discrepancias entre la delimitación normativa y la ocupación real y actual del suelo, lo cual plantea la necesidad de revisar los enfoques de ordenamiento territorial en contextos rurales.

El objetivo principal es verificar si las áreas legalmente designadas como de reserva forestal presentan efectivamente condiciones de conservación, o si por el contrario han sido transformadas, lo que evidenciaría una desconexión entre la norma y la realidad territorial. Para ello, se utiliza una metodología cuantitativa, con base en el análisis multitemporal de imágenes satelitales (2014 y 2023), la aplicación de clasificación supervisada de coberturas con base en Corine Land Cover y la superposición con los criterios restrictivos establecidos en la Resolución 1926 de 2013.

Los resultados esperados incluyen la generación de mapas de uso del suelo para ambos periodos, una capa de zonificación normativa ajustada a criterios técnicos y legales, la identificación de transformaciones territoriales, y la construcción de un visor geográfico interactivo en ArcGIS Dashboard. Este proyecto busca aportar evidencia técnica que sustente procesos de ajuste normativo, reconociendo la permanencia campesina como elemento clave para un ordenamiento territorial.

Palabras clave: Clasificación supervisada, análisis multitemporal, uso del suelo, SIG, zonificación normativa, Ley 2ª de 1959, ordenamiento territorial.

2. Abstract

This project analyzes the effectiveness of the Second Law of 1959 in conserving the territory of the El Volcán village in the municipality of Urrao (Antioquia), a forest reserve area with a historically significant presence of farming communities engaged in agricultural and livestock activities. The project starts from the assumption that there are significant inconsistencies between the legal zoning and the actual land use, highlighting the need to review land-use planning policies in rural contexts.

The main objective is to verify whether the areas legally designated as forest reserves truly present conservation conditions, or if, on the contrary, they have been transformed—thus revealing a disconnection between the regulations and the territorial reality. To achieve this, a quantitative methodology will be used, based on multitemporal analysis of satellite imagery (2014 and 2023), supervised land cover classification using the Corine Land Cover methodology, and the overlay of restrictive criteria established in Resolution 1926 of 2013.

Expected results include the generation of land use maps for both time periods, a zoning layer aligned with technical and legal criteria, the identification of territorial transformations, and the creation of an interactive geographic viewer in ArcGIS Dashboard. This project aims to provide technical evidence to support regulatory adjustments, recognizing the permanence of rural communities as a key element for sustainable land-use planning.

Keywords: Supervised classification, multitemporal analysis, land use, GIS, legal zoning, Second Law of 1959, land-use planning.

3. Introducción

La gestión del territorio en Colombia enfrenta un reto histórico al intentar conciliar la conservación ambiental con las dinámicas socioeconómicas de las comunidades rurales, la Ley 2ª de 1959, que declaró vastas áreas del país como reservas forestales, constituye uno de los principales instrumentos legales para la protección de los ecosistemas. Sin embargo, su aplicación ha sido objeto de debate por la falta de correspondencia con los usos reales del suelo y por el desconocimiento de las prácticas tradicionales de las poblaciones campesinas asentadas mucho antes de su promulgación.

Este escenario se observa con claridad en la vereda El Volcán, municipio de Urrao (Antioquia), donde, pese a la clasificación del territorio como zona de reserva forestal tipo A según la Resolución 1926 de 2013, predomina la actividad agropecuaria consolidada. El presente trabajo tiene como propósito comparar la zonificación establecida por la Ley 2ª con los usos reales del suelo mediante el uso de herramientas geomáticas, análisis multitemporal de imágenes satelitales y técnicas de clasificación supervisada. Esta aproximación permite identificar incongruencias entre la normativa y la realidad territorial, así como cuantificar las transformaciones espaciales ocurridas en la última década.

La investigación no solo aporta evidencia técnica para sostener posibles ajustes normativos, sino que también busca promover un modelo de ordenamiento más participativo y adaptado a las necesidades locales. Reconocer la coexistencia entre la conservación y el desarrollo resulta esencial para diseñar estrategias que integren criterios ecológicos con el bienestar social. En este sentido, el estudio se proyecta como un insumo valioso para la formulación de políticas públicas que armonizan la preservación de los ecosistemas con el desarrollo rural sostenible, contribuyendo a una gestión territorial más justa, eficiente y contextualizada.

4. Planteamiento del problema

La Ley 2ª de 1959 y la Resolución 1926 de 2013 establecen la zonificación tipo A en áreas de reserva forestal, donde se restringen las actividades humanas por condiciones biofísicas específicas. Sin embargo, en la vereda El Volcán (municipio de Urrao, Antioquia) persiste la ocupación campesina y los usos agropecuarios consolidados, sin que exista una verificación sistemática y multitemporal que contraste la normativa con la realidad territorial. Esta falta de evaluación espacial ha limitado la capacidad institucional para medir la efectividad de la norma y definir acciones de ordenamiento.

El vacío de investigación radica en la ausencia de estudios que integran herramientas de sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multitemporal de imágenes satelitales para determinar la coherencia entre la zonificación legal y los usos reales del suelo. Esta limitación impide cuantificar las transformaciones territoriales, así como identificar los escenarios de contradicción entre la conservación normativa y dinámicas socioeconómicas locales.

5. Descripción del área problemática

La vereda El Volcán, ubicada en el municipio de Urrao, Antioquia, hace parte de la Reserva Forestal Central delimitada por la Ley 2ª de 1959. Esta zona ha sido clasificada en su totalidad como de zonificación tipo A, según la Resolución 1926 de 2013, lo que implica restricciones estrictas para el uso del suelo debido a sus características ambientales (altas pendientes y presencia de fuentes hídricas). Sin embargo, en la práctica, se evidencia una ocupación consolidada del territorio por parte de familias campesinas que han desarrollado actividades agropecuarias sin una orientación clara sobre los límites y restricciones normativas.

Esta situación ha generado una problemática socioambiental, donde la falta de actualización cartográfica y de herramientas geoespaciales de análisis ha limitado la capacidad del Estado para verificar el cumplimiento de la normatividad, evaluar el impacto de la ocupación y definir posibles rutas de manejo, regularización o sustracción de áreas.

6. Formulación del problema

¿En qué medida la Zonificación definida por la ley 2ª de 1959 y la Resolución 1926 de 2013 se aplica efectivamente en la vereda El Volcán (municipio de Urrao, Antioquia), y como se corresponde dicha zonificación con los usos reales del suelo evidenciados a través de un análisis geoespacial multitemporal?

7. Antecedentes

7.1 Jurídicos e institucionales

La Ley 2ª de 1959 ha sido objeto de diversos estudios que evidencian su desfase frente a la realidad rural colombiana. Andrade (2010) demostró que la delimitación de reservas forestales se realizó sin considerar los usos históricos del suelo, generando conflictos en territorios donde las comunidades campesinas desarrollaban actividades agropecuarias sostenibles antes de la promulgación de la norma. Esta situación ha sido corroborada por investigaciones como las de Fajardo (2015) en Antioquia, donde se identificó que el 68% de las áreas declaradas como reserva presentaban cultivos y asentamientos humanos anteriores a 1959. Asimismo, la Corte Constitucional (Sentencia T-606/15) ha reconocido que la aplicación rígida de esta ley vulnerable a los derechos fundamentales de las poblaciones rurales, impedir la formalización de sus tierras y limitar su acceso a los programas de desarrollo agrícola. En el plano jurídico-institucional, análisis como los de la Universidad Nacional (2021) evidencian que el 68% de los fallos judiciales sobre la Ley 2ª favorecen a los campesinos, o que refleja la contradicción entre norma y realidad socioeconómica. Esta situación ha motivado propuestas de reforma como las del CONPES 4011 (2022), que plantea ajustar las reservas forestales mediante estudios técnicos participativos. Experiencias locales como la de Lebrija (Cárdenas, 2021) demuestran que los procesos de rezonificación basados en evidencia pueden aumentar la formalización predial en un 40 % sin afectar áreas boscosas, modelo relevante para el caso de Urrao.

7.2 Metodológicos

Desde el ámbito metodológico, los estudios recientes han utilizado análisis multitemporales para contrastar la zonificación legal con la dinámica real del territorio. Chuvieco (2020). Desarrolló técnicas de clasificación supervisada con imágenes Landsat

que permitirán identificar cómo en Putumayo solo el 32% de las áreas de reserva forestal mantenida cobertura forestal en 2020. De manera similar, el IDEAM (2022) informó que en Antioquia el 45% de las zonas de reserva presentan usos agropecuarios consolidados, empleando series temporales de Sentinel-2, Estos antecedentes metodológicos sustentan el enfoque propuesto en el presente trabajo, que busca cuantificar dichas incongruencias en la vereda El Volcán mediante el procesamiento de imágenes satelitales de mediana y alta resolución.

7.3 Territoriales y sociales

La literatura también ha documentado los limitados resultados de la ley en materia de conservación, investigaciones como las de Conservación Internacional (2019) revelaron que las tasas de deforestación en reservas forestales fueron un 32 % superiores a las de otras figuras de protección, debido a la falta de acciones concretas de manejo territorial.

Contrariamente, López (2020) ha demostrado que los sistemas productivos tradicionales, como los agroforestales desarrollados por campesinos en Caldas, mantienen mejores indicadores ecológicos que las áreas bajo restricción absoluta. Estos hallazgos sugieren que el verdadero ordenamiento territorial requiere reconocer las prácticas sostenibles existentes, más que imponer categorías genéricas sin sustento técnico.

8. Justificación

El proyecto busca evaluar la realidad de la Ley 2ª de 1959, en este caso en la vereda El Volcán, del municipio de Urrao, Antioquia. Esto mediante un análisis comparativo entre el uso actual del suelo y las restricciones establecidas por dicha ley. Esta ley fue creada con el objeto de proteger los bosques y regular las actividades desarrolladas en los suelos rurales del territorio colombiano, sin embargo, se implementó de manera generalizada, sin estudios específicos en cada zona, alcanzando en su momento hasta un 42% de cobertura del territorio colombiano (Ley 2ª 1959), esto ha ocasionado trabas a las comunidades campesinas dedicadas a las explotaciones agropecuarias, ha generado conflictos sobre la tenencia de la tierra, ha limitado el desarrollo rural y ha sido ineficaz en garantizar la conservación de los bosques, principal objetivo de la ley (Ramírez, 2020).

Esta investigación surge de la necesidad de analizar el ordenamiento territorial ambiental en Colombia, especialmente en zonas donde la delimitación de reservas forestales

bajo la Ley 2ª de 1959 se realizó sin estudios técnicos detallados ni participación efectiva de las comunidades afectadas (Maya & Agudelo, 2014). Esta problemática ha sido reconocida incluso por la Corte Constitucional, la cual ha exigido replantear los procesos de zonificación para que incorporen criterios técnicos, sociales y ambientales reales (Corte Constitucional, Sentencia T-606/15).

