



Análisis geoespacial de la biodiversidad en el municipio de Sotaquirá, Boyacá: bases para la gestión territorial.

Andrés F. Rodríguez Cardenas

Natalia Millán Bohórquez

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

06/04/2026

**Análisis geoespacial de la biodiversidad en el municipio de Sotaquirá, Boyacá: bases para la
gestión territorial.**

Andrés F. Rodríguez Cardenas

Natalia Millán Bohórquez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingenieros Ambientales

Director (a):

Julián Felipe Segura Contreras

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

06/04/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 02/06/2026

Dedicatoria:

A nuestros padres, Patricia, Fabián, Margery y
Cesar, gracias por darnos más de lo que
podían.

A mis abuelos, Blanca y Gilberto, con orgullo
cargo sus apellidos y enseñanzas.

Y sobre todo a nuestras mascotas Douglas y
Hopito, por acompañarnos en cada noche.

Especial dedicatoria a nuestros mejores amigos
Franklin y Loren, sin ustedes este futuro no
sería posible, gracias por creer en mí.

Resumen

La presente investigación aborda el desafío de la gestión ambiental en el municipio de Sotaquirá, un territorio destacado por la riqueza de los páramos de Guantiva-La Rusia e Iguaque-Merchán, que se ven comprometidos por la degradación progresiva de la zona. La carencia de herramientas técnicas para visualizar la pérdida de biodiversidad en bosques altoandinos y fuentes hídricas esenciales para la conservación de la vida ha dificultado la lucha contra los impactos por sobrepastoreo y toxicidad, a partir de ello, metodológicamente se propone diseñar un mapa interactivo de biodiversidad fundamentado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección; se destaca la aplicación del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) para monitorear la salud vegetal, esto permitirá la integración de tecnologías para generar la correlación espacial de zonas de erosión severa.

Como resultado final, se entregará un método didáctico para la visualización geoespacial que funcione como un sistema de observación y monitoreo local, este producto permitirá priorizar estrategias de restauración ecológica, como la regeneración ecosistémica, posicionándose como una herramienta técnica clave que traduce información compleja en insumos para la toma de decisiones estratégicas comunitarias, así, se contribuye al fortalecimiento de la resiliencia climática y de la seguridad hídrica desde un enfoque geoespacial.

Palabras clave

Sistemas de Información Geográfica (SIG); Teledetección; NDVI; Monitoreo participativo; Ecosistemas estratégicos; Sotaquirá; Conservación ambiental.

Abstract

This research addresses the challenge of environmental management in the municipality of Sotaquirá, a territory where the richness of the páramos (high-altitude Andean ecosystems) such as Guantiva-La Rusia and Iguaque-Merchán, is threatened by progressive degradation. The central problem lies in the lack of

technical tools to visualize biodiversity loss in strategic areas (high-Andean forests and water sources), which face negative impacts associated with overgrazing and toxicity.

Methodologically, the proposal consists of designing an interactive biodiversity map based on the use of Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing. This includes the application of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) to monitor vegetation vigor. This integration of technologies enables the spatial correlation of areas suffering from several erosion.

The final product is a geospatial visualization tool that functions as a local observation and monitoring system, enabling the prioritization of ecological restoration strategies such as mitigation, adaptation, and ecosystem regeneration. This product is positioned as a key technical tool that translates complex information into inputs for strategic decision-making, contributing to climate resilience and water security from a geospatial perspective.

Keywords

Geographic Information Systems (GIS); Remote Sensing; NDVI; Participatory Monitoring; Strategic Ecosystems; Sotaquirá; Environmental Conservation.

Introducción

El municipio de Sotaquirá se encuentra ubicado en la Región Andina de la Cordillera Oriental, al noroccidente de la ciudad de Tunja, este territorio posee una alta relevancia biológica debido a la presencia de ecosistemas estratégicos como páramos, bosques altoandinos, humedales de altura y nacimientos de agua; a una altitud promedio de 2.930 m.s.n.m, esta zona se destaca por albergar ecosistemas de origen glaciar, entre los que destacan las lagunas Rica, Mortecinera y Negra, caracterizados por su configuración ecológica y su relación con los bosques. En este contexto los ecosistemas de páramo cumplen funciones claves como reguladores hídricos, de almacenamiento de carbono y de la conservación de la biodiversidad (Amado Barón et al., 2010), a su vez, como lo señala PIGCCT Boyacá.,(2020); Diaz-Ballesteros & Avellaneda-Torres, (2025), estos cuerpos de agua son esenciales para la biodiversidad acuática y la regulación del ciclo hídrico que abastece a los acueductos veredales y sistemas productivos locales. No obstante, el territorio de Sotaquirá enfrenta una crisis de sostenibilidad derivada de la intervención antrópica, esta problemática se origina en un marcado conflicto de uso del suelo, donde el 60% del municipio está catalogado como área de protección estratégica mientras que el 75% de la población que habita en zona rural depende económicamente de la ganadería extensiva y de la agricultura; adicionalmente, actividades como la minería en zonas aledañas contribuyen a procesos de lixiviación y acidificación, una complicación que ha desencadenado procesos de erosión y toxicidad edáfica, disminuyendo la capacidad de regeneración natural y que representa una amenaza de forma significativa la supervivencia de especies endémicas. (IPCC., 2023; Diaz-Ballesteros & Avellaneda-Torres, 2025)

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace imperativo fortalecer los procesos de monitoreo ambiental mediante la implementación de un sistema de georeferenciación de bajo costo que integra herramientas de teledetección y participación comunitaria, dicho enfoque permitirá supervisar de manera continua los cambios en la cobertura vegetal, la dinámica de los ecosistemas estratégicos y los procesos de degradación ambiental, generando información espacial actualizada para la toma

de decisiones. Asimismo, el uso combinado de imágenes satelitales de acceso libre con datos georreferenciados aportados por la comunidad facilitará la identificación de puntos críticos de erosión, contribuyendo a la evaluación de los planes de manejo ambiental.

Finalmente, aunque existen experiencias de monitoreo participativo en contextos rurales andinos, su aplicación en territorios con alta dependencia agropecuaria y presencia de ecosistemas frágiles como los páramos sigue siendo limitada, en este sentido, la viabilidad de este enfoque dependerá de factores como la accesibilidad tecnológica, la capacitación de los actores locales y la articulación efectiva entre el conocimiento técnico y la experiencia comunitaria en la gestión del territorio (Nuestro et al., s/f).

Objetivo General

Estructurar y validar un modelo geoespacial de biodiversidad para el municipio de Sotaquirá, Boyacá, basado en el uso integrado de Sistemas de Información Geográfica (SIG), teledetección y herramientas de monitoreo comunitario participativo, que permita visualizar, explorar y analizar los componentes de la biodiversidad, como apoyo a la gestión ambiental, la toma de decisiones y planificación sostenible del territorio.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la cobertura vegetal de la región mediante el procesamiento de imágenes satelitales y del cálculo del NDVI para la identificación de zonas de erosión y pérdida de fertilidad que afectan a los ecosistemas estratégicos.
2. Georreferenciar “Hotspots” de biodiversidad y corredores biológicos utilizando tecnologías de GPS, integrando registros de campo y datos de monitoreo comunitario participativo para la caracterización local de las especies.

3. Construir el modelo geoespacial interactivo basado en SIG (QGIS o ArcGIS) que funcione como una herramienta digital de consulta con la única función del análisis de la biodiversidad, facilitando la toma de decisiones y el desarrollo de las acciones de restauración ecológica.
4. Evaluar la utilidad del prototipo geoespacial y su nivel de adopción mediante pruebas de uso con la comunidad de Sotaquirá, aplicando una encuesta de satisfacción sobre claridad, facilidad de uso y pertinencia.

Marco Teórico

El contenido abordado en el marco teórico se dividirá en 3 grandes esferas teóricas para un mayor entendimiento y comprensión de la información por la gran densidad que se maneja, a continuación, se presentan las siguientes categorías:

1. Ecosistemas

Sotaquirá fue fundada en 1582, cuya ubicación geográfica se sitúa en una latitud de 2.930 msnm, localizada a 39 km al noroccidente de la ciudad de Tunja, cuenta con un relieve predominante montañoso donde forma parte integral de la cordillera Oriental lo que lo caracteriza por su biodiversidad y herencia geológica, donde, comparten dos de los páramos más importantes de la región andina, ecosistemas que funcionan como nodos de regulación hídrica, captura de carbono y refugio de biodiversidad bajo un clima frío seco a uno de muy frío muy húmedo, según argumenta IDEAM., (2021). A continuación, la siguiente tabla resume las funciones de dichos ecosistemas:

Tabla 1.

Características de los páramos en Sotaquirá

Páramo	Flor Típica	Funciones
Guantiva - La Rusia	Frailejones especie Espeletia, pajonales y	Regulación del ciclo hídrico y corredor de especies

	arbustos andinos.	endémicas de la zona
Iguaque - Merchan	Vegetación altoandina y musgos de turbera	Capacidad de almacenamiento de captura de carbono.

De “Composición y estructura de la transición bosque-páramo en el corredor Guantiva-La Rusia (Colombia) por Olaya-Angarita, J. A., Díaz-Pérez, C. N., & Morales-Puentes, M. E. , 2019 (<https://www.redalyc.org/journal/449/44965829007/html/>)

Corpoboyacá., (2022) explica que este municipio presenta una conexión de cumbres con los sistemas fluviales de mayor importancia en Colombia, donde finalmente terminan en el Valle del Magdalena, dando a entender su relevancia no sólo de oferta hídrica para el municipio, sino también su relevancia a nivel municipal de las fuentes hídricas a lo largos del país como la Macrocuena Magdalena – Cauca, donde se reciben los afluentes de los páramos de Guantiva- La Rusia e Iguaque - Merchán, fuentes fluviales para el abastecimiento de la región y Cuenca Río Chicamocha, que atraviesan las formaciones montañosas del departamento de Santander. Estas condiciones hídricas vienen acompañadas a su vez con los principales usos del suelo identificados que se ven reflejados intrínsecamente con las composiciones biofísicas del suelo, las cuales se dividen en varias categorías que reflejan la vocación productiva, cuya principal consecuencia es la degradación del suelo; con ello en cuenta, las cuatro categorías se dividen en natural, seminatural, agropecuaria y demanda hídrica: en la categoría natural se destacan los bosques naturales, especialmente árboles de roble localizados en veredas y destinados a la protección y conservación, bosques como pino radiata, ciprés y acacias, cuya expansión ha sido impulsada sin planificación técnica, generando impactos en cuencas y zonas de recarga hídrica; en el bosque secundario coexisten especies nativas de laurel, tuno, chusque y cucharo, presentes en zonas clave para la conservación de suelos y hábitat de fauna, aunque ha sido severamente reducido por la conversión a cultivos y pastizales, así lo explica Nuestro et al., (s/f).

En el área urbana por otra parte, se establecen usos residenciales, comerciales, recreativos e industriales enfocados en la protección de zonas verdes y buen manejo de los servicios públicos; en la categoría industrial se enfocan principalmente en la minería, agroindustria y explotación forestal, a pesar de contar con zonas protegidas o ecosistemas estratégicos, están sufriendo un gran deterioro, debido a que los usos de suelo exceden la capacidad de producción, ignorando la importancia de estos lugares buscando un beneficio socioeconómico que asesina lentamente el ecosistema.

Dicha contextualización relata que los servicios ecosistémicos se dividen de la siguiente manera, según Cifuentes,(2004):

1. **Servicios de provisión:** Son los productos otorgados por la naturaleza como los alimentos, fuentes hídricas y recursos naturales.
2. **Servicios de regulación:** Es el proceso natural para el mantenimiento del agua, aire y suelo. Donde aportan a la regulación del clima y el control de vectores.
3. **Servicios culturales:** Aportan a un estado de recreación, turismo y desarrollo cognitivo con un enfoque hacia el paisajismo.
4. **Servicios de soporte:** Son los encargados de la vida y existencia de los demás servicios como el proceso de la formación del suelo y de los ciclos bioquímicos.

Teniendo esto en cuenta, el Modelo de Servicios Ambientales de Cifuentes.,(2004) es un marco conceptual desarrollado para clasificar y valorar los servicios ecosistémicos en territorios rurales andinos, especialmente en zonas de alta montaña como el altiplano cundiboyacense.

Frente a esto, se observa que en Sotaquirá se prestan múltiples servicios ambientales, especialmente en regulación hídrica y soporte de biodiversidad, no obstante, cabe aclarar que, aunque el modelo de Cifuentes ha sido aplicado en regiones como el Páramo de Sumapaz o el Macizo Colombiano, no existe documentación pública que confirme su aplicación directa en

Sotaquirá, lo cual representa una brecha para futuras investigaciones; recogiendo lo más importante, este modelo sirve como base teórica para identificar y priorizar los servicios ambientales que deben monitorearse en el municipio, especialmente aquellos vinculados con la conservación de los ecosistemas estratégicos y su relación con las actividades productivas locales. Aunque existen esfuerzos institucionales como el SIMAP y el EOT, ninguno incorpora un sistema dinámico, participativo y de bajo costo para el seguimiento continuo de la biodiversidad. La ausencia de herramientas accesibles limita la generación de información espacial actualizada y dificulta la toma de decisiones oportunas para la conservación. En general, los documentos institucionales describen la cobertura vegetal de Sotaquirá de forma agregada y con énfasis cualitativo, con poca evidencia multitemporal reciente y sin estimaciones cuantitativas comparables entre periodos (p. ej., 2019–2025). Por ejemplo, el Plan de Desarrollo Municipal (2016) reconoce que “la cobertura vegetal ha disminuido en los últimos 10 años”, pero no precisa magnitud ni tasa. Esto justifica la necesidad de implementar un sistema de monitoreo continuo que integre conocimiento técnico y participación comunitaria para fortalecer la gestión territorial y la seguridad hídrica.

Tabla 2.*Indicadores generales del proyecto*

Indicador	Descripción	Unidad de medida	Aplicabilidad en campo
Cobertura de ecosistemas estratégicos	Porcentaje de territorio ocupado por páramos, bosques altoandinos, humedales y zonas de frailejones	% del área total municipal	Derivado de imágenes Sentinel-2 + validación comunitaria
Índice NDVI	Salud y vigor de la vegetación a partir de imágenes satelitales	Valor adimensional (-1 a +1)	Cálculo automático en Google Earth Engine; umbral de alerta: NDVI < 0,3
Fragmentación del hábitat	Número y tamaño de parches de	Número de parches / ha promedio por	Análisis de conectividad

	vegetación nativa aislados	parche	mediante QGIS
Presencia de cuerpos de agua estratégicos	Estado de conservación de lagunas Rica, Mortecinera y Negra, y nacimientos asociados	Categoría: conservado / degradado / crítico	Registro comunitario con fotografías georreferenciadas

De Elaboración propia

2. Biodiversidad

La biodiversidad específicamente, como esfera central de todo comportamiento ecosistémico, es la definición de todos los organismos vivos que habitan en los distintos ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, encontrando hábitats verdes, donde se identifican los ecosistemas naturales; grupos de organismos, como los hongos, plantas, insectos y mamíferos, resumen el concepto principal que nos permitirá, a su vez, entender las implicaciones de los servicios ecosistémicos, entendiéndose como las contribuciones directas o indirectas que da la naturaleza o ecosistemas al bienestar de los humanos y que mejoran la calidad de vida, permitiendo un desarrollo cultural, social y económicos, así relata Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2017).

En el marco del proyecto, la biodiversidad se abordará a partir de registros de flora y fauna representativa (plantas vasculares, aves, anfibios e insectos), priorizando especies indicadoras, endémicas o bajo alguna categoría de amenaza para orientar acciones de conservación.

A partir de la información recopilada se presentan los indicadores de biodiversidad definidos para la ejecución del proyecto:

Tabla 3.

Indicadores de biodiversidad

Indicador	Descripción	Unidad de medida	Aplicabilidad en campo
Riqueza específica	Número total de especies registradas por grupo taxonómico (flora, aves, anfibios, insectos)	Número de especies	Listados comunitarios validados con guías de campo
Especies indicadoras de calidad ambiental	Presencia/ausencia de especies sensibles a la perturbación (ej.: rana <i>Atelopus</i> , colibríes especialistas)	Binario: presente / ausente	Observación directa por guardianes territoriales
Especies endémicas o amenazadas	Número de especies catalogadas en listas UICN o Libro Rojo de Colombia	Número de especies por categoría de amenaza	Cruce con bases de datos del SIAC (Sistema de Información Ambiental Colombiano)
Especies invasoras o exóticas	Presencia y cobertura de especies no nativas que alteran el ecosistema (ej.: pino, eucalipto, truchas)	% de cobertura / número de individuos	Mapeo participativo con aplicación móvil

De Elaboración propia

La caracterización de la biodiversidad en el municipio de Sotaquirá no puede abordarse de manera aislada, dado que la literatura científica específica sobre inventarios biológicos detallados para este territorio es limitada. Por consiguiente, es imperativo situar el estudio dentro del contexto departamental de Boyacá, este enfoque permite identificar patrones regionales de riqueza, endemismo y amenazas que son extrapolables y fundamentales para comprender la dinámica ecológica local, al tiempo que evidencia los vacíos de información que esta investigación busca

mitigar. Boyacá se posiciona como un departamento estratégico para la conservación de la biodiversidad nacional debido a su ubicación geográfica transversal en la Cordillera Oriental de los Andes, abarcando un gradiente altitudinal que va desde bosques tropicales de tierras bajas hasta picos nevados; según el análisis de datos primarios de biodiversidad consolidado por el Instituto Alexander von Humboldt, el departamento cuenta con registros de 5.521 especies distribuidas en ocho grupos biológicos prioritarios: plantas vasculares y no vasculares, hongos, insectos acuáticos, escarabajos coprófagos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Giraldo-Martínez & Galeano, 2020).

Sin embargo, la distribución de esta riqueza no es homogénea, el análisis de diversidad revela que la mayor concentración de especies, entre 441 y 805 especies por celda de muestreo, se localiza en municipios como Arcabuco, Villa de Leyva, Macanal y Santa María, los cuales representan apenas el 0,63% del área total departamental pero albergan los puntos calientes de biodiversidad más significativos, según Giraldo & Galeano, (2020); en contraste, gran parte del territorio boyacense, incluyendo zonas de alta montaña como las presentes en Sotaquirá, presenta una baja representatividad en bases de datos, lo que indica la necesidad urgente de esfuerzos de muestreo intensivo para reducir la incertidumbre sobre la presencia real de especies en estos ecosistemas. Un componente central de la biodiversidad boyacense lo constituyen los ecosistemas de páramo, los cuales cubren aproximadamente 688.000 hectáreas, representando el 20% de los páramos de Colombia y el 10% de los existentes en el mundo, así relata (Giraldo & Galeano, 2020), y la actualización cartográfica a escala 1:100.000 realizada por el Instituto Humboldt identifica en Boyacá complejos paramunos críticos como Guantiva-La Rusia, Iguaque-Merchán, Pisba, Tota-Bijagual-Mamapacha y la Sierra Nevada del Cocuy (Sarmiento et al., 2013); estos ecosistemas no solo son reservorios de biodiversidad, sino que funcionan como reguladores hídricos esenciales, véase como la cartografía estratégica destaca que la vegetación típica de páramo y los bosques altoandinos asociados están disminuyendo a un ritmo superior al de la

deforestación amazónica, principalmente debido a la expansión de la frontera agropecuaria y la minería (Sarmiento et al., 2013), en este contexto, Sotaquirá se encuentra inmerso en la zona de influencia de los complejos de Guantiva-La Rusia e Iguaque-Merchán, ecosistemas que actúan como estrellas fluviales abastecedoras de cuencas hidrográficas mayores como la del río Chicamocha. La comprensión de la biodiversidad en Sotaquirá requiere necesariamente un acercamiento a sus unidades biofísicas más representativas, si bien los inventarios departamentales ofrecen un panorama general de la riqueza biológica boyacense, la escala municipal exige un análisis detallado de sus ecosistemas estratégicos.

3. Tecnologías geoespaciales

Como se puede inferir, este concepto engloba toda la parte relevante en términos de cuidados y mitigación de impactos al recoger todas las implicaciones climáticas de este contexto, aún más teniendo en cuenta los ecosistemas frágiles que se encuentran en Sotaquirá. A partir de ello, un procedimiento para medir y visualizar todos estos datos ecosistémicos se encuentran las tecnologías geoespaciales, que están definidas en Sistemas de Información Geográfica, las cuales se utilizan como una herramienta de correlación de datos y localización geográfica, visualizando en un mapa la planificación, gestión y distribución territorial, en la tabla 2 se enseña visualmente las diferentes aplicaciones de estos tipos de monitoreo.

Tabla 4.

Opciones de tecnologías en monitoreo

Tecnología	Aplicación Técnica Monitoreo
Sensores Automáticos	Monitoreo de variables climáticas temperatura y precipitación
Drones UAV	Generación de mapas para el seguimiento detallado de la restauración
GPS Submétrico	Georreferenciación de puntos de muestreo y

	parcelas de control
SIG(QGIS/ArcGIS)	Análisis de susceptibilidad y creación de cartografía.

De Elaboración propia

Se abordan los siguientes conceptos que son de relevancia para la comprensión del proyecto:

- Teledetección: También es conocida como percepción o detección remota se trata sobre la obtención de información a una larga distancia para detallar una zona específica, este ayuda a medir la atmósfera, biosfera, hidrosfera y litosfera, como explica Pettorelli et al., (2005)
- Georreferenciación: Es el proceso de vinculación de datos espaciales con ubicación, coordenadas geográficas, mapas en el cual puede capturar fotos por satélites (Pettorelli et al .,2005)

Si bien dichas herramientas son de utilidad al obtener información geográfica relevante para una revisión científica, las personas comunes de los territorios pueden no entender ni comprender la funcionalidad de estos datos, ni cómo usarlos para un beneficio propio que aún no conocen. Por ello, se propone un enfoque de modelos participativos, un concepto que hace una relación donde se permite relacionar las funciones ambientales, desarrollo rural y conservación de la biodiversidad, donde su principal objetivo es enfocar un concepto participativo en la productividad de la sostenibilidad, así lo describe Aguilar-Garavito., (2024)

La aplicabilidad práctica se materializa mediante la implementación de un sistema digital geoespacial que opera como instrumento integrador de datos ecológicos, espaciales y sociales, donde, la biodiversidad se entiende como la interacción de diferentes actores biológicos que pueden verse representados en la construcción de capas georreferenciadas que miden cobertura vegetal, usos del suelo y localización de especies, representando la estructura del paisaje y el análisis entre la conservación y presión antrópica mediante la consulta de dichas variables

ambientales. En consecuencia, el prototipo permite dar el paso del diagnóstico cualitativo al monitoreo por teledetección cuantitativo y dinámico, configurando así, un modelo digital operativo útil para el seguimiento imperativo que requiere la comunidad para ejecutar estrategias de conservación alineado con lo presentado.

4. Gestión Territorial

Con dichas aclaraciones conceptuales, también se hace revisión a nivel de implementación de todas las características anteriormente mencionadas, porque si bien es importante comprender el riesgo, es importante resaltar que a nivel de acción, Colombia tiene su propio PNACC Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, donde la mitigación está centrada en la reducción de gases GEI que provocan el aumento del calentamiento de la tierra, afectando a la biodiversidad, en él se encuentra el inventario de emisiones, sistema de monitoreo, programas y proyectos para mitigar el cambio climático, la adaptación, como mecanismo de mitigación, busca reducir la vulnerabilidad provocada por los problemas que han afectado al ambiente, desde esta manera se busca reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de respuesta de cada país frente a amenazas climáticas, como se redacta en *Plan Nacional de Adaptación Al Cambio Climático (PNACC)*, (2022); a nivel macro, el Plan de acción de Biodiversidad de Colombia 2030 es el principal instrumento de política pública en Colombia el cual se enfoca en detener y revertir la pérdida de diversidad biológica para una meta de 2030, donde está suscrito al plan para alinearse al Marco Global de Biodiversidad Kunming Montreal, adoptado en el 2022 por Colombia, argumentado por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia,(2025).

Es preciso mencionar que, según el Plan de Desarrollo Municipal (2016), se reconoce que "la cobertura vegetal ha disminuido en los últimos 10 años", pero no se especifica magnitud ni tasa.

Dicho esto, el estado de la cobertura vegetal en Sotaquirá es inferido a partir de diagnósticos cualitativos, pero falta una caracterización cuantitativa y espacial actualizada.

Sustentación del problema

El municipio de Sotaquirá, ubicado en el departamento de Boyacá, se sitúa en una zona estratégica de ecosistemas de alta montaña de la Cordillera Oriental de los Andes y su territorio se conecta ecológicamente con los páramos de Guantiva–La Rusia e Iguaque–Merchán, considerados ecosistemas fundamentales para la biodiversidad y la regulación hídrica regional (Corpoboyacá, s. f.).

Estos ecosistemas sostienen servicios ecosistémicos asociados a la biodiversidad, con presencia de especies endémicas, y cumplen un papel clave en la regulación hídrica que abastece a la región. No obstante, enfrentan presiones por cambios de uso del suelo: cerca del 60% del territorio municipal corresponde a ecosistemas estratégicos y su integridad se ve afectada, entre otros factores, por el pastoreo intensivo, como justifica (Castillo Tapia et al., 2022).

En este contexto, la degradación del suelo asociada a ganadería, minería, expansión agrícola y tala ilegal de bosque nativo se expresa principalmente en los siguientes puntos críticos:

1. **Erosión severa:** Presente en laderas con remoción de cobertura vegetal, lo que incrementa la inestabilidad del terreno y el riesgo de deslizamientos (Elsevier, s. f.).
2. **Toxicidad edáfica:** Evidenciada por contaminación del suelo asociada a compuestos y metales que afectan el establecimiento y crecimiento de la vegetación nativa (Elsevier, s. f.).

Dado que alrededor del 75% de la población de Sotaquirá habita en zona rural y depende principalmente de la ganadería lechera y la agricultura, la pérdida de fertilidad del suelo no solo afecta el ambiente, sino que también compromete la producción local y la seguridad alimentaria. A pesar de la magnitud del problema, la evidencia disponible señala una brecha de monitoreo técnico y continuo del territorio; sin un sistema de observación local, las estrategias de conservación carecen de seguimiento y capacidad de ajuste (Largo León & Gómez Pachón, s. f.).

Estado del arte

Tabla 5.

Estado del arte del proyecto

Autor(es) / Año	Título del estudio	Objetivo principal	Metodología empleada	Variables analizadas	Principales hallazgos	Limitaciones reportadas	Relación con el proyecto actual
Corpoboyacá (2019)	Informe SIMAP: Sotaquirá	Caracterizar los ecosistemas estratégicos del municipio de Sotaquirá mediante el Sistema de Monitoreo de Áreas Protegidas (SIMAP), identificando zonas prioritarias para la conservación y estableciendo líneas base ambientales.	Estudio descriptivo de corte transversal con enfoque técnico-institucional. Se aplicaron técnicas de teledetección mediante imágenes satelitales, cartografía digital y visitas de campo para la verificación in situ de los ecosistemas identificados.	Extensión y distribución de páramos, bosques altoandinos y humedales. Presencia de lagunas de origen glaciar (Rica, Mortecinera y Negra). Nacimientos de agua y su contribución a acueductos veredales. Cobertura vegetal actual y su estado de conservación.	Se confirmó la presencia de ecosistemas estratégicos en el 60% del territorio municipal, destacando las lagunas Rica, Mortecinera y Negra como zonas de recarga hídrica prioritarias. Asimismo, se identificaron áreas críticas de pérdida de cobertura vegetal asociadas a la expansión de la frontera agrícola y la ganadería extensiva.	El informe presenta datos estáticos sin monitoreo temporal continuo, lo cual limita la capacidad de detectar cambios dinámicos en los ecosistemas. Además, no incluye la participación de las comunidades locales en la recolección de información.	Este estudio constituye la línea base oficial sobre la cual se construye la presente investigación. Aporta información biofísica fundamental sobre los ecosistemas de Sotaquirá, pero contrasta en cuanto a la metodología: mientras el SIMAP depende exclusivamente de técnicas centralizadas, el presente estudio propone integrar herramientas de bajo costo con participación comunitaria para lograr un monitoreo continuo y sostenible.