Este estudio tiene un carácter práctico, ya que busca demostrar que la aplicación de esta ley no ha garantizado un verdadero ordenamiento territorial, sino que, por el contrario, ha generado conflictos en la tenencia de la tierra y limitado la gestión ambiental efectiva (Andrade, 2010). En zonas como la vereda El Volcán (Urrao), las comunidades han desarrollado prácticas agropecuarias incluso desde antes del establecimiento de esta norma y se ha mantenido así aun después de su publicación, lo que evidencia una desconexión entre la rigidez de la ley y la realidad socioeconómica local (Fajardo, 2015).

Además de esto, existe un interés académico por aportar evidencia empírica sobre los impactos de esta legislación, contribuyendo al debate teórico sobre políticas públicas de ordenamiento territorial más inclusivas y adaptadas a los contextos regionales (Ostrom, 2009). A nivel metodológico, este trabajo busca incorporar las herramientas digitales en el estudio del ordenamiento territorial, facilitando el análisis de los usos de suelos rurales por medio de imágenes satelitales, evaluando de manera precisa y práctica la implementación real de las normas territoriales.

Esta investigación beneficiará principalmente a las comunidades rurales, ya que permitirá demostrar que sus prácticas agropecuarias no han generado deforestación y que, por el contrario, han mantenido un equilibrio con el entorno (Leff, 2004). Los resultados podrían servir como insumo para proponer ajustes normativos que reconozcan los usos tradicionales del suelo y faciliten la formalización de la propiedad para los campesinos que históricamente han sido excluidos de procesos de formalización de tierras, (PNUD, 2011).

Los hallazgos pueden ser utilizados para sustentar propuestas de ajuste normativo, como la sustracción de la Ley 2ª, con el fin de reconocer los usos tradicionales del suelo y promuevan formas de ocupación compatibles con la conservación. Así mismo, podrán ser útiles en la formulación de políticas públicas que faciliten la regularización de la propiedad rural en zonas de reserva, fortaleciendo la seguridad jurídica y el arraigo campesino, lo cual resulta clave para avanzar en la organización de los territorios rurales (IGAC, 2016). Esta es

una herramienta replicable para otras zonas donde se presenta una contradicción entre normas como la Ley 2ª y las realidades territoriales, incluso a nivel nacional, contribuyendo a una amplia discusión sobre los instrumentos usados para la planificación y ordenamiento territorial.

El estudio busca aportar también a la solución de conflictos agrarios en territorios donde, a pesar de las restricciones legales, persiste el uso agropecuario de forma tradicional, sin expansión de la frontera agrícola. La utilidad de esta investigación radica en que permitirá visibilizar esta situación mediante evidencia concreta, como lo es el análisis multitemporal de imágenes satelitales, mostrando que esta ley no ha contribuido a una verdadera conservación forestal y solo ha entorpecido la tenencia de la tierra y el ordenamiento territorial real para las comunidades rurales que podrían ser actores claves en una gestión ambiental participativa y contextualizada (Molano, 2019).

El principal aporte de esta investigación radica en su enfoque crítico y metodológico para analizar la Ley 2ª de 1959 desde una perspectiva práctica y novedosa esta propuesta aplica herramientas de clasificación supervisada y análisis multitemporal de imágenes satelitales para evidenciar la incoherencia entre la zonificación legal y el uso real del suelo en contextos rurales específicos.

La innovación metodológica consiste en utilizar tecnologías de teledetección para identificar patrones históricos de uso del suelo, lo que permite generar conocimiento nuevo y replicable en otras regiones con conflictos similares. Este abordaje no solo aporta evidencia empírica para el debate sobre la efectividad de las políticas de conservación, sino que también proporciona procedimientos estandarizables que podrían integrarse en futuras evaluaciones del ordenamiento ambiental territorial (Sabatini, 2007).

Asimismo, el análisis geoespacial permite superar enfoques normativos abstractos al proponer una lectura contextualizada del territorio. De esta forma, el proyecto contribuye al conocimiento científico mediante una metodología aplicable y transferible, al tiempo que responde a una problemática no resuelta: la falta de instrumentos eficaces para conciliar las necesidades de conservación ambiental con los derechos históricos de las comunidades rurales (Rincón & Rodríguez, 2022).

9. Objetivos

9.1 Objetivo general

Comparar la aplicación cartográfica de la Ley 2ª de 1959 en la Vereda El Volcán, municipio de Urrao (Antioquia) mediante el contraste entre la zonificación normativa y los usos del suelo reales identificados mediante análisis geoespacial.

9.2 Objetivos específicos

- Recopilar, depurar y consolidar la información geoespacial, normativa necesaria y contrastar la zonificación establecida por la Ley 2ª de 1959 con el uso actual del suelo en la vereda El Volcán.
- Clasificar y analizar los usos del suelo en el área de estudio en el año 2014 y 2023, mediante técnicas de clasificación, utilizando la metodología Corine Land Cover y los criterios establecidos en la Resolución 1926 del 30 de diciembre de 2013, para evaluar la coherencia entre la zonificación normativa y la ocupación real del territorio, consignando los resultados en la base de datos (GDB).
- Implementar un visor geográfico que permita visualizar y contrastar la zonificación normativa con los usos reales del suelo, facilitando la interpretación de los resultados.

10. Marco Teórico

El análisis de las dinámicas de uso del suelo en territorios declarados como reservas forestales en Colombia requiere un enfoque interdisciplinario que articule aportes de la geografía, la ecología política, el derecho ambiental y los sistemas de información geográfica. Esta perspectiva resulta clave para comprender las tensiones derivadas de la aplicación de la Ley 2ª de 1959 y de la Resolución 1926 de 2013 frente a las realidades territoriales consolidadas en veredas como El Volcán, en Urrao (Antioquia), donde las comunidades campesinas han ocupado históricamente el territorio y han desarrollado prácticas productivas en medio de Restricciones normativas.

En el campo de la geografía crítica y la ecología política, autores como Harvey (2003) y Lefebvre (1991) plantean que el territorio debe ser entendido como un espacio en disputa, configurado tanto por dinámicas naturales como por relaciones sociales y de poder. Desde esta mirada, los cambios en el uso del suelo reflejan en solo procesos ecológicos, sino también decisiones políticas y económicas que condicionan el acceso y la permanencia de las comunidades. En esta línea, Molano (2019) describe la situación de muchas zonas rurales como una "tierra en disputa", donde convergen intereses estatales de conservación, expectativas de desarrollo económico y prácticas campesinas tradicionales orientadas a la subsistencia. Tales tensiones son evidentes en la vereda El Volcán, donde la zonificación normativa contrasta con la necesidad de las familias rurales de garantizar los medios de vida.

Históricamente, la declaración de reservas forestales respondió a una visión conservadora clásica que priorizó la estricta preservación de los ecosistemas frente al uso humano. La Ley 2ª de 1959 delimitó vastas áreas sin considerar los usos históricos del territorio (Andrade, 2010), lo que produjo un desfase entre la norma y la realidad socioeconómica de los campesinos.

Investigaciones como las de Fajardo (2015) muestran que, incluso antes de la promulgación de la ley, más del 60% de las áreas declaradas como reserva ya presentan cultivos y asentamientos humanos, lo que evidencia el carácter restrictivo y excluyente de esta medida.

Desde la perspectiva de la justicia ambiental, Schlosberg (2007) advierte que las políticas de conservación basadas en la exclusión tienden a desconocer el papel de las

comunidades en el manejo de la tierra, reproduciendo escenarios de despojo y marginalidad. En sintonía, la Corte Constitucional ha reconocido en sentencias como la T-606 de 2015 que la aplicación rígida de la Ley 2ª puede vulnerar derechos fundamentales, particularmente en relación con la formalización de la tierra y la seguridad alimentaria.

Frente a estas limitaciones normativas, autores como Ostrom (2009) han destacado la importancia de concebir el territorio como un bien común, cuya sostenibilidad depende de la participación de las comunidades locales en la gestión. La noción de gobernanza ambiental, recogida también por la OCDE (2018), refuerza la idea de que los procesos de planificación territorial deben construirse de manera participativa, articulando el conocimiento técnico con el saber local. Experiencias como la de Lebrija, en Santander, documentada por Cárdenas (2021), han demostrado que los procesos de rezonificación participativa pueden mejorar significativamente la formalización de la propiedad rural sin sacrificar objetivos de conservación.

En los últimos años, el desarrollo de herramientas geográficas ha abierto nuevas posibilidades para evaluar con rigor científico la coherencia entre la norma y la realidad territorial. La teledetección y el análisis multitemporal, mediante imágenes satelitales, han mostrado su eficacia en la identificación de cambios en las coberturas y usos del suelo (Chuvieco, 2020; Congalton & Green, 2019).

En Colombia, el IDEAM (2022) ha utilizado una serie de satélites para evidenciar que en muchas reservas forestales más del 40% del área presenta ocupación agropecuaria consolidada. Estos avances metodológicos permiten construir evidencia técnica que trasciende las percepciones subjetivas y aporta insumos objetivos para la toma de decisiones. En este sentido, los sistemas de información geográfica constituyen una plataforma integradora, lo que permite la superposición de variables normativas, biofísicas y sociales para evaluar escenarios de uso y conservación.

Sabatini (2007) y Longley et al. (2015) destacan el potencial de los SIG como soporte a la planificación territorial, no solo para diagnosticar congruencias, sino también para proponer alternativas de manejo. De esta manera, los SIG se convierten en una herramienta de gobernanza, facilitando la visualización de resultados y promoviendo la participación de distintos actores en la construcción de políticas públicas.

En síntesis, el marco teórico que orienta este estudio se sustenta en tres dimensiones interdependientes: la lectura crítica del territorio de teorías espaciales y socioambientales, el análisis jurídico que revela las tensiones entre conservación y derechos campesinos, y el uso de herramientas SIG que proporcionan la base técnica para contrastar la zonificación normativa con la realidad del suelo. Esta arquitectura conceptual permite comprender la problemática de la vereda El Volcán no como un caso aislado, sino como parte de un dilema estructural del ordenamiento ambiental en Colombia, y plantea la necesidad de políticas más inclusivas que reconozcan tanto los objetivos de conservación como el papel histórico de las comunidades rurales en la gestión sostenible del territorio.