Alcaldía Municipal Sotaquirá (2016)	de	Acuerdo No. 013: Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019	Establecer las directrices de desarrollo económico, social y ambiental del municipio para el cuatrienio 2016-2019, priorizando la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad de las actividades productivas.	Documento normativo de planificación territorial con enfoque integral. Se basó en diagnósticos participativos, mesas técnicas con actores locales y análisis de información institucional disponible.	Porcentaje de población rural (75%) y su dependencia de actividades agropecuarias. Extensión de ecosistemas estratégicos y su estado de conservación. Infraestructura hídrica y su capacidad para abastecer sistemas productivos. Conflicto entre uso agropecuario y conservación ambiental.	Se reconoció formalmente que el 75% de la población reside en zonas rurales y depende de la ganadería extensiva, mientras que el 60% del territorio corresponde a ecosistemas estratégicos como páramos y frailejones. Este conflicto de usos fue identificado como el principal desafío para la sostenibilidad ambiental del municipio.	Al ser un documento de planificación, no incluye mecanismos de monitoreo ni indicadores de seguimiento específicos para evaluar el avance de las metas ambientales establecidas.	Este acuerdo proporciona el marco normativo y el contexto socioeconómico que justifica la necesidad de implementar herramientas de monitoreo participativo. Complementa la presente investigación al evidenciar la brecha entre las metas de conservación establecidas y la ausencia de sistemas efectivos para su seguimiento.
Alcaldía Municipal Sotaquirá Corpoboyacá (s/f)	de &	Esquema de Ordenamiento Territorial de Sotaquirá, Boyacá	Definir las categorías de uso del suelo en el municipio, estableciendo áreas protegidas, zonas de producción y corredores ecológicos para	Estudio técnico-normativo con enfoque en ordenamiento territorial. Se utilizaron técnicas de	Altitud 2.930 msnm y topografía del municipio. Extensión territorial total (288,65 km²). Distribución de veredas y	Se establecieron las categorías de uso del suelo que rigen actualmente en el municipio, identificando las zonas de	El esquema no incluye mecanismos de actualización periódica ni herramientas para monitorear los cambios en el uso del suelo a lo largo del tiempo.	Este documento proporciona la base cartográfica y legal sobre la cual se puede construir un sistema de georreferenciación participativo.

		garantizar la sostenibilidad del territorio.	cartografía digital, análisis de pendientes, uso actual del suelo y vocación productiva del territorio.	asentamientos humanos. Delimitación de ecosistemas altoandinos y zonas de protección especial.	frailejones y páramos como áreas de protección especial. No obstante, se evidenció la presión constante de actividades agropecuarias sobre estos ecosistemas.		Aporta al presente estudio al definir las zonas prioritarias para el monitoreo, pero contrasta en cuanto a la estática del ordenamiento frente a la necesidad de un sistema dinámico y actualizable.
Pérez, L. S. (s/f)	Evaluación del riesgo de inundación en el municipio de Sotaquirá	Evaluar las zonas de riesgo de inundación en el municipio mediante el análisis de la dinámica hídrica y las características biofísicas del territorio.	Estudio técnico con enfoque en gestión del riesgo. Se aplicaron técnicas de modelación hidrológica, análisis de cuencas y cartografía de riesgos mediante Sistemas de Información Geográfica	Patrones de precipitación y escorrentía superficial. Capacidad de infiltración de los suelos. Zonas vulnerables a eventos de inundación. Relación entre pérdida de cobertura vegetal y riesgo hídrico.	Se identificaron zonas críticas de riesgo asociadas a la pérdida de cobertura vegetal y la modificación de los cauces naturales. Asimismo, se evidenció que la degradación de los ecosistemas altoandinos incrementa la vulnerabilidad del territorio frente a eventos extremos.	El estudio se centra exclusivamente en el riesgo de inundación sin abordar otros procesos de degradación ambiental como la erosión o la pérdida de biodiversidad.	Este estudio complementa la presente investigación al evidenciar la relación directa entre la degradación de ecosistemas y los riesgos ambientales. Aporta al justificar la necesidad de monitorear continuamente los cambios en la cobertura vegetal y los humedales como indicadores tempranos de vulnerabilidad.

(Daniela Rojas Isaza & Natalia Giraldo Trujillo,2023)	Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de cambios de cobertura vegetal en áreas de importancia para la conservación ambiental en Colombia	Evaluar una revisión sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de transformación de la cobertura vegetal dentro de las áreas protegidas y zonas de importancia biológica en el contexto colombiano.	Estudio centrado en la teledetección donde se destacó el uso de imágenes Landsat para análisis de escala regional y de implementación de técnicas de clasificación supervisada. En el algoritmo Random Forests.	Cambios de la cobertura vegetal, impactos ambientales de dichas transformaciones y la eficacia técnica de diferentes sensores y algoritmos de procesamiento de imágenes.	Se concluye que el SIG es una herramienta superior a los modelos tradicionales para el monitoreo de áreas protegidas ya que resulta menos costoso, más objetivo y facilita la evaluación de zonas remotas.	El estudio identifica que la investigación específica áreas protegidas en Colombia, donde se reporta limitaciones técnicas vinculadas a la resolución espacial y temporal de las imágenes satelitales.	Este documento proporciona el sustento teórico y técnico para la investigación que se está relacionando en Sotaquirá, donde la validación del uso SIG es una herramienta viable para monitorear áreas de difícil acceso como los páramos de Guantiva-La Rusia y respaldar la propuesta del uso de la teledetección para identificar puntos de erosión y pérdida de la biodiversidad.
(M.I. Arce-Plata, N. Norden, J. Burbano-Girón, G. Larocque, M.C. Díaz, S. Rodríguez-Buritica, G. Corzo y T. Poisot,2026)	Species' habitat change over twenty years in Colombia's tropical dry forests (Cambios en el hábitat de las especies	Evaluar el estado y las tenencias de cambio en la disponibilidad y conectividad del hábitat para múltiples especies dentro de los bosques secos tropicales de	Se utilizó el Índice de Hábitat de especies (SHR) para integrar métricas de paisaje con preferencias de hábitat de	Extensión y pérdida de cobertura vegetal forestal, conectividad del hábitat (fragmentación y flujo de corriente). Grupos taxonómico	Los BTS de Colombia han perdido casi un tercio de su cobertura desde 1990, principalmente por la conversión a pastizales. Entre 2000 y	Se excluyeron anfibios y reptiles por falta de datos precisos sobre métricas de dispersión. Existen posibles inconsistencias metodológicas en la	Este estudio nos hace validar el uso de (SIG) Sistemas de Información Geográfica y modelos de conectividad como Omniscope para monitorear ecosistemas fragmentado

	durante veinte años en los bosques secos tropicales de Colombia)	Colombia entre los 2000 y 2020, utilizando el índice de Hábitat de Especies (SHS)	nivel de especie.	s, estado de conservación según el UICN y preferencias del hábitat (natural vs. artificial).	2020 el hábitat y la conectividad disminuirían aproximadamente entre un 20% según la métrica GISFrang	clasificación de cobertura de los datos oficiales entre diferentes años. Dificultades técnicas para distinguir bosques de cultivos en ecosistemas con alta estabilidad.	s en Colombia. Proporcionar un marco teórico para pasar de un monitoreo de cobertura estático a uno de idoneidad de hábitat dinámico, respaldando la necesidad de integrar datos satelitales con la realidad biológica de las especies, además resalta que las soluciones basadas en la naturaleza y a gestión local son fundamentales para la recuperar la conectividad en paisajes transformados, lo cual se alinea con la propuesta de un visor geoespacial participativo para Sotaquirá.
--	---	---	-------------------	--	---	--	--

(Martha Moreno, 2018)	Sensores Remotos y Cambio Climático : Prospectivas de Aplicación para el Monitoreo de Ecosistemas Altoandinos	Describir los usos actuales de los sensores remotos en Colombia y explorar aplicaciones potenciales para crear estrategias de conservación o recuperación de los ecosistemas altoandinos frente al reto del cambio climático.	Se realiza una revisión técnica de los proyectos de sensores remotamente ejecutados en el país (como los mapas de ecosistemas de IGAC y el IDEAM) y un análisis prospectivo sobre nuevas tecnologías aplicables a escala global.	Coberturas de la tierra; cambios y dinámicas de uso del suelo. Dinámicas hídricas; delimitación de humedales y páramos incluyendo la expansión y contracción de cuerpos de agua.	Los sensores pasivos dependen de condiciones ideales de iluminación y sufren por la alta presentación de nubes y niebla. La heterogeneidad de los paisajes colombianos dificulta el uso de métodos automatizados de clasificación de coberturas.	Los sensores pasivos dependen de condiciones ideales de iluminación y sufren por la alta presencia de nubes y niebla. La heterogeneidad de los paisajes colombianos dificulta el uso de métodos automatizados de clasificación de coberturas.	Este documento sustenta la tecnología y genera una propuesta de valor del proyecto del visor georreferenciado, donde valida el uso de la teledetección para monitorear ecosistemas de difícil acceso (páramos y lagunas de origen glaciar) y justifican la transición de mapas estáticos a modelos dinámicos de información espacial para la toma de decisiones oportunas. Además, respalda el uso de sensores de acceso libre (NASA/ESA) para fortalecer la resiliencia hídrica del municipio.
-----------------------	---	---	--	---	---	--	---

De Elaboración propia

Los hallazgos condensados en la Tabla 5 permiten identificar una tensión estructural en la literatura revisada: mientras los estudios normativos y diagnósticos predominantes adoptan enfoques

mayoritariamente estáticos, los desarrollos técnicos de mayor sofisticación no siempre logran articularse con las realidades y capacidades de los municipios; en el ámbito local, documentos institucionales como Corpoboyacá (2019) constituyen referentes útiles para reconocer ecosistemas con valor estratégico, orientar la delimitación de usos del suelo y visibilizar las tensiones entre conservación y actividades productivas, particularmente la ganadería. Sin embargo, estas fuentes presentan limitaciones notables y su información carece de dinamismo, los análisis multitemporales son escasos o inexistentes, y no se formulan indicadores operativos que posibiliten el seguimiento de cambios recientes en coberturas vegetales o en el estado general de los ecosistemas, estas carencias restringen considerablemente su aprovechamiento en procesos de monitoreo continuo y con capacidad de adaptación. Por otro lado, revisiones técnicas como la de Rojas Isaza y Giraldo Trujillo (2023), junto con estudios aplicados como el de Pérez (s. f.), ilustran el potencial de la teledetección y los modelos espaciales para establecer vínculos entre la fragmentación de ecosistemas y los niveles de riesgo ambiental. A escalas nacional y regional, diversas investigaciones han incorporado herramientas de mayor complejidad, incluyendo algoritmos de clasificación supervisada y métricas de conectividad del paisaje, no obstante, trasladar estas metodologías a contextos rurales específicos enfrenta obstáculos concretos, ya que las capacidades técnicas locales suelen ser insuficientes y la participación de los actores territoriales en la producción y validación de información es limitada, lo que perpetúa una brecha entre el conocimiento científico y las prácticas cotidianas de gestión ambiental.

Metodología

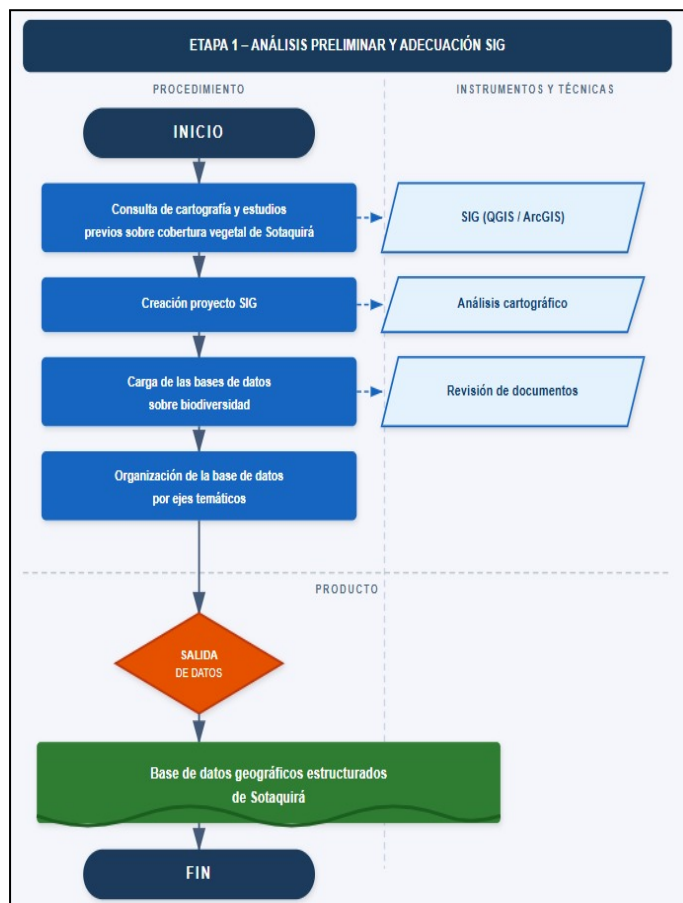
A partir de la información recolectada, se presenta la metodología organizada en fases según los objetivos generales y específicos, con el fin de garantizar el rigor teórico y técnico en los siguientes formatos:

Fase 1. Caracterización de la cobertura vegetal mediante teledetección.

Objetivo: Caracterizar la cobertura vegetal mediante el procesamiento de imágenes satelitales y del cálculo del NDVI para la identificación de zonas de erosión y pérdida de fertilidad que afectan a los ecosistemas estratégicos.

Figura 1.