11. Marco normativo o Jurisprudencial

El marco normativo colombiano en materia ambiental y agraria se ha ido construyendo sobre una base amplia que supera los lineamientos de la Ley 2ª de 1959 y que incluye una serie de disposiciones legales, jurisprudenciales e internacionales que enriquecen y cumplen la manera en que deben ser gestionadas las reservas forestales.

Una de las primeras normas posteriores que incidió directamente en este ámbito fue el Decreto 2811 de 1974, conocido como el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el que estableció principios de manejo integral de los ecosistemas y de ordenación del territorio desde una perspectiva ambiental (Decreto 2811 de 1974). Este código introdujo el criterio de sostenibilidad en el uso de los recursos naturales, anticipando a lo que décadas más tarde se consolidaría como desarrollo sostenible, y reforzó la competencia del Estado para regular la explotación de recursos en función del interés general. Más adelante, la Ley 160 de 1994, orientada a la reforma agraria y a la creación del Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, reconoció la necesidad de democratizar el acceso a la tierra en Colombia.

Aunque su enfoque principal no fue ambiental, esta ley tiene relación con las reservas forestales y la medida en que establece mecanismos para adjudicar tierras baldías con criterios de sostenibilidad y para garantizar que el uso del suelo no contradiga los fines de conservación (Ley 160 de 1994). De esta manera, se configuró un escenario de superposición normativa entre las disposiciones ambientales y las de acceso a tierras, situación que se evidencia con especial claridad en territorios como la vereda El Volcán, donde las comunidades campesinas ocupan espacios que, aunque catalogados como de reserva, cumplen una función Productiva y social innegable.

En la misma línea de planificación territorial, la Ley 1450 de 2011, por medio de la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, incorporó la obligación de formular planes de ordenación territorial con un enfoque ambiental, lo que implicó reconocer la importancia de articular el uso del suelo con criterios de sostenibilidad (Ley 1450 de 2011). Posteriormente, leyes como la 1930 de 2018, sobre la gestión integral de los páramos, reafirmaron el principio de que ciertas áreas estratégicas requieren un tratamiento normativo especial que garantice la protección de bienes colectivos como el agua y la biodiversidad.

Posteriormente, la Ley 2111 de 2021 reformó el Código Penal para fortalecer la sanción a los delitos ambientales, lo que incluye la deforestación y el aprovechamiento ilícito de los recursos naturales, ampliando el espectro de protección jurídica de los ecosistemas estratégicos, entre ellos las reservas forestales (Ley 2111 de 2021). La jurisprudencia constitucional también ha desarrollado criterios relevantes para entender la tensión entre conservación y derechos sociales.

En la Sentencia C-649 de 1997, la Corte señaló que el derecho a la propiedad privada debe entenderse en armonía con la función ecológica que es inherente, principio que implica que ningún derecho sobre la tierra es absoluto cuando está en juego la protección del medio ambiente.

Ahora bien, en la T-299 de 2008, el tribunal reconoció que la planificación ambiental debe considerar la situación de las comunidades vulnerables y no puede derivar en medidas desproporcionadas que desconozcan sus medios de vida. Posteriormente, en la C-035 de 2016, la Corte reafirmó que la participación ciudadana es un componente esencial de la gestión ambiental, estableciendo que las decisiones sobre el uso del suelo no pueden adoptarse de manera unilateral por las autoridades sin un proceso de concertación con las comunidades afectadas.

Estas sentencias consolidan la idea de que la aplicación del marco normativo debe realizarse bajo un enfoque de proporcionalidad y justicia ambiental, lo que conecta directamente con las situaciones vividas en zonas rurales como Urrao. En el plano de los principios constitucionales, el derecho ambiental colombiano se sustenta en nociones como el desarrollo sostenible, la función ecológica de la propiedad, el principio de precaución y el de solidaridad.

El desarrollo sostenible, recogido en múltiples decisiones de la Corte Constitucional, establece que las generaciones presentes tienen el deber de utilizar los recursos sin comprometer los derechos de las generaciones futuras. La función ecológica de la propiedad, derivada del artículo 58 de la Constitución, significa que el derecho a la propiedad privada está limitado por el deber de proteger los recursos naturales.

Teniendo en cuenta el principio de precaución, consolidado en la jurisprudencia nacional a partir de los años 2000, exige que, en casos de duda sobre el impacto ambiental de una actividad, las autoridades actúen para prevenir daños irreversibles. Finalmente, el

principio de solidaridad implica que tanto el Estado como los particulares comparten responsabilidades en la protección del medio ambiente (Corte Constitucional, 1997; 2008; 2016).

La normativa nacional se complementa con instrumentos internacionales ratificados por Colombia, El Acuerdo de París de 2015, aprobado mediante la Ley 1844 de 2017, compromete al país a reducir las emisiones y conservar sumideros de carbono, donde los bosques cumplen un papel crucial (ONU, 2015). El Convenio Ramsar sobre Humedales, ratificado en 1997, refuerza la protección de ecosistemas estratégicos que, en muchos casos, coinciden con áreas de reserva forestal (Ramsar, 1997). Más recientemente, la ratificación del acuerdo de Escazú mediante la Ley 2273 de 2022 incorporó un enfoque de democracia ambiental al establecer obligaciones de acceso a la información, participación pública y justicia en asuntos ambientales (ONU, 2018).

Estos tratados no solo amplían el marco jurídico nacional, sino que lo obligan a ajustar los estándares internacionales que integran derechos humanos y protección ambiental. En cuanto a la institucionalidad, además del Ministerio de Medio Ambiente y las Corporaciones Autónomas regionales, la Agencia Nacional de Tierras (ANT) juega un papel central en la gestión de tensiones entre reservas forestales y ocupación campesina.

La ANT es responsable de los procesos de formalización de la propiedad rural y de adjudicación de baldíos, lo que la coloca en el centro de los conflictos cuando estos predios coinciden con zonas de reserva, La Procuraduría delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, por su parte, tiene la función de ejercer control preventivo y disciplinario sobre las autoridades responsables de la gestión ambiental y agraria. Estas entidades reflejan que el marco jurídico no es solo normativo, sino también institucional, y que su aplicación depende de la coordinación entre múltiples actores estatales.

En definitiva, el presente marco normativo evidencia que la regulación de las reservas forestales en Colombia es mucho más amplia que la Ley 2ª de 1959; el conjunto de leyes, principios constitucionales, jurisprudencia y tratados internacionales muestra un entramado jurídico que, en teoría, busca conciliar la conservación con los derechos de las comunidades, no obstante, la falta de articulación entre estas normas y la ausencia de mecanismos efectivos de concertación con las poblaciones rurales han limitado su impacto real, el desafío consiste en pasar de un marco normativo amplio y robusto a una implementación coherente y

participativa que responda a las necesidades tanto de la naturaleza como de las personas que habitan en Estos territorios.

Objetivo específico 1. Recopilar, depurar y consolidar la información geoespacial, normativa necesaria y contrastar la zonificación establecida por la Ley 2ª de 1959 con el uso actual del suelo.

El primer paso consistió en recopilar la información geográfica necesaria para realizar el estudio, para ello se descarga cartografía básica de geovisor de Colombia en mapas (curvas de nivel, drenajes dobles sencillos, malla catastral, reservas naturales), también se solicitan ortofotos de la zona de estudio al IGAC y la zonificación oficial de la Ley 2ª.

Tabla 1.

Características de la información recopilada.

Insumo	Fuente	Descripción	Tipo de dato	Sistema de coordenadas
Curvas de nivel	IGAC	Curvas cada 50 m utilizadas para generar el DEM	Línea	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Drenajes	IGAC	Ríos y quebradas principales de la zona de estudio	Línea	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Vías	IGAC	Red vial principal y secundaria	Línea	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Malla catastral	Catastro Antioquia	Límites prediales	Polígono	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Zonificación Ley 2ª de 1959	Ministerio de Ambiente	Polígonos oficiales de la	Polígono	MAGNA-SIRGAS 2018

Insumo	Fuente	Descripción	Tipo de dato	Sistema de coordenadas
		zonificación de reserva forestal		Origen Nacional
Mapa PBOT Urrao (división política)	OT Colombia	Mapa en PDF del Esquema de Ordenamiento Territorial de Urrao usado como insumo base	Documento georreferenciado	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Digitalización vereda El Volcán	Elaboración propia	Polígono de la vereda generado a partir del mapa del EOT de Urrao.	Polígono	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Ortofotos 2014	IGAC	Imagen aérea del área de estudio, usada como línea base	Raster	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional
Ortofotos 2023	Gobernación de Antioquia	Imagen satelital de alta resolución, insumo más reciente	Raster	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional

Para delimitar el área de estudio, se georreferenció la vereda El Volcán a partir del mapa PDF con coordenadas, se realizó el siguiente proceso: primero se importó el PDF, se definió el sistema de coordenadas de salida como MAGNA–SIRGAS 2018 Origen Nacional;

a continuación se activó la barra de Georeferencing, se localizaron puntos de control bien distribuidos en los cuatro extremos del mapa para disminuir la distorsión; con esos puntos se ejecutó la georreferenciación, se verificó el RMS error y, si era aceptable según la escala del mapa, se guardó la imagen georreferenciada.

Con el raster georreferenciado ya en el sistema correcto, se creó una feature class nueva en la geodatabase del proyecto (Geoprocessing → Create Feature Class) con el mismo sistema de referencia; para la digitalización se abrió una sesión de edición (Edit → Create), para delinear exactamente el polígono de la vereda siguiendo los límites mostrados en el PDF. Durante la digitalización se asignaron atributos esenciales (ID, nombre, fuente, año, área, etc) y al finalizar se ejecutaron controles de calidad: validación de geometría, cálculo de áreas y comparación con ortofoto, por último, se guardó la capa.

Esta delimitación permitió depurar la información geoespacial en la que se organizarán los tipos de insumos:

1. Cartografía básica, que incluyó capas de drenajes, vías, curvas de nivel, malla catastral y la zonificación oficial de la Ley 2ª.
2. Cálculo normativo, en el que se incorporan los criterios legales para la identificación de áreas destinadas a la conservación obligatoria.

Con esta información se generó un Modelo Digital de Elevación (DEM), construido a partir de curvas de nivel cada 50 metros, sobre el cual se calculan las pendientes del terreno.

Dicho mapa de pendientes fue reclasificado de acuerdo con los rangos establecidos por el IGAC en la norma IN-AGR-P-C02-03, que distingue siete clases. Para efectos de la Ley 2ª en su entidad tipo A, se seleccionaron solo las pendientes superiores al 40 %, es decir, las clases críticas. De manera complementaria, se delimitarán las franjas de protección hídrica mediante la creación de un búfer de 50 metros alrededor de todas las fuentes de agua, cumpliendo así con el retiro obligatorio requerido por la legislación, para la zona de estudio no se encuentran reservas naturales por lo tanto no se tuvieron en cuenta.