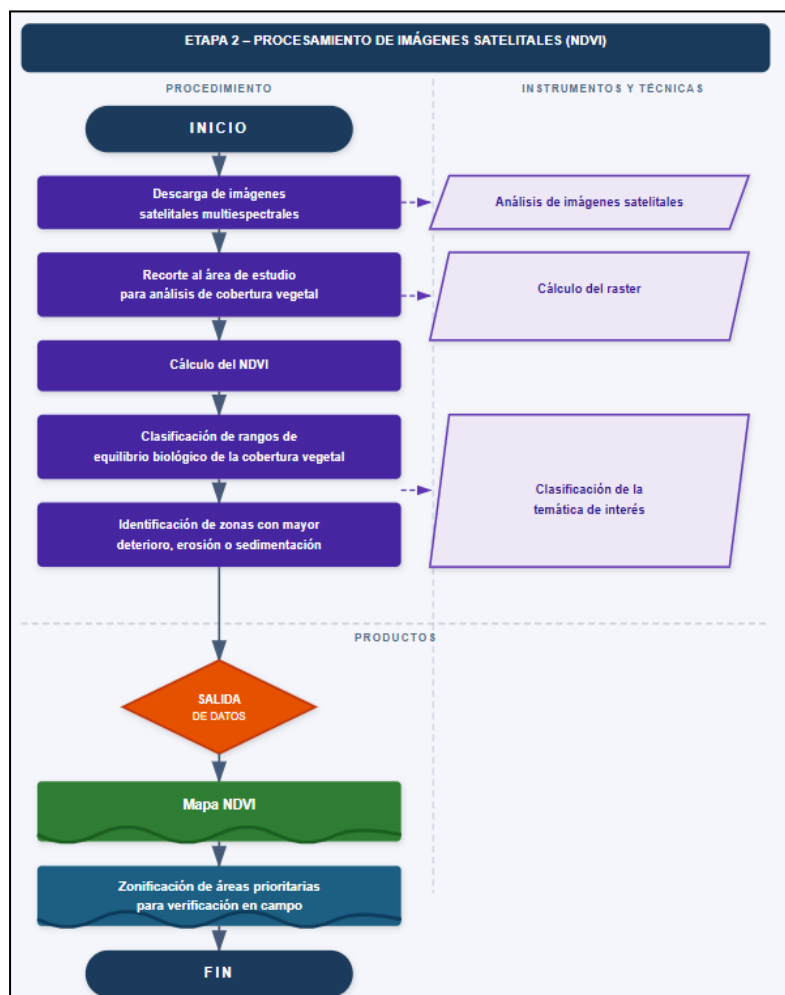
Etapa 1 preliminar de información SIG



De Elaboración propia

Figura 2.

Etapa 2. Procesamiento imágenes satelitales (NDVI)



De Elaboración propia

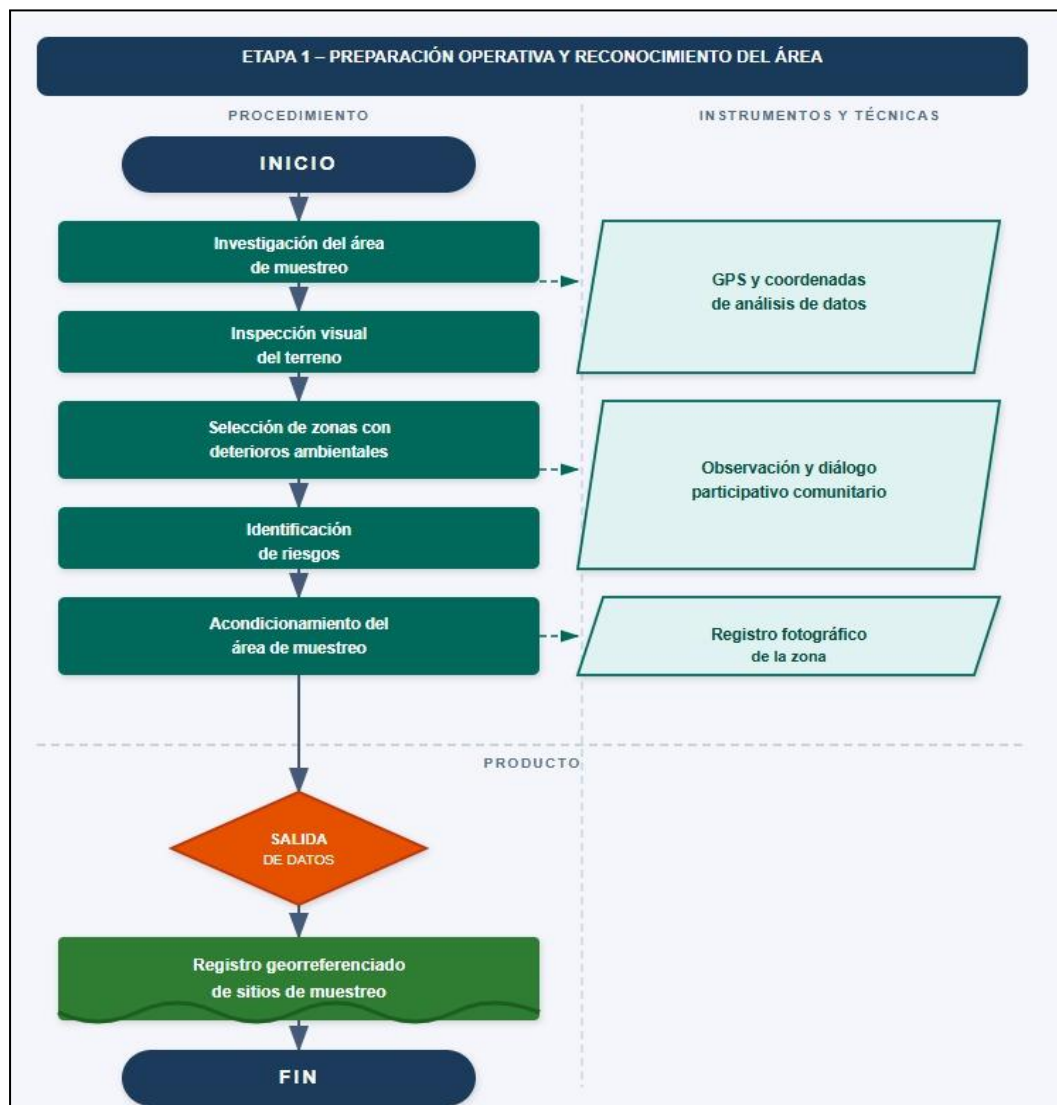
Para la caracterización de la cobertura vegetal, se emplearán insumos satelitales multiespectrales de las misiones Sentinel-2 y Landsat y se priorizará bandas con resolución espacial de 10 m para análisis de detalle y de 30 m para series históricas. El procesamiento y el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se realizan en una plataforma de análisis geoespacial llamada QGIS con el fin de identificar áreas de degradación y pérdida de vigor fotosintético en ecosistemas estratégicos.

Fase 2. Caracterización de biodiversidad mediante muestreo de campo con georreferenciación

Objetivo: Georreferenciar “Hotspots” de biodiversidad y corredores biológicos utilizando tecnologías de GPS, integrando registros de campo y datos de monitoreo comunitario participativo para la caracterización local de las especies.

Figura 3.

Reconocimiento del área de estudio

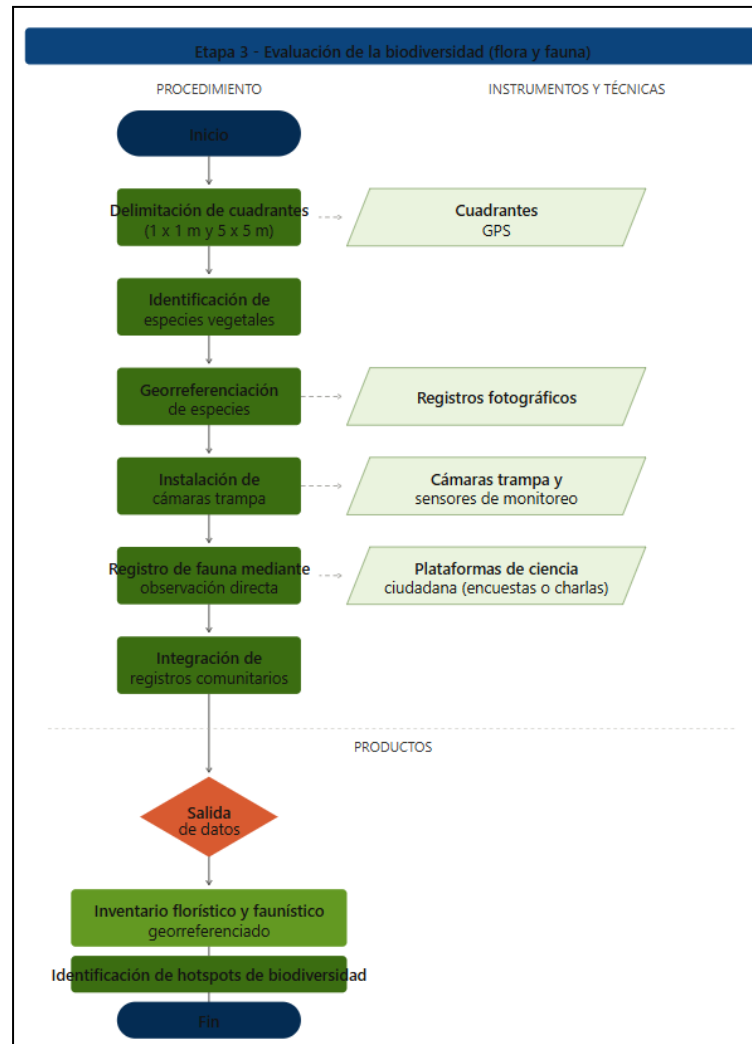


De Elaboración propia

Etapas 2. Evaluación de la biodiversidad

Figura 4.

Evaluación de biodiversidad



De Elaboración propia

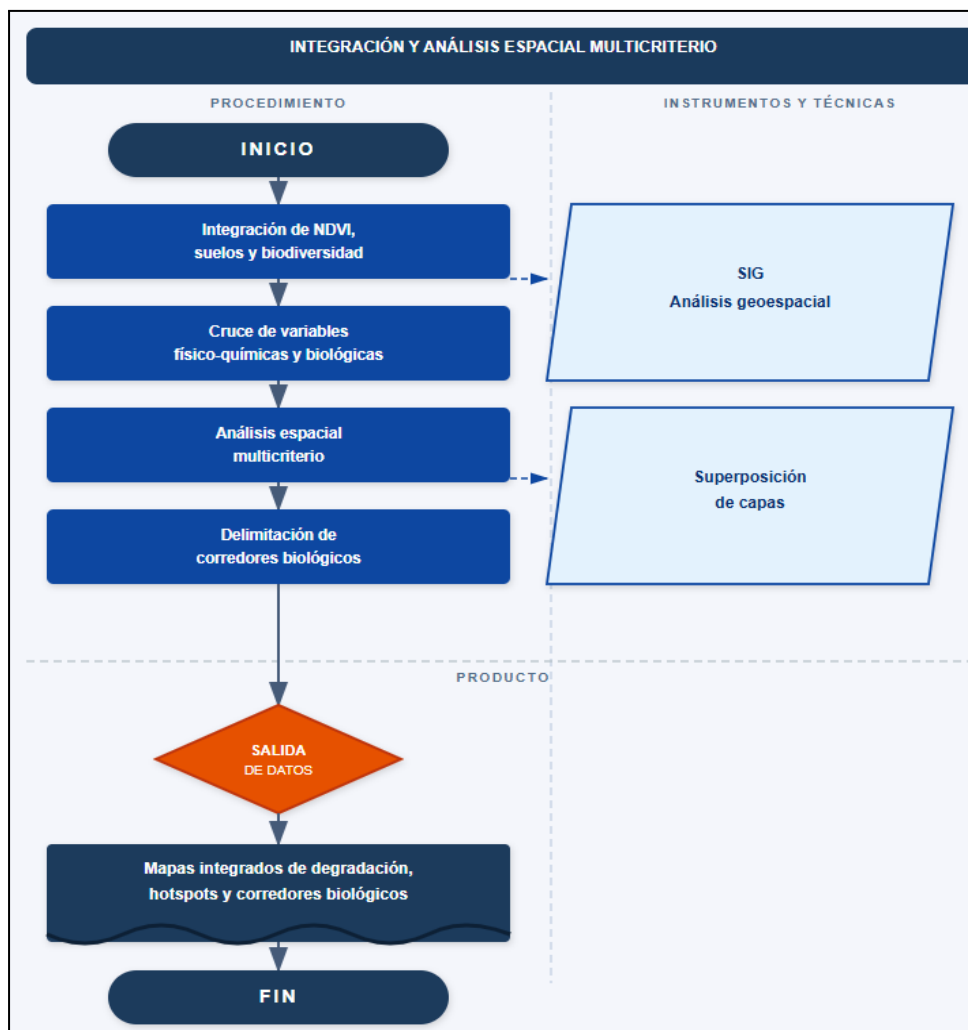
Fase 3. Construcción del prototipo geoespacial interactivo

Objetivo: Construir el prototipo geoespacial interactivo basado en SIG, que funcione como una herramienta digital de consulta para el análisis de la biodiversidad, facilitando la toma de decisiones y el desarrollo de las acciones de restauración ecológica.

Etapa 1. Integración y análisis espacial de la información

Figura 5.

Análisis geoespacial



De Elaboración propia

Para la elaboración del mapa interactivo se ejecutó un proceso ETL (extracción, transformación y carga) sobre fuentes oficiales de Colombia en Mapas y DANE, filtrado por el departamento de Boyacá y descargando capas temáticas en formato shapefile (de suelos y biodiversidad), las cuales fueron integradas en un entorno QGIS. Se aplicaron operaciones de recorte espacial mediante consultas vectoriales (de escala departamental a municipal, Zetaquirá) se realizó un análisis de integridad topológica entre la cartografía departamental y municipal, y se agregaron límites

veredales. Estas entidades se superpusieron mediante un modelo de datos en capas (suelos, páramos, biodiversidad). Utilizando la extensión GBIF de QGIS se ejecutó una georeferenciación de especies endémicas (Boyaca, Colombia) con presencia en Sotaquirá, consumiendo datos desde el geovisor del Instituto Humboldt mediante su API público y dicha georeferenciación se complementó con registros de cámaras trampa (organización AWAQ) enlazados vía servicios WMS.