Finalmente, estas dos capas -pendientes críticas y retiros de fuentes hídricas- fueron integradas en una sola superficie de conservación, que constituye el insumo normativo para el análisis comparativo con la ocupación real del suelo en la vereda.

Para el desarrollo de la clasificación supervisada se obtuvieron dos ortofotografías que cubren la totalidad del área de estudio. La primera corresponde al año 2014, solicitada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Este año fue seleccionado por ser el inmediatamente posterior a la publicación de la zonificación del área de estudio (diciembre de 2013), lo que permitió establecer una línea base confiable para comparar los usos reales del territorio en el momento en que se definieron las categorías de zonificación.

Posteriormente, se obtuvo la ortofotografía más reciente disponible para el área de estudio, correspondiente al año 2023, a partir del servicio de imágenes satelitales de la Gobernación de Antioquia, disponible en: https://geodatos.antioquia.gov.co/image/rest/services/Mosaicos/Mosaico_Rural_ECW/ImageServer. Esta imagen fue seleccionada por su alta resolución espacial y por ser el insumo más actualizado para caracterizar el estado actual del territorio.

Ambas ortofotografías fueron reproyectadas al sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS 2018 Origen Nacional, garantizando uniformidad espacial en los análisis posteriores. Seguidamente, se realizó el recorte de las ortofotografías a la extensión exacta del área de estudio mediante la herramienta Clip Raster de ArcGIS Pro, optimizando así el tamaño de los insumos y evitando procesamientos innecesarios fuera de la zona de interés.

Adicionalmente, para el año 2014 se cargaron las bandas espectrales correspondientes con el fin de calcular los índices de vegetación EVI (Enhanced Vegetation Index) y SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). Previo al cálculo de dichos índices, las bandas fueron normalizadas para garantizar la comparabilidad de valores entre bandas y fechas, eliminando efectos de diferentes escalas radiométricas o unidades de medida.

La normalización se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$X_{norm} = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$$

Donde:

- X = valor original del píxel
- X_{min} = valor mínimo de la banda
- X_{max} = valor máximo de la banda
- X_{norm} = valor normalizado en un rango de 0 a 1

Este procedimiento permitió que todos los valores espectrales se encontraran en un rango común, reduciendo sesgos por diferencias de brillo y mejorando la precisión en la clasificación de coberturas y en el cálculo de los índices.

Objetivo específico 2. Clasificar y analizar los usos del suelo en el área de estudio en el año 2014 y 2023, mediante técnicas de teledetección, utilizando la metodología Corine Land Cover y los criterios establecidos en la Resolución 1926 del 30 de diciembre de 2013, para evaluar la coherencia entre la zonificación normativa y la ocupación real del territorio, consignando los resultados en la base de datos (GDB).

La segunda fase se orientó a la caracterización de los usos del suelo en los momentos temporales 2014 y 2023, mediante la aplicación de técnicas de teledetección y el estándar metodológico Corine Land Cover.

Con el propósito de mejorar la discriminación espectral entre coberturas para el año 2014, se calcularon dos índices de vegetación: el Índice de Vegetación Mejorado (EVI) y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), definidos respectivamente por las siguientes expresiones:

- $EVI = 2.5 \times ((NIR - R) / (NIR + 6R - 7.5B + 1))$
- $SAVI = ((NIR - R) / (NIR + R + 0.5)) \times (1 + 0.5)$

Donde NIR corresponde a la banda de infrarrojo cercano, R a la banda roja y B a la banda azul. Estas capas, combinadas con las bandas multiespectrales visibles y con la ortofoto correspondiente al año 2014, permitieron generar una imagen compuesta que mejoró significativamente la capacidad de diferenciación de coberturas.

La clasificación de las coberturas se llevó a cabo mediante un enfoque supervisado, entrenando el algoritmo Random Trees con puntos de muestra obtenidos por fotointerpretación y verificación cartográfica. La elección del algoritmo Random Trees se justificó por su robustez ante datos con alta dimensionalidad, su capacidad de manejar relaciones no lineales entre variables espectrales y su resistencia al sobreajuste, lo que resulta en clasificaciones más estables y precisas en comparación con métodos como Máxima Verosimilitud.

El resultado de la clasificación fue un raster temático que posteriormente fue convertido a polígono (Raster to Polygon). Sobre esta capa vectorial se calcularon los campos de área en hectáreas, porcentaje respecto al área total y asignación de nombres de cobertura de acuerdo con la leyenda del Corine Land Cover. Este procedimiento se realizó tanto para el año 2014 como 2023

La cuantificación de las coberturas permitió evaluar la magnitud de cada clase en los dos años analizados y establecer comparaciones con la zonificación normativa.

Adicionalmente, toda la información geográfica fue consolidada en una Geodatabase (GDB) denominada Ley 2ª.gdb, la cual se estructuró en datasets temáticos que permitieron organizar de manera estandarizada los insumos de la investigación.

En primer lugar, el dataset de Cartografía base integró capas fundamentales para la referencia espacial, tales como la delimitación de la vereda, la malla predial, la red de drenajes (sencillos y dobles), las curvas de nivel, la red vial, los puentes y la zonificación normativa de la Ley 2ª.

En segundo lugar, el dataset de Cálculo Ley 2ª incluyó las capas generadas a partir del modelado normativo, como las áreas de protección por drenajes, pendientes y la zonificación calculada de la Ley 2ª, que constituyeron la base para el contraste entre lo normado y la realidad territorial.

Por último, el dataset de Clasificación de coberturas agrupó los resultados de la clasificación Corine Land Cover y los insumos ráster normalizados (bandas espectrales y productos derivados como EVI y SAVI) correspondientes a los años 2014 y 2023, lo que permitió realizar un análisis de los cambios en el uso y cobertura del suelo.

La decisión metodológica de construir una GDB responde a la necesidad de contar con un repositorio único y organizado que garantizara la integridad de los datos. Aunque las capas almacenadas no presentan relaciones topológicas entre sí, su integración en una estructura unificada permitió optimizar la gestión de la información espacial y asegurar la consistencia de los resultados.

Objetivo específico 3. Implementar un visor geográfico que permita visualizar y contrastar la zonificación normativa con los usos reales del suelo.

La última fase metodológica está orientada al diseño de un visor geográfico interactivo, concebido como una herramienta para integrar los resultados normativos y de clasificación, y facilitar su consulta por parte de actores académicos e institucionales. El visor fue estructurado en torno a tres bloques de información principal:

- La zonificación oficial establecida por la Ley 2ª de 1959.
- Las áreas críticas de conservación establecida por la zonificación calculada, derivadas del análisis de pendientes y retiros de agua.
- Los usos del suelo clasificados para los años 2014 y 2023. A través de esta interfaz se facilita la exploración espacial de los resultados, la comparación directa entre lo normativo y lo real, y la generación de insumos para la gestión territorial y ambiental.

En consecuencia, la metodología combinó criterios normativos, análisis geográficos y técnicas de teledetección, articulados en un entorno SIG y complementados con la implementación de un visor geográfico. Este enfoque permitió no solo comparar la zonificación de la Ley 2ª de 1959 con la ocupación efectiva del territorio en la vereda El Volcán, sino también ofrecer una herramienta práctica para la interpretación de los resultados y la toma de decisiones en materia de ordenamiento ambiental.

13. Resultados

Objetivo 1. Recopilar, depurar y consolidar la información geoespacial, normativa necesaria y contrastar la zonificación establecida por la Ley 2ª de 1959 con el uso actual del suelo.

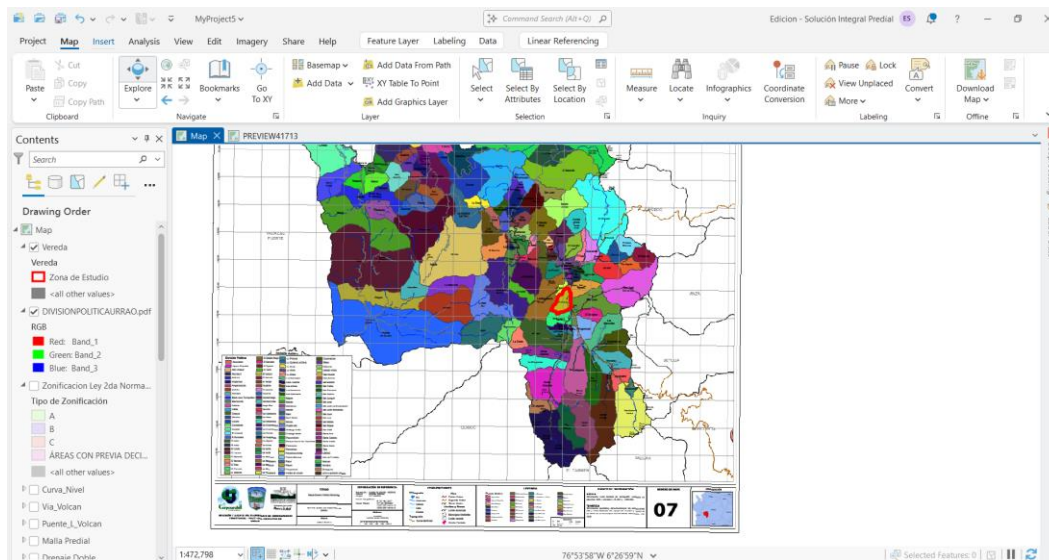
Después de la recopilación de la información geográfica necesaria para realizar el estudio, que se compone de capas que contiene curvas de nivel, drenajes dobles sencillos, malla catastral, reservas naturales, ortofotos de la zona de estudio y la zonificación oficial de la Ley 2ª, para la vereda El Volcán.

Se delimitó el área de estudio a partir del polígono de la vereda El Volcán, el cual fue obtenido mediante la georreferenciación del mapa en PDF del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Urao. Para ello se emplearon puntos de control tomados de la cartográfica oficial, logrando un ajuste con error RMS dentro de los rangos aceptables. Una vez georreferenciado el mapa, se procedió a la digitalización del límite de la vereda

mediante la creación de una feature class en el sistema MAGNA–SIRGAS 2018 Origen Nacional, garantizando precisión en la ubicación espacial. El resultado final corresponde a un polígono confiable y validado, que constituye la base geográfica para los análisis posteriores, tal como se muestra en la Imagen 2.

Imagen 2

Georreferenciación vereda El Volcán.



Fuente: Elaboración propia con cartografía del PBOT.

Para la consolidación de la base de información geoespacial y normativa, se generó un mapa de pendientes de la vereda El Volcán clasificado en siete rangos.