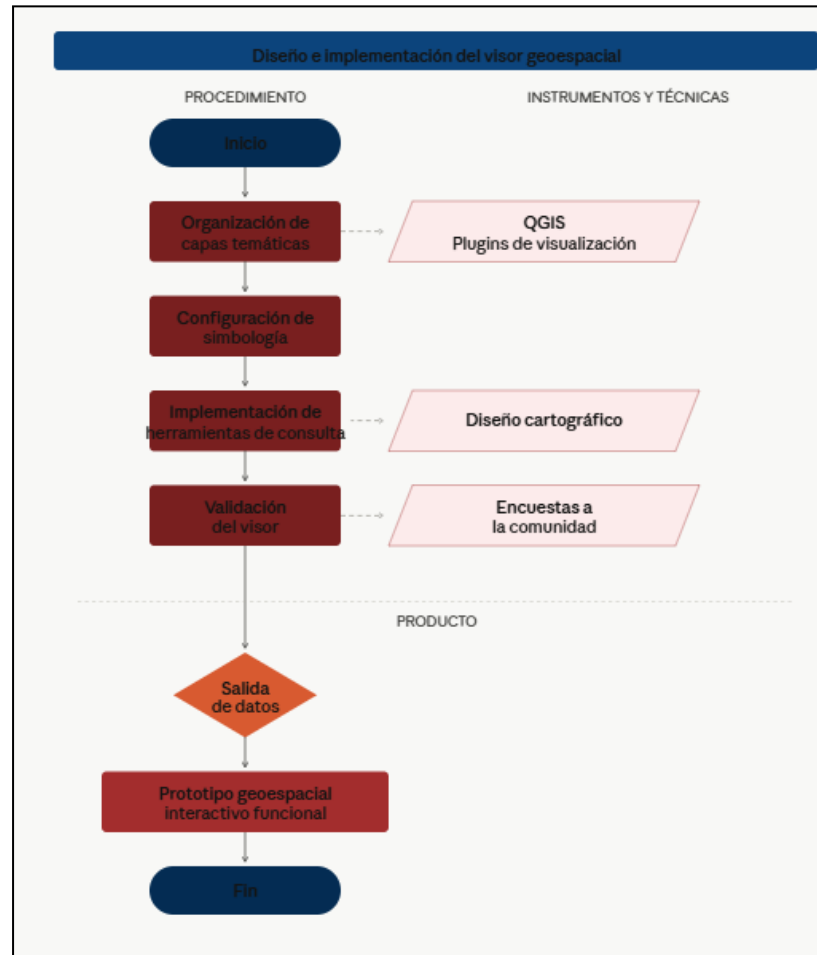
El geovisor se generó a partir de una API construida sobre la interacción, implementando un modelo en mocap (captura de movimiento para la integración de componentes), invocando un visor preexistente y realizando una adición incremental de capas tratando cada capa como una base de datos espaciales. La primera fase de este desarrollo ya está lista. El proyecto se ha trabajado durante un año desde la materia de (gestión del territorio y suelos) realizando previamente la copia de base del geovisor, y su finalización está prevista para generar más fases del geovisor.

Una vez consolidadas todas las capas, se exportaron a formatos shapefile y GeoJSON, y se desplegaron en un sitio web que integra el geovisor, construido sobre Google My Maps y ArcGIS online (usando las respectivas APIs de mapas base), permitiendo editar simbología y leyendas (aves, plantas, páramos, veredas, degradación, montañas). Para aumentar la funcionalidad e interactividad del geovisor se añadieron controles de transparencia por capa (mediante slider JS), ventanas emergentes con atributos en formato HTML, un buscador de especies (filtro espacial basado en atributos) y capas bases intercambiables (satélite/topográfica) a través de un selector de proveedores de teselas.

Etapas 2. Desarrollo del visor SIG interactivo

Figura 6.

Implementación del visor geoespacial



De Elaboración propia

Para la validación del proyecto, una vez obtenido el mapa interactivo, se realizó una investigación cuantitativa a partir de encuestas con el objetivo de conocer el interés y el entendimiento del mapa, para la comprensión de las necesidades de los usuarios sobre este producto y determinar su opinión sobre su contenido, a partir de ello se presentan las preguntas de las encuestas, en las cuales se encuentran variedad de preguntas cerradas, abiertas y de escala de 0 a 5:

Encuesta sobre entendimiento y comprensión del mapa geoespacial sobre Biodiversidad en Sotaquirá

Bienvenido/a a este estudio.

El objetivo de esta encuesta es saber qué tanto entendiste el mapa sobre los animales y las plantas, tus respuestas nos ayudarán a mejorar el mapa y a que sea más fácil y útil para la comunidad. La información que proporciones será tratada de forma confidencial, anónima y exclusivamente con fines académicos y de investigación y no se recopilarán datos personales identificables (como nombre, número de documento o dirección exacta), y los resultados se analizarán en conjunto, sin vincular respuestas individuales a ninguna persona; este estudio no fines comerciales ni compartirá tus respuestas con terceros.

¡Agradecemos sinceramente tu tiempo y tu opinión!

1. ¿Cuál es tu edad?

- Menor de 18 años
- 18 a 25 años
- 26 a 35 años
- 36 a 50 años
- Más de 50 años

2. ¿Se entendió para qué sirve el mapa?

- Si
- No
- Más o menos

3. ¿Fue fácil usar el mapa?

- Muy fácil
- Fácil
- Difícil
- Muy difícil

4. ¿Te pareció fácil entender cómo usar los botones para mirar las capas?

- Si
- No
- Más o menos

5. En una escala de 0 a 5, donde 1 es “Totalmente en desacuerdo” y 5 es “Totalmente de acuerdo”, califique si pudo reconocer las plantas y animales que muestra el mapa:

Encuesta sobre entendimiento y comprensión del mapa geoespacial sobre Biodiversidad en Sotaquirá

6. ¿Tuvo algún problema en usar el mapa?

- No
- Si →¿Cuál?: _____

7. ¿El mapa le ayudó a aprender algo sobre la biodiversidad de la zona?

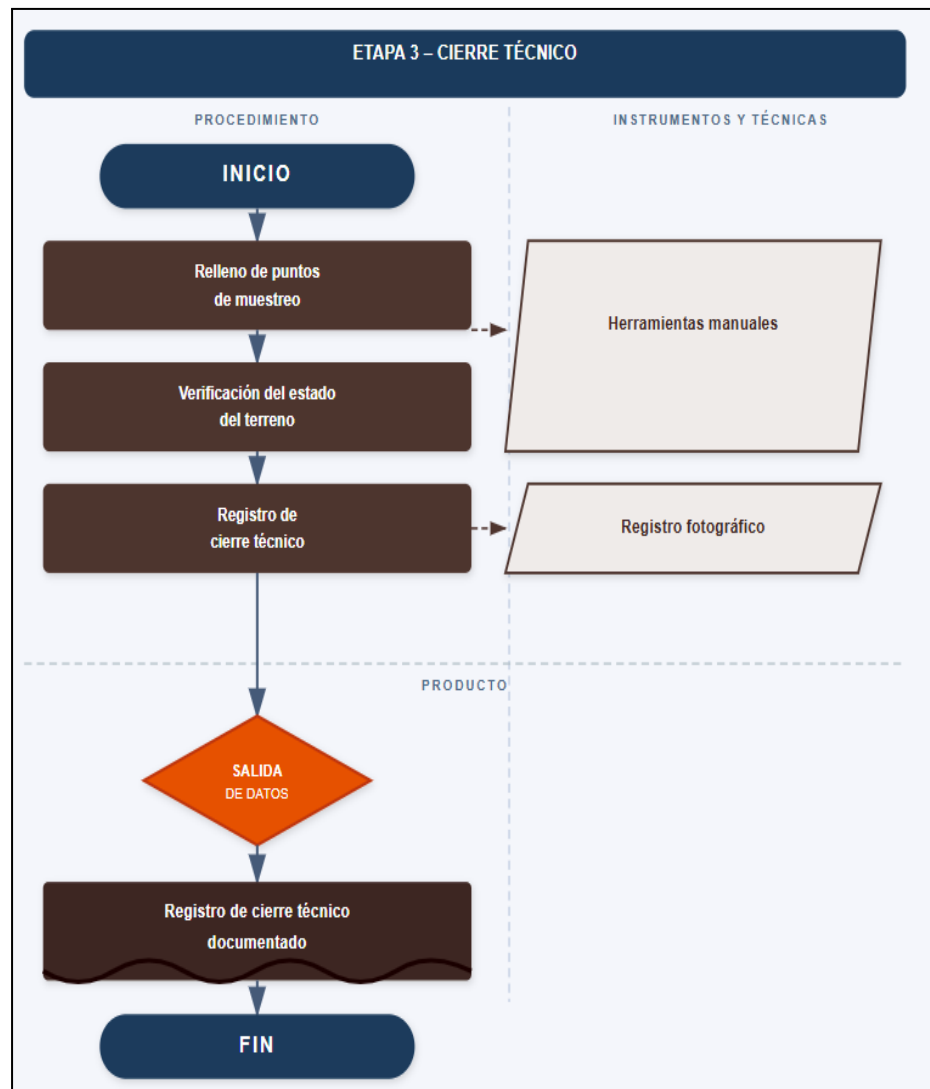
- Si
- No
- Más o menos

8. ¿Qué le mejorarías al mapa?, justifica tu respuesta

Etapas 3. Cierre técnico procedimiento paso a paso

Figura 7.

Cierre técnico del proyecto



De Elaboración propia

La fase analítica comprenderá la integración y análisis espacial multicriterio mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, este procedimiento permitirá realizar la correlación espacial entre variables fisicoquímicas del suelo, los niveles de erosión detectados y los indicadores de biodiversidad recolectados en campo; los datos serán sometidos a un análisis estadístico descriptivo para caracterizar la riqueza específica y la fragmentación del hábitat, facilitando la identificación de “hotspots” de biodiversidad y el diseño de corredores biológicos efectivos para la restauración ecológica.

Resultados

La realización de la validación del mapa a través de las encuestas aplicadas a 50 personas del pueblo, organizados en gráficos de torta para las preguntas cerradas y Wordcloud para la pregunta abierta, para acceder a los datos brutos de la encuesta remitirse al Anexo 1:

Gráfica 1.

Estadístico de la pregunta 1

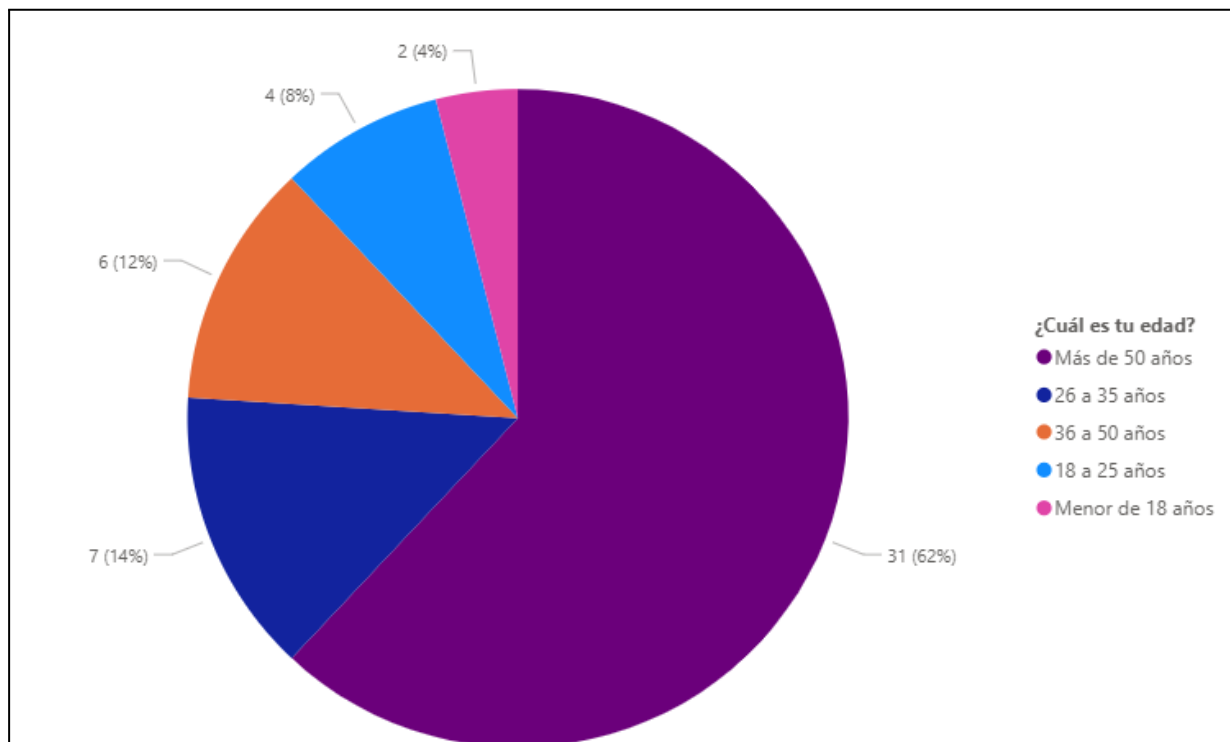


Gráfico 2.

Estadístico de la pregunta 2.

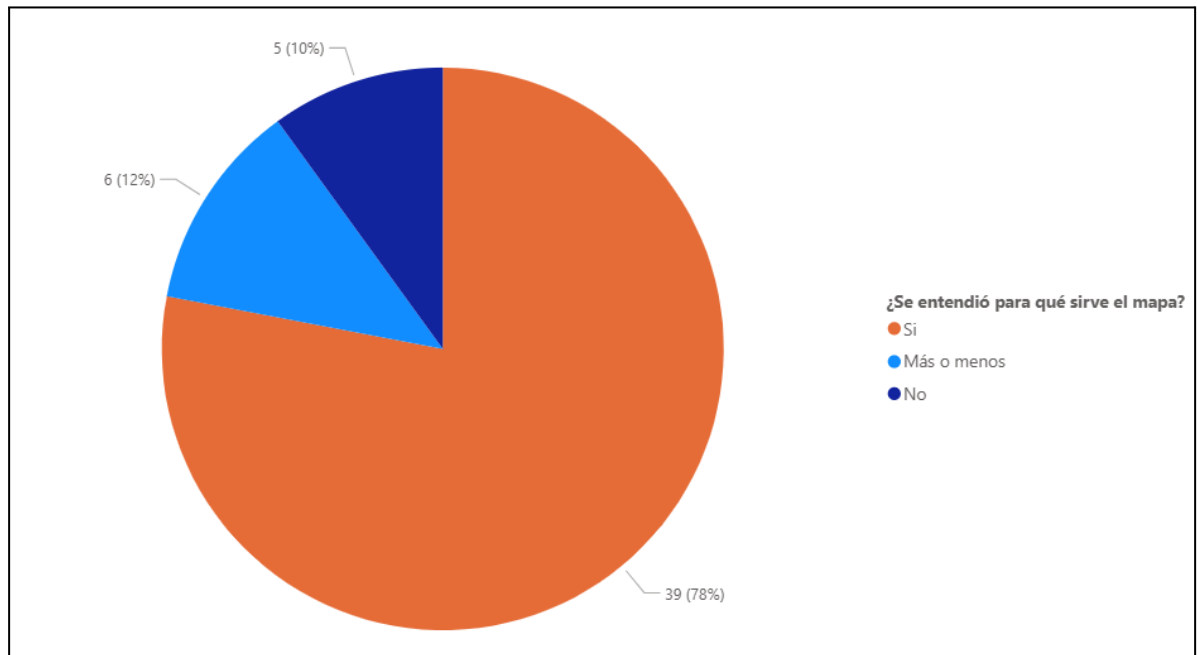


Gráfico 3.