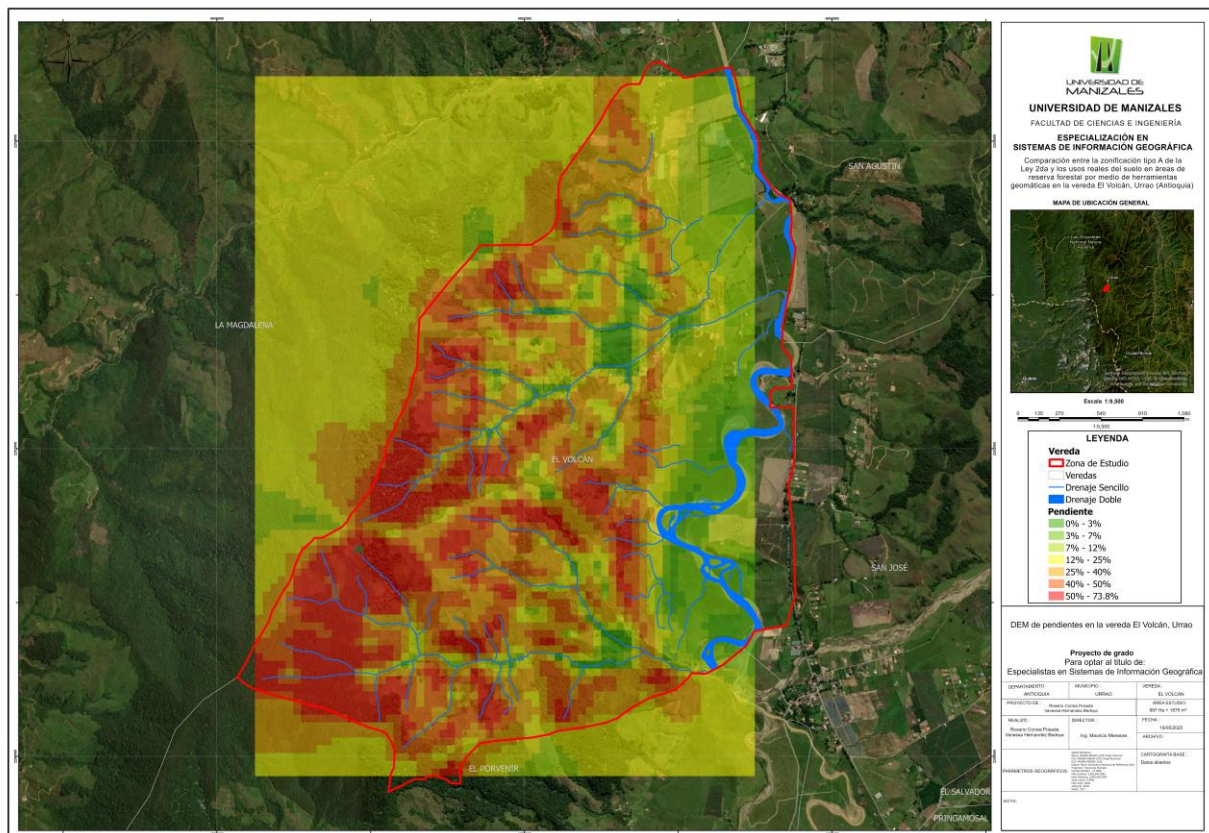
- 0% - 3%
- 3% - 7%
- 7% - 12%
- 12% - 25%
- 25% - 40%
- 40% - 50%
- 50% - 73.8%

De los cuales se priorizaron aquellos superiores al 40% para constituir un criterio determinante en la zonificación de la Ley 2ª de 1959.

La representación espacial obtenida muestra que gran parte del territorio presenta pendientes fuertes y muy fuertes, especialmente concentradas en la zona suroccidental y central de la vereda, lo que evidencia condiciones restrictivas para el uso agrícola y un alto potencial para la conservación forestal. Este insumo permitió contrastar de manera preliminar la zonificación oficial de la reserva forestal con las características físicas actuales del terreno, aportando un punto de partida técnico para evaluar las discrepancias entre la delimitación normativa y la dinámica real de uso del suelo. Esto se puede observar en la imagen 3.

Imagen 3

Mapa de pendientes clasificado.



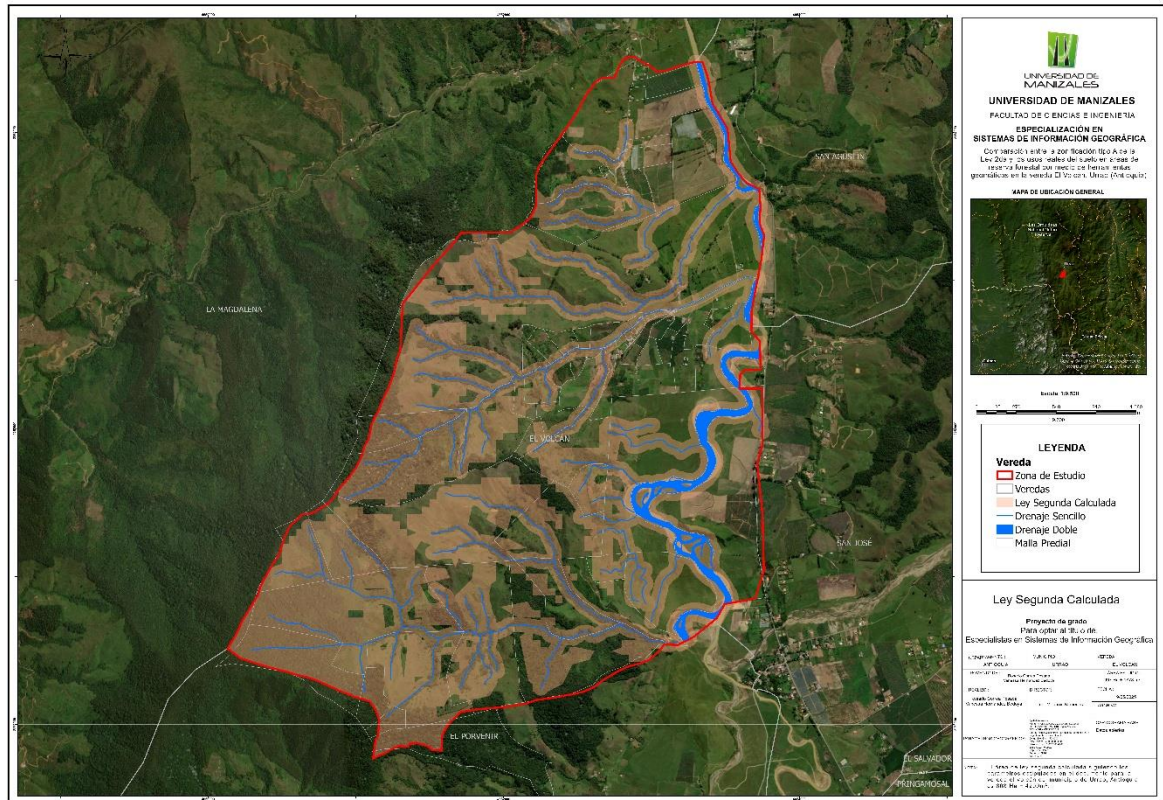
Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS pro.

Nota: El mapa de pendientes se encuentra en los anexos.

En complemento al análisis de pendientes, se efectuó delimitación de retiros asociados a las fuentes hídricas presentes en la vereda El Volcán (imagen 4), estableciendo un área de protección de 50 metros a cada lado de los cauces identificados. La representación espacial evidencia una red hidrográfica densa y distribuida de manera transversal por el

Imagen 6

Área de Ley 2ª tipo A calculada.



Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS pro.

Nota: El mapa denominado Ley segunda calculada vereda El Volcán se encuentra en los anexos.

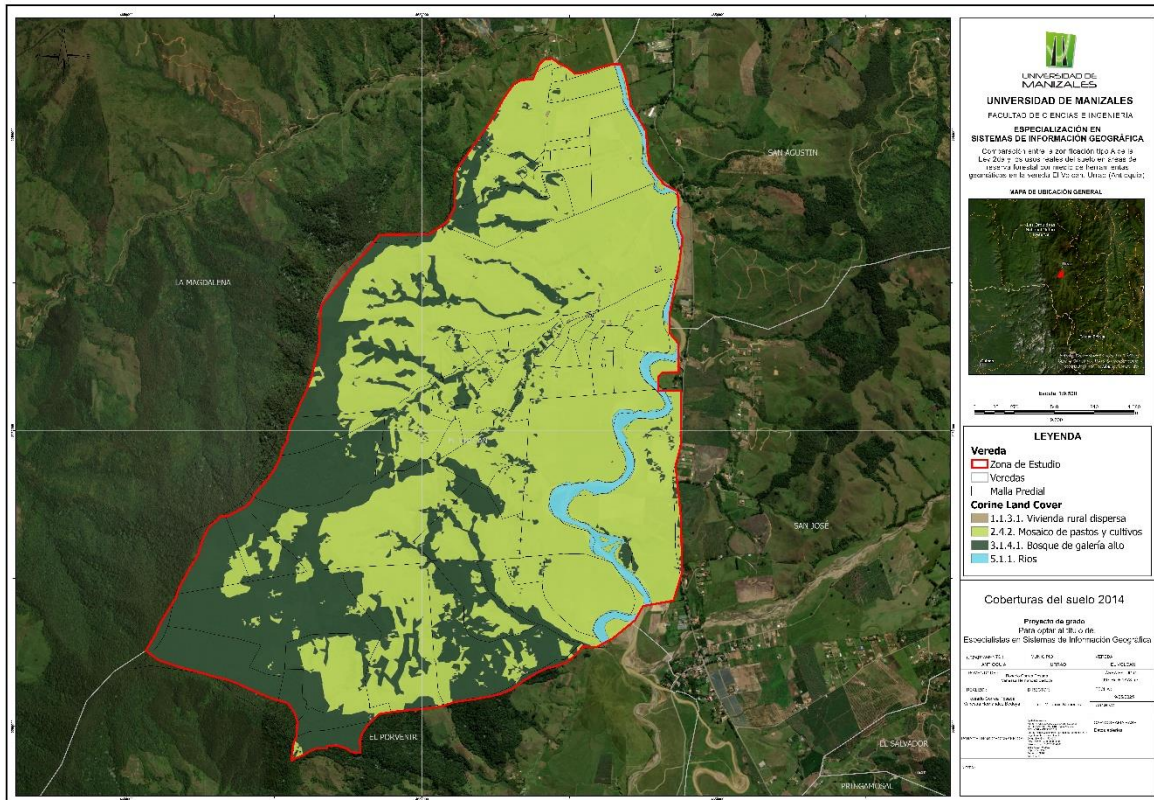
Los resultados del análisis espacial ponen en evidencia una diferencia significativa entre la zonificación oficial definida en la Ley 2ª de 1959 y la zonificación obtenida a partir de la aplicación de los parámetros técnicos previstos en la misma norma. Mientras que la delimitación oficial presenta el área correspondiente al 100% de superficie de la vereda El Volcán es decir 997 Ha + 1878 m² como una unidad homogénea de reserva forestal, la zonificación calculada a partir de criterios técnicos muestra un territorio fragmentado en polígonos con un área de 608 Ha + 4209m² que abarcan el 61,01% de la superficie de la vereda, respondiendo a condiciones específicas como pendientes pronunciadas, zonas de protección hídrica y coberturas boscosas.