Estadístico de la pregunta 3.

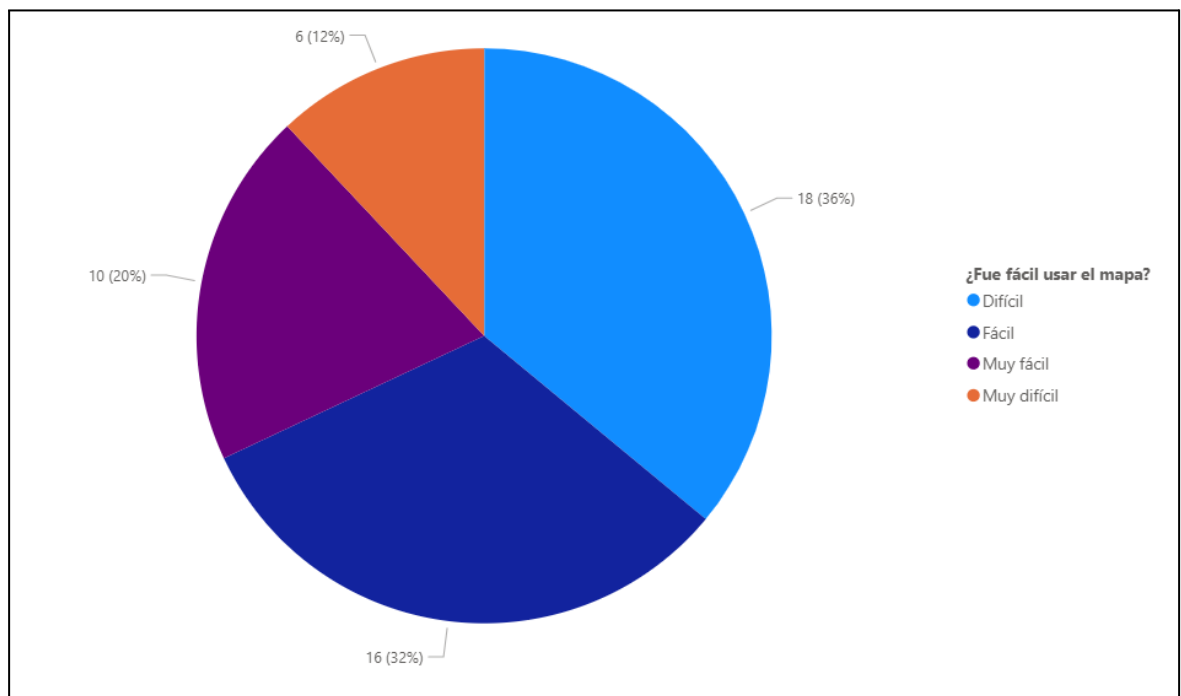


Gráfico 4.

Estadístico de la pregunta 4.

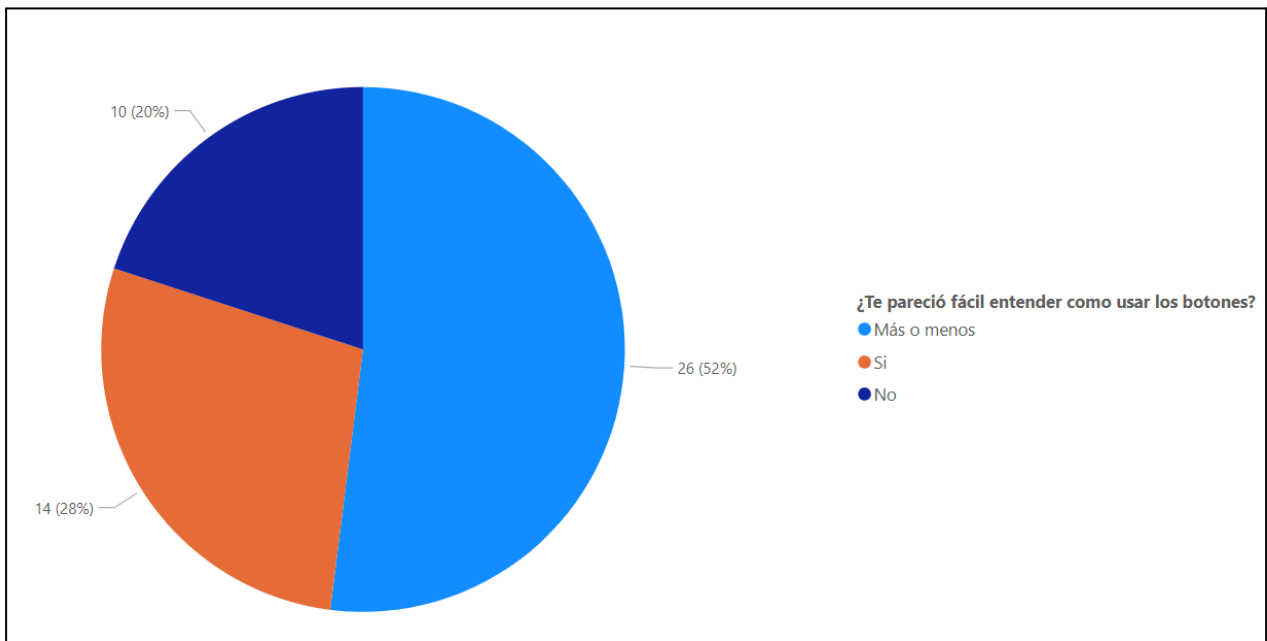


Gráfico 5.

Estadístico de escala de Likert de la pregunta 5

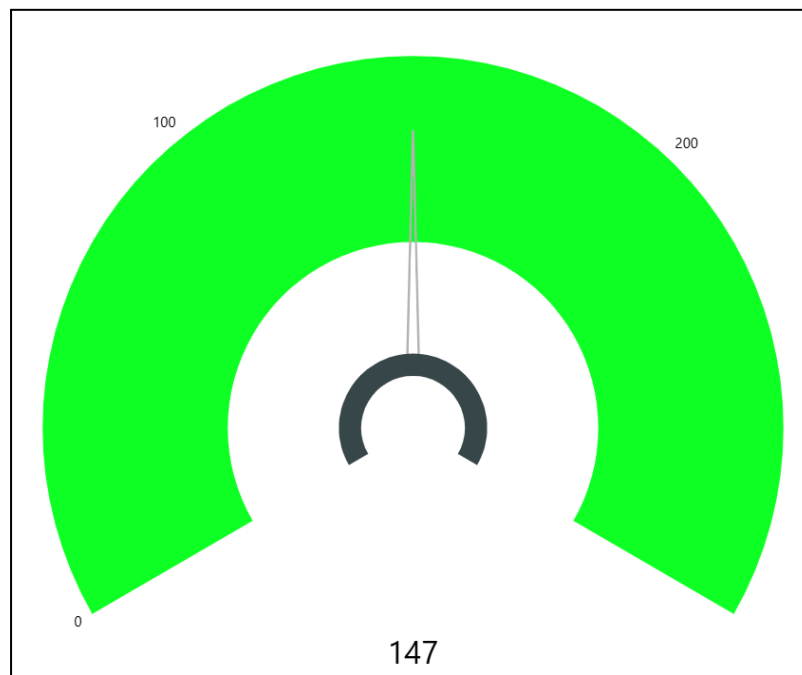


Gráfico 6.

Estadístico de la pregunta 6

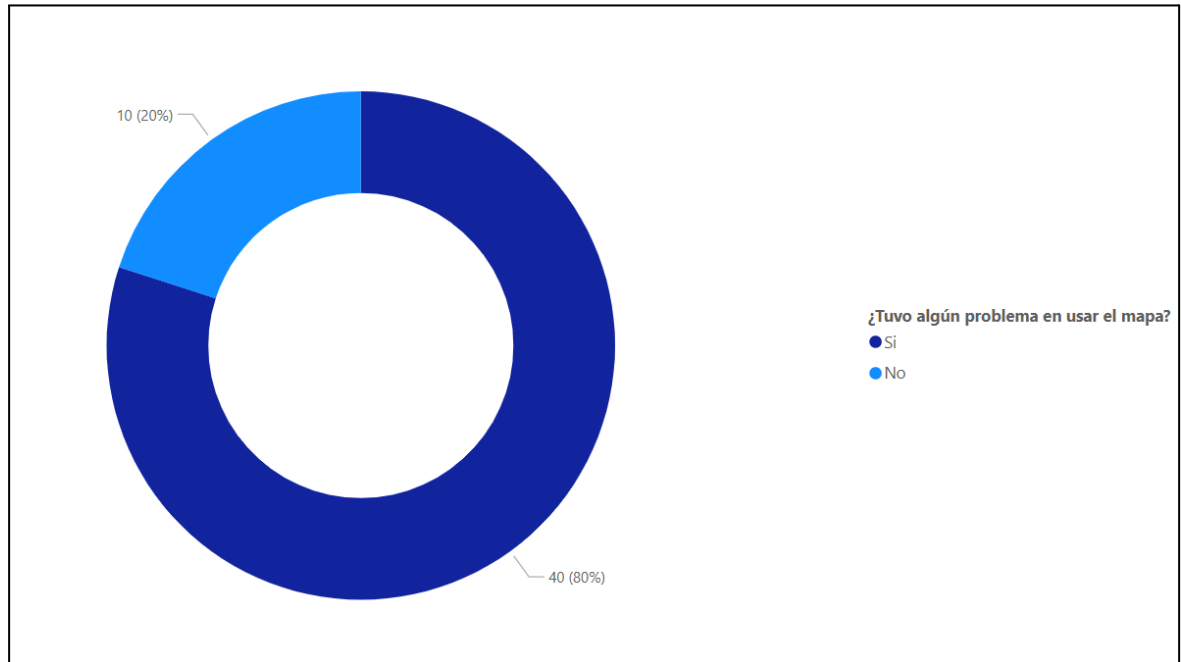


Gráfico 7.

Estadístico de la pregunta 7.

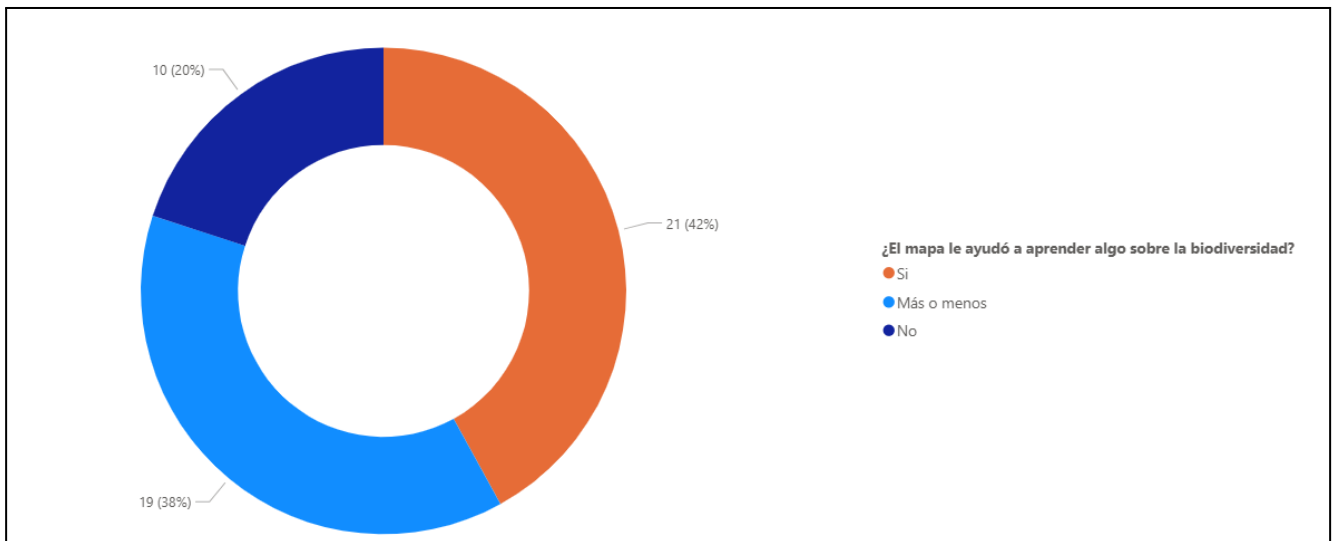


Figura 8.

Estadístico de la pregunta 8.



Análisis de resultados

Los resultados demográficos obtenidos en la gráfica 1 revelan una primera limitación estructural para la implementación del modelo geoespacial propuesto: el 78% de la muestra son personas mayores de 36 años, por lo cual se pueden enfrentar a barreras significativas de alfabetización digital y una posible resistencia cultural a herramientas tecnológicas, estos resultados se alinean en principio con los resultados obtenidos además en los demás gráficos desde el 2 hasta el 7, cuyo análisis demuestra una leve dificultad de la comunidad para manipular las características del mapa; muchos de los comentarios y respuestas que se registraron en las encuestas apuntan a que si bien el mapa es atractivo visualmente y es robusto en todas sus funciones tecnológicas, es poco práctico para una persona común que no está muy en contacto con este tipo de herramientas. Estas limitaciones no invalidan la hipótesis de trabajo, pero sí exigen un replanteamiento metodológico sustancial, el supuesto de que una interfaz SIG interactiva será apropiada directamente por la comunidad resulta ingenuo frente a la realidad sociotécnica de Sotaquirá, en consecuencia, el modelo debe evolucionar a una plataforma aún más simplificada si se quiere lograr el objetivo de ser completamente asequible para todos. Aunque se encontraron obstáculos para uso, existe un interés de mejora por parte de la comunidad, esa retroalimentación según la figura 9, demuestra

que con una apropiación del mapa adecuada, por mencionar que la sugerencias más repetida fue la simplificación del mapa y la adición de nuevos ajustes antes no contemplados, por ejemplo una pestaña exclusiva para que la misma comunidad puede subir información faltante según sus experiencias en territorio y adición de más especies que la comunidad sabe de antemano que transita por la zona. En síntesis, se pueden vencer las brechas de la utilización del mapa mediante esta estrategia de mediación socio técnica, por la cual el modelo podrá cumplir su promesa de reducir la incertidumbre en la identificación de áreas prioritarias para la conservación, sin caer en la exclusión digital de la población que se pretende servir.