Esta diferenciación metodológica permite concluir que la reserva no se configura como un bloque continuo, sino como un mosaico en el que coexisten sectores con restricciones ambientales y áreas transformadas por actividades agropecuarias. En consecuencia, se evidencia que la aplicación de parámetros técnicos ajustados a la realidad territorial ofrece una representación más precisa y operativa para los procesos de planificación y ordenación rural.

Objetivo 2. Clasificar y analizar los usos del suelo en el área de estudio en el año 2014 y 2023, mediante técnicas de teledetección, utilizando la metodología Corine Land Cover y los criterios establecidos en la Resolución 1926 del 30 de diciembre de 2013, para evaluar la coherencia entre la zonificación normativa y la ocupación real del territorio, consignando los resultados en la base de datos (GDB).

El análisis de coberturas realizado para el año 2014 muestra que el uso del suelo en la vereda El volcán estuvo marcado por un claro predominio de actividades agrícolas, el Mosaico de pastos y cultivos (CLC 2,4.2) representó el 65.31% del área total, configurando un paisaje en el que la producción agrícola y pecuaria constituye la principal forma de ocupación. En contraste, el Bosque de galería alto (CLC 3.1.4.1) abarcó el 31,99 %, reflejando la importancia de las franjas de vegetación natural que se conservan asociadas a las rondas hídricas y a las zonas de protección.

Por su parte, la categoría Ríos (CLC 5.1.1), cubrió el 2,63 % del territorio, finalmente, la vivienda rural dispersa (CLC 1,1.3.1) registró la menor participación, con solo un 0,07%, lo que da cuenta de una ocupación humana reducida y dispersa en el espacio rural, como se puede observar en la imagen 7.

Imagen 7*Clasificación 2014*

Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS pro.

Nota: El mapa denominado Coberturas del suelo 2014 vereda El Volcán se encuentra en los anexos.

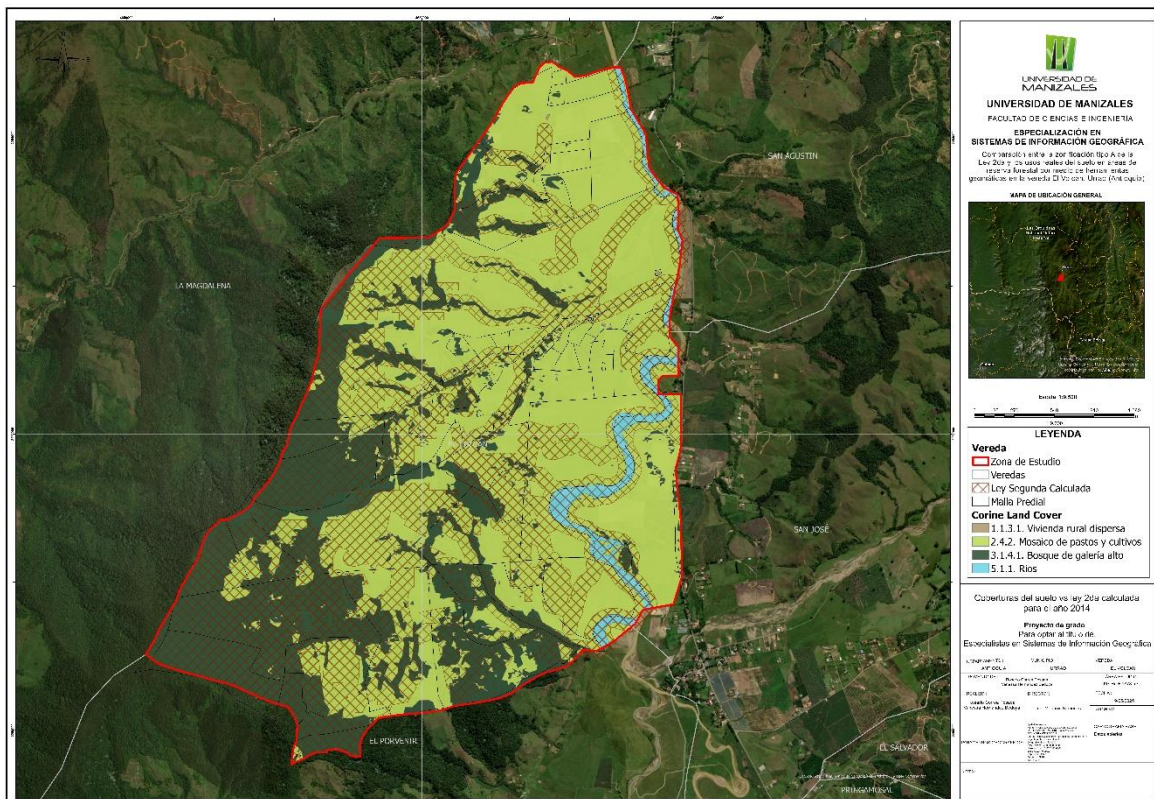
La clasificación correspondiente al año 2023 refleja una composición muy similar a la observada en 2014, lo que indica una marcada estabilidad en los patrones de ocupación del territorio. El mosaico de pastos y cultivos (CLC 2.4.2) se mantuvo como la cobertura predominante con un 65,36%, consolidando la importancia de las actividades agropecuarias en la estructura del paisaje rural; de manera paralela, el Bosque de galería alto (CLC 3,1.4.1) registró una proporción casi idéntica a la del período anterior (31,92%), lo que sugiere que las coberturas naturales vinculadas a las rondas hídricas y áreas de protección han permanecido estables en el tiempo. La categoría Ríos (CLC 5.1.1) también evidenció un ligero aumento hasta el 2,64%, lo que puede estar relacionado tanto con variaciones estacionales como con una mejor delimitación de cauces en la teledetección empleada. Por último, la vivienda rural dispersa (CLC 1.1.3.1) se mantuvo prácticamente inalterada con un

hídrico y prevenir la erosión, limitando los usos agrícolas y ganaderos a favor del uso forestal protector. Sin embargo, para 2014 (primer año completo posterior a la expedición de la resolución) ya el 65.31% del territorio estaba ocupado por mosaicos de pastos y cultivos, lo que evidencia que la medida se implementó sobre un escenario productivo consolidado, sin un diagnóstico territorial detallado ni consideración del uso real del suelo.

Esta situación ha generado que la categoría de reserva forestal no haya transformado el territorio, sino que coexiste con la producción agrícola sin variaciones significativas en casi una década (Imagen 9). En consecuencia, la zonificación de Ley 2ª en esta área se ha aplicado de manera desconectada de la realidad socioeconómica y productiva, produciendo un escenario de incompatibilidad legal persistente que no ha sido resuelto ni mediante procesos de restauración ecológica en la planificación del uso del suelo.

Imagen 9

Comparación coberturas vs Ley 2ª Calculada.



Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS pro.

Nota: El mapa denominado Coberturas del suelo vs Ley 2ª vereda El Volcán se encuentra en los anexos.

La permanencia de actividades agropecuarias en un espacio legalmente definido como de uso forestal protector evidencia la necesidad de revisar y actualizar la zonificación, promover mecanismos de concertación con las comunidades locales y diseñar estrategias de manejo diferenciado que integren producción y conservación. Por el contrario, la normativa seguirá cuidando la eficacia práctica como instrumento de gestión ambiental.

En cuanto a la comparación de la Ley 2ª calculada, el análisis espacial permitió generar una capa de zonificación ajustada de Ley 2ª Tipo A, elaborada a partir de los criterios establecidos en la Resolución 1926 de 2013 y adaptada a las condiciones específicas del área de estudio. A diferencia de la zonificación oficial, que abarca el 100% de la vereda, la capa ajustada cubre solo el 61,01% del territorio, delimitando con mayor precisión las áreas prioritarias para la conservación. Los resultados evidencian que esta zonificación ajustada coincide de manera más coherente con los bosques de galería alto y los corredores, concentrándose en sectores de mayor relevancia ecológica y de provisión de servicios ambientales. De este modo, la conservación se centra en las coberturas estratégicas para la regulación hídrica y la conectividad ecológica, en lugar de imponer restricciones sobre la totalidad del territorio.

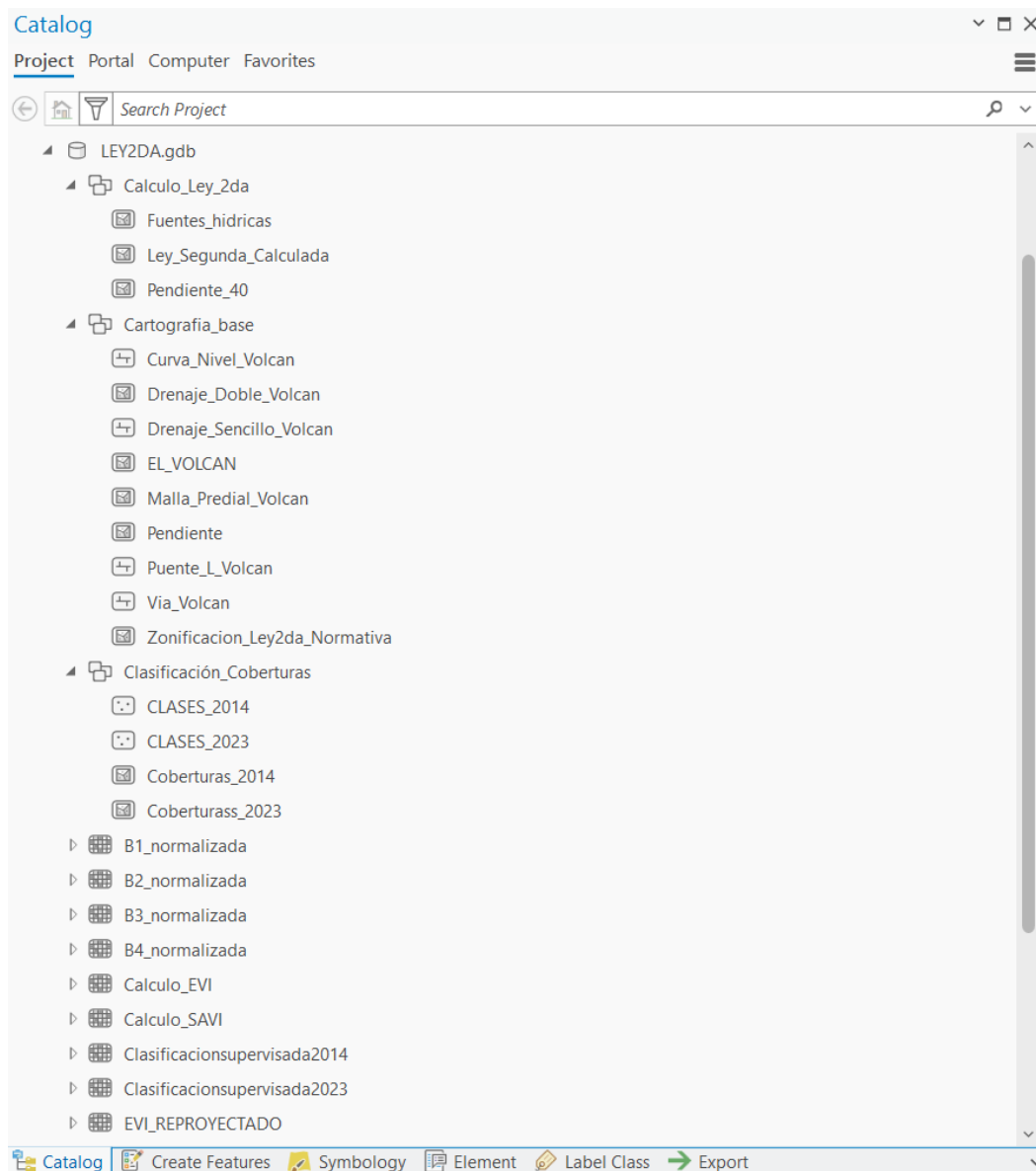
Al mismo tiempo, la zonificación excluye el 38,99% del área de la vereda, conformada en su mayoría por mosaicos de pastos y cultivos que constituyen la base productiva de la población local. Esto reconoce la vocación agropecuaria del suelo y favorece un equilibrio entre la protección ambiental y la viabilidad socioeconómica. En síntesis, la zonificación ajustada se configura como un instrumento de ordenamiento más realista y aplicable, al diferenciar entre áreas que requieren protección estricta y aquellas destinadas a una producción agropecuaria sostenible, reduciendo los conflictos de uso generados por la aplicación homogénea de la Ley 2ª sobre todo el territorio.

Finalmente, toda la información espacial recolectada y procesada se integró en una Base de Datos Geográfica (GDB) diseñada específicamente para este estudio de investigación. Esta base de datos se estructuró en tres datasets principales, organizados de la siguiente manera:

- Cartografía base
- Calculo Ley 2ª

- Clasificación de coberturas

Cada dataset contiene insumos cartográficos que incluyen tanto información vectorial como ráster (imagen 10), lo que garantiza una representación integral de los aspectos físicos, normativos y ambientales de la zona de estudio. Si bien las capas almacenadas en la GDB no presentan relaciones topológicas entre sí, su integración en un mismo repositorio permitió consolidar un sistema organizado y estandarizado de información espacial. Esto facilitó la interoperabilidad de datos y el desarrollo de análisis.

Imagen 10**GDB LEY2DA**

Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS pro.

En este sentido, la GDB se consolidó como el núcleo central de almacenamiento, consulta y validación de la información, sirviendo de soporte a los distintos análisis espaciales realizados en el marco de la investigación. Adicionalmente, se implementaron reglas topológicas sobre la capa predial, con el fin de verificar la calidad geométrica de la información y garantizar que no existieran traslapes entre polígonos ni huecos en la

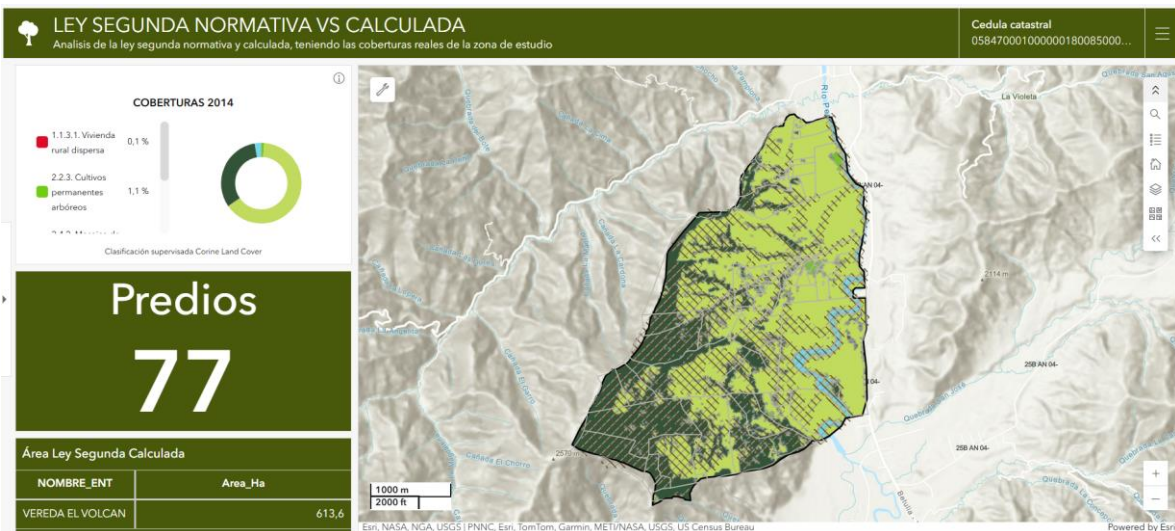
delimitación de los predios. Este procedimiento permitió evidenciar la consistencia de los datos iniciales provenientes de catastro y asegurar que la información utilizada cumpliera con estándares mínimos de integridad espacial. De esta manera, la base de datos no solo actúa como repositorio de información, sino también como un mecanismo de control de calidad que fortalece la confiabilidad de los insumos y la validez del análisis espacial.

Objetivo 3. Implementar un visor geográfico que permita visualizar y contrastar la zonificación normativa con los usos reales del suelo, facilitando la interpretación de los resultados.

El visor geográfico implementado en ArcGIS Dashboard se nutrió con la GDB creada, permitió contrastar de manera dinámica la zonificación normativa de la Ley 2ª de 1959 con los usos reales del suelo en la vereda El Volcán, Urrao. Esta integración facilitó un análisis espacial más preciso, en el que se hicieron evidentes las coincidencias y discrepancias entre el regulado y la ocupación real del territorio. Uno de sus principales aportes es la posibilidad de comparar de forma inmediata las áreas destinadas a la conservación con los sectores donde se desarrollan actividades agropecuarias, forestales o de ocupación humana.

Imagen 11

Visor Geográfico [Enlace](#)



Fuente: Elaboración propia con herramienta ArcGIS Dashboard.

Los indicadores estadísticos incorporados muestran con claridad los porcentajes de cumplimiento y de conflicto normativo, destacando las áreas donde los usos vigentes no corresponden con lo establecido en la Ley 2ª. El visor se consolidó, además, como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para entidades ambientales y autoridades locales, al permitir la identificación de los espacios con mayor nivel de conflicto entre el normado y la realidad territorial; este aspecto es fundamental para orientar los de ordenación, conservación y gestión sostenible del territorio, promoviendo la transparencia y la participación en la planificación territorial, al ofrecer una visión clara y accesible de las dinámicas locales frente a la normativa vigente.

14. Discusión

La discusión de los resultados obtenidos permite evidenciar las tensiones existentes entre la zonificación oficial de la Ley 2ª de 1959 y la realidad territorial de la vereda El Volcán. Mientras que la normativa proyecta un bloque homogéneo de reserva forestal, el análisis espacial ajustado con criterios técnicos (pendientes mayores al 40 %, retiros de fuentes hídricas, coberturas de bosque y disposiciones del PBOT) revela un mosaico heterogéneo donde coexisten áreas estratégicas de conservación y zonas agropecuarias consolidadas. Esta diferencia pone en evidencia que la planificación normativa se aplicó de manera centralizada, sin un diagnóstico territorial detallado que considerará los usos del suelo vigentes ni la dinámica productiva local.

El hallazgo de que, en 2014, apenas un año después de la declaración, más del 64% del territorio ya estaba ocupado por mosaicos de pastos y cultivos, confirma que la medida normativa se superpuso a un contexto agropecuario consolidado. La estabilidad de este patrón hasta 2023 refuerza la idea de que la categoría de reserva forestal ha tenido un carácter restrictivo más que transformador, pues no se han implementado acciones efectivas de restauración, compensación ambiental ni reconversión productiva. De este modo, la norma ha permanecido desconectada de la realidad territorial, sin lograr modificar los usos del suelo.

Una década después en el plano social, esta desconexión genera tensiones significativas; los campesinos, cuya subsistencia depende de las actividades agrícolas, desarrollan su trabajo en un marco jurídico que las considera incompatibles. Ello perpetúa condiciones de vulnerabilidad legal y económica, limita el acceso a créditos y programas de desarrollo rural, y produce incertidumbre frente a la formalización de la tenencia de la tierra.

En lugar de fortalecer la gestión sostenible del territorio, la normativa ha propiciado escenarios de conflictividad socioambiental. La propuesta de zonificación ajustada en este estudio constituye una alternativa más realista y aplicable. Al delimitar el 61,01% del territorio como área de Ley 2ª Tipo A y reconocer el 38,98% restante como suelo agrícola, se plantea un modelo de gestión diferenciada que la conservación armoniza con la viabilidad socioeconómica. De esta forma, los bosques de galería alta y corredores ribereños mantienen una protección estricta, mientras que las áreas productivas se reconocen como parte integral de la dinámica rural.

La pantalla geográfica implementada en ArcGIS Dashboard complementa este enfoque para ofrecer una herramienta interactiva de análisis y participación. Su capacidad de mostrar de manera inmediata los conflictos y coincidencias normativas lo convierte en un instrumento técnico y pedagógico para autoridades, comunidades y tomadores de decisión. Con ello, el estudio plantea la necesidad de evolucionar hacia un modelo adaptativo y participativo de ordenación territorial, que supere la aplicación homogénea de la Ley 2ª y permita integrar la conservación y el bienestar comunitario en escenarios de alta presión productiva.