El diseño inicial de un mapa interactivo web, basado en interfaces estándar de SIG resulta estructuralmente excluyente para esta población. Las limitaciones sensoriales, sumadas a la baja alfabetización digital, convierten al mapa interactivo en una barrera, no en un puente, esto coincide con lo documentado por Guerrero Llantén et al. (2023) en su estudio sobre brechas digitales en Colombia, donde se evidencia que las personas mayores de edad, aunque vivan en hogares con acceso a Internet, un gran porcentaje no lo utiliza porque no hay un desarrollo de habilidades digitales ni la motivación para adquirir competencias tecnológicas; este fenómeno no es exclusivo de Sotaquirá, Guerrero Llantén et al. (2023) reportan que en Colombia, la brecha digital se acentúa en poblaciones rurales donde el 40% de estudiantes de escuelas rurales no lee información en internet, 25% no navega en la web y 32% no utiliza redes sociales, si extrapolamos estos datos a la población adulta mayor de Sotaquirá, la magnitud del desafío se vuelve aún más crítica.

Los testimonios recogidos no son quejas aisladas, sino síntomas de una desconexión de diseño que refleja lo planteado por Guerrero Llantén et al. (2023), quien define la brecha digital como la distancia social entre las personas que tienen y no tienen acceso a las TIC, donde el avance tecnológico acelerado ha dificultado la adquisición de estos elementos por motivos económicos y de formación.

Además, la noción de brecha digital no es una categoría propiamente educativa, sino que afecta al ejercicio completo de una ciudadanía activa, determinada en primer lugar por condiciones técnicas y económicas, no acceder cotidiana y eficazmente a internet no es un problema esencialmente educativo, sino económico, tecnológico y social..

Basado en la nube de palabras en la figura 8, que visualiza las respuestas abiertas a la pregunta "¿Qué le mejorarías al mapa?", podemos identificar claramente los patrones de crítica y sugerencia más recurrentes. La palabra "No" sugiere una insatisfacción general o la negación de funcionalidades actuales, mientras que términos como "especies", "puntos", "suelo" y "forma" destacan las áreas específicas de mejora. En cuanto a la visualización de especies y distribución, los usuarios están frustrados con cómo se muestran las especies, percibiendo las zonas de distribución actuales como "angulosas" y artificiales, probablemente mapas de coropletas o polígonos duros que no reflejan la realidad del movimiento animal, por lo que prefieren ver "puntos" de registro donde se ha visto realmente un animal en lugar de áreas pintadas, y piden incluir especies carismáticas o locales específicas mencionadas explícitamente como "tigrillo", "lanudo" y "tayra", además de claridad en los "nombres"; respecto a la usabilidad y simplicidad de la interfaz, la herramienta es percibida como compleja o difícil de usar para el público general, evidenciándose dificultad técnica con palabras como "cargar", "lento" e "internet" que sugieren problemas de rendimiento o acceso en zonas rurales con conectividad limitada, por lo que los usuarios piden hacerlo "fácil" y "accesible", con "tutoriales" o "videos" que expliquen cómo usarlo y poder "descargar" información para trabajar offline. Sobre la información del suelo y uso de la tierra, los usuarios señalan que no queda claro qué tipo de suelo o uso tiene cada zona, solicitando incluir capas de "suelo" y "agricultura", y que les interesa saber si una zona es segura o "peligrosa", y entender el "comportamiento" de la fauna o del terreno, valorando también la información a nivel de "veredas". En cuanto a funcionalidades técnicas específicas, hay peticiones concretas de funciones de SIG simplificadas: mejorar los "iconos" para que sean reconocibles, permitir

"guardar" rutas o sitios de interés, poder "reportar errores" o nuevos avistamientos , y necesitan que la información esté "actualizada".

Propuesta de solución a la problemática

Esta propuesta surge ante la necesidad de reducir la distancia entre el conocimiento técnico especializado y la gestión territorial del día a día. Su principal aporte es la creación de un visor geoespacial interactivo y participativo, concebido no sólo para visualizar información, sino como una herramienta activa para la toma de decisiones ambientales en Sotaquirá. El objetivo general es estructurar y validar este modelo, permitiendo que la comunidad y las autoridades locales transiten de un diagnóstico cualitativo hacia un monitoreo cuantitativo y multitemporal de sus ecosistemas estratégicos:

- El 60% del territorio es catalogado como área de protección estratégica el 75% de la población rural depende económicamente de la ganadería extensiva y la agricultura.
- Este conflicto ha desencadenado procesos de erosión severa, toxicidad edáfica y pérdida de la fertilidad del suelo, amenazando la supervivencia de especies endémicas y la seguridad alimentaria local.
- Las herramientas institucionales actuales ofrecen mayoritariamente datos estáticos y cualitativos. No existe un sistema que permita ver la evolución de la pérdida de la vegetación en tiempo real ni que integre el conocimiento de los habitantes que recorren el territorio.

A pesar de la degradación, la investigación científica oportunidades clave para transformar la gestión ambiental en Sotaquirá:

- Democratización tecnológica: El uso de imágenes satelitales de acceso libre (Sentinel-2 y Landsat) y software de código abierto (QGIS) permite implementar sistemas de monitoreo de alta precisión a un costo casi nulo para el municipio.

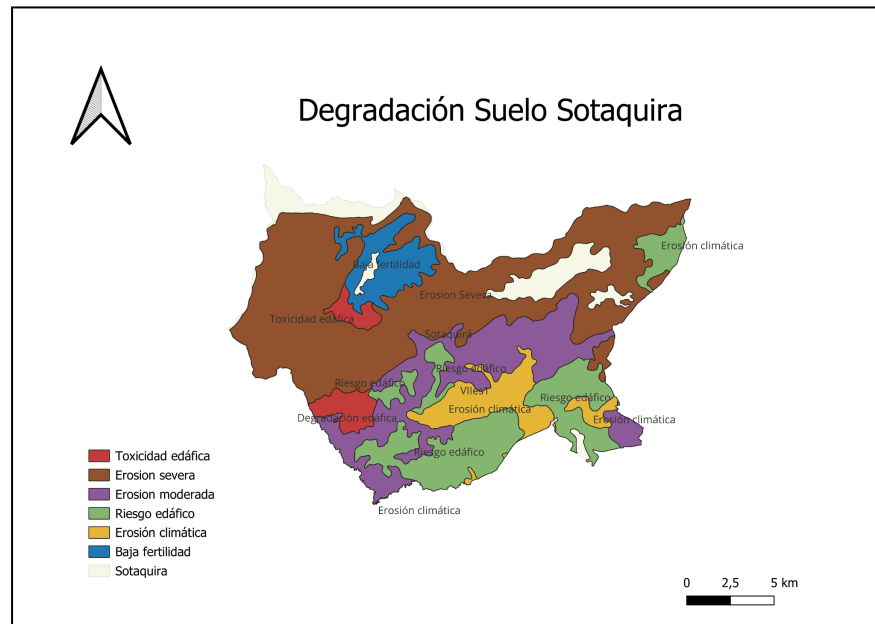
- Existe una oportunidad de integrar a los habitantes como “Guardianes del territorio”. El estudio demuestra que el 88% de la población encuestada entiende la utilidad del mapa, lo que indica una disposición favorable hacia el monitoreo participativo.
- El análisis geoespacial permite identificar no sólo parches aislados, sino “Hotspots” de Biodiversidad y corredores biológicos necesarios para la restauración ecológica.

La solución propuesta consiste en un Sistema de Observación y Monitoreo Local basado en un modelo geoespacial interactivo que integra tres dimensiones: técnica, biológica y social.

Componentes de la solución, mediante el procesamiento sistemático de imágenes satelitales de NDVI, que permitirá a las autoridades identificar con coordenadas exactas los puntos de erosión severa y pérdida de vigor vegetal, priorizando las zonas que requieren intervención inmediata de restauración.

Figura 9.

Mapa degradación del Suelo Sotaquirá

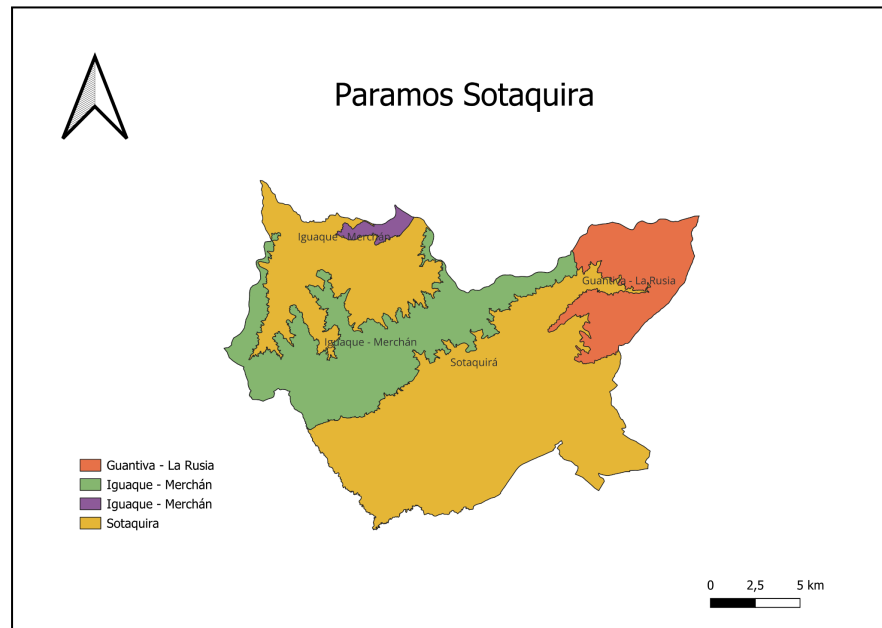


Nota. Elaboración propia de Nicol García, Arnol Torres y Andrés Rodríguez (2026).

Esta imagen muestra las capas de erosión que afectan la biodiversidad de Sotaquirá y esta imagen es uno de los resultados que se encuentra en nuestro geovisor interactivo de Biodiversidad: A diferencia de los listados estáticos, esta propuesta georreferencia especies. El visor permite superponer estas capas con los usos del suelo para analizar la presión antrópica sobre el hábitat. Donde se encuentran paramos, especies de fauna y flora.

Figura 10.

Mapa Páramos Sotaquirá

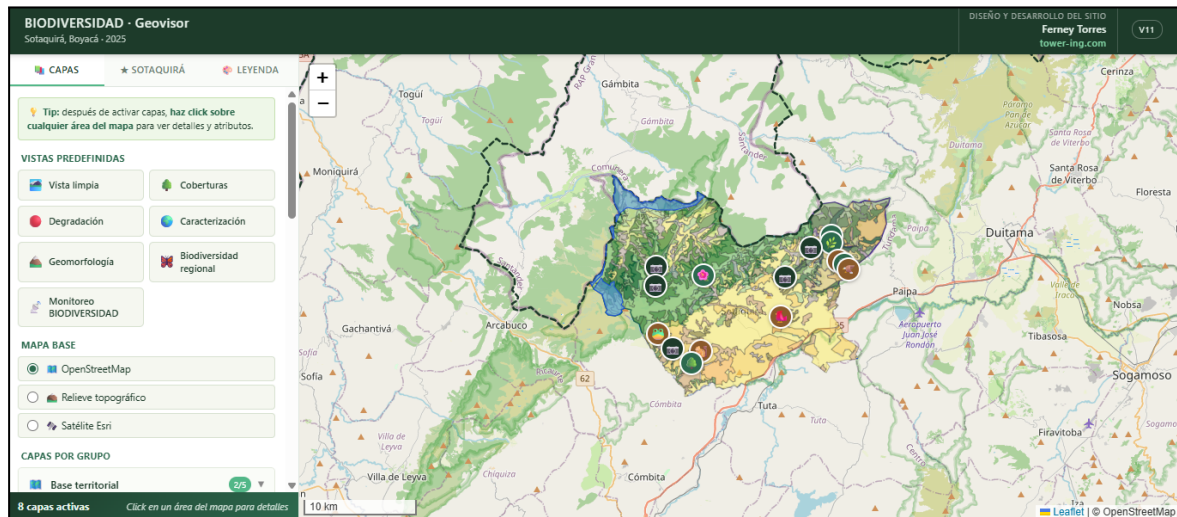


Nota. Elaboración propia de Nicol García, Arnol Torres y Andrés Rodríguez (2026).

Esta imagen muestra la caracterización de Páramos de Sotaquirá donde se identifican su nombre y ubicación, esta imagen se encuentra en nuestro geovisor interactivo de Biodiversidad. El visor como una interfaz didáctica donde la información técnica compleja se traduce en insumos para la toma de decisiones comunitarias. Incluye un registro georeferenciado de páramos y especies validados con fotografías de campo de la comunidad.

Figura 11.

Geovisor Biodiversidad Sotaquirá

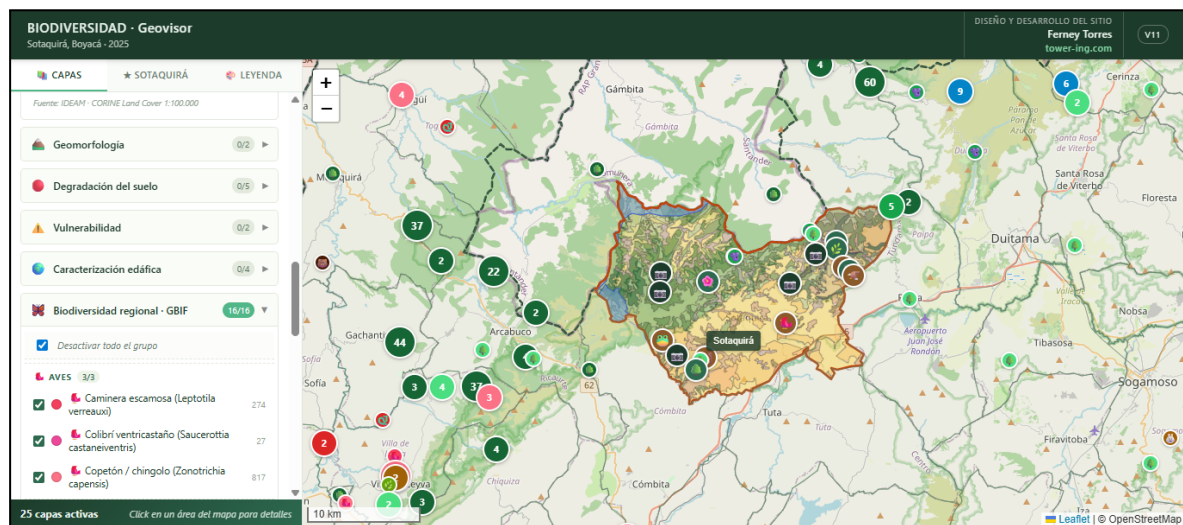


De Elaboración propia

En esta imagen se puede observar el visor de Biodiversidad donde se encuentran las capas, mapas y estructura generada por QGIS apoyada con el sistema de extensión GBIF, el cual fue útil para la caracterización de especies del territorio de Sotaquirá y Boyacá.