15. Conclusión

Las conclusiones de esta investigación permiten comprender con mayor claridad las tensiones existentes entre la normatividad ambiental centralizada y las realidades productivas de los territorios rurales. El análisis multitemporal de coberturas realizado entre 2014 y 2023, a través de la metodología Corine Land Cover, evidencia que más del 64 % de la vereda El Volcán continúa ocupado por mosaicos de pastos y cultivos. Este hallazgo confirma la permanencia histórica de las actividades agrícolas en un espacio que, de manera normativa, fue declarado Reserva Forestal de Ley 2ª de 1959, Tipo A.

La constatación de esta permanencia permite concluir que la zonificación oficial fue diseñada de manera centralizada, sin un diagnóstico territorial previo, lo que ha generado un desajuste estructural entre la norma y la realidad socioeconómica de la población.

La comparación entre la zonificación oficial y la zonificación construida en este estudio a partir de criterios técnicos (pendiente, protección hídrica y cobertura boscosa), muestra que la declaración de reserva no ha inducido procesos de restauración ecológica, reforestación ni reconversión productiva. Por el contrario, los patrones de uso del suelo permanecen inalterados durante la última década, lo que evidencia que la figura de "reserva forestal" ha operado principalmente como una restricción jurídica, sin consolidarse como un mecanismo efectivo de conservación ni de manejo sostenible del territorio.

Esta situación ha mantenido a los campesinos en condiciones de vulnerabilidad legal y económica, dado que sus actividades productivas han sido consideradas incompatibles con el uso forestal protector. Las limitaciones derivadas de este marco normativo afectan la formalización predial, el acceso a créditos y a programas de apoyo estatal, perpetuando dinámicas de incertidumbre y conflictividad socioambiental. En este sentido, la aplicación homogénea de la Ley 2ª ha tenido consecuencias adversas sobre la seguridad jurídica y el bienestar de las comunidades rurales, invisibilizando la importancia de su permanencia como actores históricos y legítimos del territorio.

Un aporte metodológico relevante de esta investigación fue la implementación del visor geográfico en ArcGIS Dashboard, que integra los resultados de clasificación, zonificación y análisis normativo en una plataforma interactiva y de libre consulta. Esta herramienta fortalece la interpretación técnica de los resultados y se proyecta, además, como

un recurso pedagógico y de concertación social, que facilita la participación de actores locales y de tomadores de decisiones en procesos de planificación adaptativa.

En consecuencia, los resultados confirman que la aplicación homogénea de la Ley 2ª de 1959 es insuficiente para garantizar la conservación efectiva de los ecosistemas en territorios rurales habitados históricamente por comunidades campesinas. Es necesario avanzar hacia un modelo de política pública más flexible y participativo, basado en diagnósticos territoriales detallados, en incentivos económicos para la reconversión productiva y en estrategias de manejo adaptativo que permitan articular la conservación de ecosistemas estratégicos con el desarrollo rural sostenible.

16. Recomendaciones

Las recomendaciones que surgen de esta investigación están orientadas hacia la construcción de futuras líneas de trabajo que permitan superar los vacíos identificados y avanzar en soluciones integrales a los problemas relacionados con la gestión de las áreas de reserva forestal.

En primer lugar, resulta pertinente promover estudios comparativos sobre la efectividad de la Ley 2ª de 1959 en diferentes áreas de reserva a nivel regional y nacional, replicando la metodología aplicada en este proyecto. Este tipo de aproximaciones comparativas facilitará la identificación de patrones comunes en los desajustes entre la zonificación normativa y los usos reales del suelo, aportando evidencia sobre cómo la aplicación homogénea de la ley afecta a territorios con contextos ambientales y socioeconómicos diversos.

A su vez, los resultados de estos estudios podrían alimentar propuestas de ajuste normativo y fortalecer estrategias de planificación territorial adaptadas a las realidades locales. En segundo lugar, se recomienda que futuras investigaciones incorporen de manera más profunda variables de carácter socioeconómico, cultural y productivo de las comunidades locales.

Aspectos como la estructura de la propiedad, los sistemas de producción campesina o la vocación agropecuaria de los suelos son determinantes para comprender las tensiones entre la normativa y la dinámica territorial. Este enfoque interdisciplinario contribuiría a diseñar modelos de planificación adaptativa que no solo priorizan criterios ambientales, sino que integran las condiciones sociales y económicas, favoreciendo decisiones más justas, participativas y sostenibles. De la misma manera, se sugiere ampliar el uso de tecnologías avanzadas en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de la teledetección, explorando imágenes satelitales de alta resolución. monitoreo multitemporal mediante drones y técnicas LIDAR.

El fortalecimiento de estas herramientas permitirá un seguimiento más detallado y preciso de las coberturas del suelo, de los procesos de degradación ambiental y de la expansión de las actividades productivas, Con ello se generarían insumos clave para la gestión ambiental, la prevención de impactos negativos y la priorización de intervenciones en zonas críticas.

En definitiva, se plantea la necesidad de avanzar en el diseño y perfeccionamiento de visores interactivos y plataformas geográficas participativas, que integran no solo datos de zonificación y coberturas del suelo, sino también información sobre servicios ecosistémicos y variables socioeconómicas. Estas herramientas, además de fortalecer el análisis técnico, ofrecen un valor pedagógico y social, al facilitar la transparencia, la inclusión comunitaria y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia. Su consolidación podría convertirse en un pilar estratégico para la gobernanza ambiental y la actualización normativa de las áreas de reserva forestal en el país.

Referencias

- Andrade, G. I. (2010). Áreas protegidas de Colombia: avances y perspectivas. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. https://www.humboldt.org.co/images/publicaciones/institucional/areas_protegidas_colombia.pdf
- Biblioteca Digital CIREN. (1990). Fundamentos de teledetección espacial (Emilio Chuvieco). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/23090>
- Cárdenas, J. (2021). Rezonificación participativa: Lecciones del caso Lebrija. Corporación Paisajes Rurales. <https://corporacionpaisajesrurales.org/publicaciones/rezonificacion-participativa-lecciones-lebrija>
- Chuvieco, E. (2020). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio (4.ª ed.). Ariel. <https://www.casadellibro.com/libro-teledeteccion-ambiental-4-ed/9788434432350>
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución 1926 del 30 de diciembre de 2013. Diario Oficial No. 49.018. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1926-2013.pdf>
- Congalton, R. G., & Green, K. (2019). Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- Congreso de la República de Colombia. (1959). Ley 2ª de 1959: Economía forestal y conservación de recursos naturales renovables. Diario Oficial No. 30.585. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6953>
- Congreso de la República de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables. Diario Oficial No. 34.243. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1847>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 160 de 1994: Reforma agraria y desarrollo rural campesino. Diario Oficial No. 41.479. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31128>
- Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1450 de 2011: Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014. Diario Oficial No. 48.102. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43043>
- Congreso de la República de Colombia. (2018). Ley 1930 de 2018: Gestión integral de páramos. Diario Oficial No. 50.647. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87688>
- Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2111 de 2021: Modificación del Código Penal en materia ambiental. Diario Oficial No. 51.755. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=164677>
- Conservación Internacional. (2019). Evaluación de la efectividad de las reservas forestales en Colombia. Conservación Internacional. <https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/evaluacion-efectividad-reservas-colombia.pdf>

- Corte Constitucional de Colombia. (1997). Sentencia C-649/97. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1997/c-649-97.htm>
- Corte Constitucional de Colombia. (2008). Sentencia T-299/08. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2008/t-299-08.htm>
- Corte Constitucional de Colombia. (2015). Sentencia T-606/15. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2015/t-606-15.htm>
- Corte Constitucional de Colombia. (2016). Sentencia C-035/16. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/c-035-16.htm>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2022). Documento CONPES 4011: Lineamientos para el ajuste de reservas forestales. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4011.pdf>
- Fajardo, D. (2015). Tierras, conflictos y desarrollo rural en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78134>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2020). The state of the world's forests 2020: Forests, biodiversity and people. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2022). Análisis multitemporal de coberturas terrestres en reservas forestales 1985–2020. IDEAM. <https://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-terrestres>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2016). Catastro multipropósito: Una herramienta clave para el desarrollo del país. IGAC. <https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/publicaciones/catastro-multiproposito.pdf>
- Leff, E. (2004). Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza. Siglo XXI Editores. https://www.sigloxxieditores.com/libro/racionalidad-ambiental_9789682325286
- López, M. (2020). Sistemas agroforestales tradicionales: Conservación desde las comunidades campesinas. Universidad de Caldas. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/123456789/5632>
- Maya, M., & Agudelo, C. A. (2014). La Ley Segunda de 1959: Entre la conservación y la exclusión social. *Revista de Estudios Sociales*, (50), 42–56. <https://doi.org/10.7440/res50.2014.04>
- Molano, A. (2019). La tierra en disputa: Conflictos y resistencias campesinas en Colombia. Editorial Planeta. <https://www.planetadelibros.com.co/libro-la-tierra-en-disputa/296276>
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos [OCDE]. (2018). Governance of land use in OECD countries: Policy analysis and recommendations. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264290303-en>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). Acuerdo de París. Naciones Unidas. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2018). Acuerdo de Escazú. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu>

- Ostrom, E. (2009). El gobierno de los bienes comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva. Fondo de Cultura Económica. https://www.fcede.es/libro/el-gobierno-de-los-bienes-comunes_9786071611265
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2011). Colombia rural: Razones para la esperanza. Informe de Desarrollo Humano Nacional 2011. <https://www.undp.org/es/colombia/publications/informe-de-desarrollo-humano-colombia-2011>
- Ramírez, M. C. (2020). La Ley Segunda y sus efectos sobre la propiedad rural: Una mirada desde los conflictos de uso. *Revista Territorios*, (42), 25–47. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.8423>
- Ramsar. (1997). Convenio sobre los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Secretaría del Convenio Ramsar. <https://www.ramsar.org>
- Rincón, D., & Rodríguez, M. (2022). Ordenamiento territorial ambiental y derechos campesinos: Retos de una política pública inclusiva. *Revista Gestión y Ambiente*, 25(1), 19–37. <https://doi.org/10.15446/ga.v25n1.92458>
- Sabatini, F. (2007). Geoinformación y participación en la planificación territorial: Hacia una gobernanza local. *Revista EURE*, 33(100), 59–80. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612007010000004>
- Schlosberg, D. (2007). *Defining environmental justice: Theories, movements, and nature*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/defining-environmental-justice-9780199286294>
- Universidad Nacional de Colombia. (2021). Análisis jurisprudencial de la Ley 2ª de 1959. Facultad de Derecho, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82199>