Figura 12.

Geovisor Biodiversidad Sotaquirá



De Elaboración propia

Aquí se observa algunas especies que se encuentran en el municipio de Sotaquirá generando una información de las cámaras trampa que se utilizarán para el proyecto. Nuestro impacto esperado es

que los habitantes de Sotaquirá puedan analizar su territorio y darse cuenta de la importancia en materia de Biodiversidad que posee para tomar mejores decisiones y no recurrir a un exterminio de especies, hábitat y de biodiversidad.

Discusión

La presente investigación estructura un modelo dinámico para la gestión de la biodiversidad en Sotaquirá. A continuación, se interpretaron los hallazgos obtenidos y su relevancia frente al contexto previo del municipio.

Estos datos evidencian que la implementación del índice NDVI no es solo un ejercicio cartográfico, sino una herramienta de diagnóstico preventivo. Antes de este estudio, el municipio dependía de informes cualitativos que mencionan la degradación sin precisión espacial. A partir de ello se constata que establecer un umbral de alerta permite identificar puntos críticos de erosión severa antes que la pérdida del suelo sea irreversible, especialmente en las laderas afectadas por el sobrepastoreo. Lo anterior sugiere que el conflicto entre el 60% del territorio protegido y el 75% de la población dependientes de la ganadería puede gestionarse mejor si se cuenta con datos cuantitativos que guíen la restauración hacia zonas específicas en lugar de aplicar medidas generales restrictivas.

Los resultados de la encuesta de validación son relevantes y se observa que un 78% de la comunidad comprendió la utilidad del mapa, lo cual demuestra una alta sensibilidad ambiental y un deseo de participar en la vigilancia del territorio, sin embargo, estos hallazgos también evidencian que el diseño técnico aún representa una barrera, el hecho de que un 36% lo considere “difícil” y un 52% tenga problemas con la navegación de las capas indica que el modelo no puede ser puramente digital. Para que el visor sea efectivo, debe ir acompañado de procesos de capacitación que cierren la brecha digital detectada en la población mayor de 50 años, que representa el 63% de los encuestados.

Antes de la investigación, documentos como el SIMAP (2019) ofrecían una fotografía estática de los ecosistemas, a partir de este estudio se constata que es posible pasar de una gestión reactiva a una proactiva. Mientras los informes anteriores se centran en describir la riqueza de las lagunas Rica, Mortecinera y Negra, este modelo permite monitorear como la presión antrópica afecta sus zonas recarga hídrica mes a mes. Relacionado esto con el estado del arte, este trabajo valida la tesis de Rojas e Isaza (2023) sobre la superioridad de los SIG para el monitoreo objetivo de áreas protegidas en Colombia. Sin embargo el aporte subjetivo de este estudio es demostrar que en Sotaquirá, la ciencia de datos debe alimentarse obligatoriamente de la validación en campo.

En conclusión, Sotaquirá tiene la oportunidad de liderar un modelo de gestión adaptativa y se constata que el visor geoespacial funciona como un puente entre el rigor de la ingeniería ambiental y el saber del campesinado. La investigación demuestra que aunque la tecnología de teledetección es potente por sí sola, su verdadero valor radica en su capacidad para democratizar la información ambiental, permitiendo que la comunidad tome decisiones basadas en evidencia para proteger su seguridad hídrica y de su biodiversidad.

Plan de divulgación

El plan de divulgación se centrará en la producción y socialización de una cartilla pedagógica impresa titulada “Guía Comunitaria para el Monitoreo Participativo de la Biodiversidad en Sotaquirá”, diseñada específicamente para enseñar a la población local, mediante lenguaje cotidiano, ilustraciones de alto contraste, fichas de registro simplificadas y protocolos paso a paso, haciendo de este formato físico el canal más adecuado, democrático y culturalmente pertinente para garantizar que el conocimiento técnico no quede confinado al ámbito académico, sino que se traduzca en herramientas tangibles de apropiación territorial. La estrategia de divulgación se articulará mediante una alianza estratégica formal con la Alcaldía Municipal de Sotaquirá, la cual activará sus canales oficiales de comunicación como perifoneo veredal y convocatorias en juntas

de acción comunal para movilizar y convocar masivamente a líderes territoriales, adultos mayores, y productores agropecuarios a una jornada de capacitación presencial en la casa de la cultura, asegurando así que la transferencia de saberes trascienda la publicación universitaria y se inserte directamente en la gestión pública y la corresponsabilidad ambiental local. Los recursos requeridos comprenden tiempo de investigación, costos de impresión, materiales didácticos y logística de transporte, los cuales serán complementados con el acompañamiento institucional de la universidad, el respaldo logístico, de espacios y de convocatoria de la Alcaldía, y se espera que esta estrategia genera una visibilidad territorial concreta al capacitar directamente a agentes multiplicadores que replicarán el protocolo en sus veredas, un impacto medible en la reducción de la incertidumbre clasificatoria gracias a la validación comunitaria continua y a la generación de datos locales que alimenten las bases institucionales, y una transferencia de conocimiento sostenible que fortalezca la gobernanza ambiental participativa, lo que permite la actualización colectiva de los instrumentos de planificación territorial, reduzca conflictos por uso de suelo mediante acuerdos basados en evidencia compartida y demuestre que la divulgación científica, cuando se adapta a las realidades sociodemográficas rurales, se articula con la institucionalidad municipal y prioriza formatos de baja barrera tecnológica, se convierte en un motor efectivo de conservación, empoderamiento comunitario y justicia cognitiva, superando las barreras de la exclusión digital y consolidando un modelo de monitoreo híbrido, accesible, escalable internacionalmente y culturalmente situado para la protección de los ecosistemas estratégicos de Boyacá. El acceso al prototipo de la cartilla se encuentra en el Anexo 3.

Conclusiones

- Esta investigación demuestra que la integración de SIG y monitoreo participativo es viable y necesaria para la gestión de la biodiversidad en Sotaquirá, pero su éxito no radica en la complejidad algorítmica, sino en la empatía metodológica. Los datos evidencian que imponer tecnologías estándar en contextos rurales envejecidos genera exclusión; adaptar la

tecnología a la cultura local genera empoderamiento. Esta necesidad de adaptación se sustenta en el hallazgo demográfico de que el 78% de la población evaluada es mayor de 36 años, lo que identifica una brecha digital estructural que debe ser mediada por herramientas híbridas como la cartilla pedagógica, para garantizar una verdadera democratización del conocimiento técnico.

- Se concluye que las zonas de priorización para conservación y restauración ecológica generadas por el modelo integrado ganan legitimidad política y operativa al estar respaldadas por la validación comunitaria, al superponer capas técnicas con registros de uso histórico, presión ganadera y percepción de riesgo hídrico, el modelo identifica áreas donde la normativa ambiental puede aplicarse con menor resistencia social, al reconocer explícitamente las dinámicas productivas locales. Esta legitimidad es fundamental para resolver el conflicto identificado en Sotaquirá donde el 60% del territorio es área de protección estratégica pero el 75% de los habitantes depende de la ganadería extensiva; el visor permite así una gestión basada en evidencia que protege la fertilidad del suelo frente a la erosión severa y la toxicidad edáfica detectada.
- La corrección de capas satelitales mediante registros participativos introduce variabilidad interpretativa. Aunque esta subjetividad es el valor añadido del conocimiento local, dificulta la estandarización métrica requerida para réplicas exactas en otros territorios. No obstante esta validación en territorio es lo que permite evolucionar de diagnósticos cualitativos y estáticos hacia un sistema de monitoreo multitemporal y cuantitativo basado en el índice NDVI y el uso de imágenes Sentinel-2 y Landsat. Se establece que la capacidad de definir umbrales de alerta temprano para la salud vegetal es lo que transforma un mapa descriptivo en una herramienta operativa de respuestas proactiva ante el cambio climático.

- Esta investigación demuestra que la tecnología geoespacial no es un fin en sí mismo, sino un medio que debe subordinarse a la empatía metodológica y al reconocimiento de las capacidades reales de los actores territoriales. Los datos evidencian que imponer estándares digitales urbanos en contextos rurales envejecidos reproduce exclusión; adaptar la tecnología a la cultura local genera empoderamiento y gobernanza efectiva. El modelo desarrollado trasciende la cartografía técnica para convertirse en un puente de justicia cognitiva, donde el satélite y el saber campesino dialogan en igualdad de condiciones para proteger la biodiversidad de Sotaquirá. Este diálogo no solo asegura la conservación de especies endémicas, sino que salvaguarda la regulación hídrica de la Macrocuenca Magdalena-Cauca, posicionando al municipio como un nodo estratégico para el cumplimiento de metas globales como el Marco Global de Biodiversidad Kunming-Montreal. Futuras intervenciones en el territorio deberán recordar que la sostenibilidad ambiental no se construye solo con algoritmos, sino con confianza, validación compartida y herramientas que hablen el idioma de quienes habitan y cuidan la tierra.

Referencias bibliográficas

Amado Barón, E. A., Barrera Rodríguez, M. Á., Daza Leguizamón, O. J., Herrera Martínez, Y., Sáenz Jiménez, F. A., & Sanabria Marín, R. (2010). Zonificación ambiental preliminar del corredor de páramo y bosque alto andino Iguaque–La Rusia–Guantiva, departamentos de Boyacá y Santander. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/574fbdfa-fc2d-49c6-9c15-253e20c72d8d/content>

Arce-Plata, M. I., Norden, N., Burbano-Girón, J., Larocque, G., Díaz, M. C., Rodríguez-Buriticá, S., Corzo, G., & Poisot, T. (2025). Species' habitat change over twenty years in Colombia's tropical dry forests. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114562>

Castillo Tapia, J., et al. (2022). [Título del artículo]. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4364

Colombia Turismo Web. (s. f.). Boyacá-Sotaquirá.
<https://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/BOYACA/MUNICIPIOS/SOTAQUIRA/SOTAQUIRA.htm>

Chuvieco, E. (2016). *Fundamentos de teledetección espacial* (5ª ed.). Ediciones Rialp.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá). (s. f.). Páramo Guantiva–La Rusia. Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP).
<https://www.corpoboyaca.gov.co/sirap/paramo-guantiva-la-rusia/>

Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá). (2022). *Ecología política: cuencas hidrográficas y ecosistemas estratégicos*.
<https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2022/11/Ecologia-Politica-volumen2.pdf>

Díaz-Ballesteros, N., & Avellaneda-Torres, L. M. (2025). Análise de conflitos ambientais e alternativas comunitárias no Páramo de Pisba, Cordilheira dos Andes (Boyacá, Colômbia). *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 65, 90–112. <https://doi.org/10.5380/dma.v65i.91451>

Dolors, W. J. A. H., & Armenteras, P. (s. f.). Cambio climático en ecosistemas andinos de Colombia: una revisión de sus efectos sobre la biodiversidad. En *Biodiversidad y cambio climático en Colombia: avances, perspectivas y reflexiones* (p. 49).

Elsevier. (s. f.). Soil toxicity. ScienceDirect Topics.

<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-toxicity>

Guerrero Llantén, A. A., Hernández Meléndez, S. J., Tapia Martínez, A. M., Sánchez García, Y. D., Baicue Castañeda, C. J., & Herrera Vargas, L. J. (2023). Brechas digitales en zonas rurales y urbanas. En La ciencia, la tecnología y el arte al servicio de la comunidad (pp. 7-17). Corporación Tecnológica Industrial Colombiana (TEINCO). [Brechas-digitales-en-zonas-rurales-y-urbanas.pdf](#)

Giraldo-Martínez, L., & Galeano, S. P. (2020). Expediciones Boyacá Bio. Resultados, retos y oportunidades: Instituto de Investigación de Recursos. . . ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/344952577_Expediciones_Boyaca_Bio_Resultados_retos_y_oportunidades_Instituto_de_Investigacion_de_Recursos_Biologicos_Alexander_von_Humboldt_Bogota_Colombia_80_p

Gobernación de Boyacá. (s. f.). Municipio de Sotaquirá.

<https://situr.boyaca.gov.co/municipio-de-sotaquirá/>

NASA Earthdata. (2026, abril 6). Harmonized Landsat and Sentinel-2.

<https://www.earthdata.nasa.gov/data/projects/hls>

Largo León, A. F., & Gómez Pachón, E. Y. (s. f.). Sotaquirá: conocimiento, diseño e innovación para el desarrollo de la agricultura y la industria alimenticia. Repositorio Institucional UPTC.

<https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/864a7955-32bb-4a07-89e9-9f31784eba49/content>

Mapcarta. (s. f.). Sotaquirá. <https://mapcarta.com/es/19681272>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y gestión ambiental urbana.

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/BIODIVERSIDAD_Y_SERVICIOS_ECOSISTEMICOS_EN_LA_PLANIFICACION_Y_GESTION_AMBIENTAL_URBANA.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).

<https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). Plan de acción de biodiversidad de Colombia al 2030.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/Plan-Accion-Biodiversidad-Colombia-2030.pdf>

Olaya-Angarita, J. A., Díaz-Pérez, C. N., & Morales-Puentes, M. E. (s. f.). Composición y estructura de la transición bosque-páramo en el corredor Guantiva-La Rusia (Colombia).

<https://www.redalyc.org/journal/449/44965829007/html/>

Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>

Rojas Isaza, D., & Giraldo Trujillo, N. (2023). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de cambios de cobertura vegetal en áreas de importancia para la conservación ambiental en Colombia. Universidad de Antioquia.

<https://hdl.handle.net/10495/37637>

Sarmiento, C., Cadena-Vargas, C. E., Sarmiento, M. V., & Zapata, A. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los . . . ResearchGate.https://www.researchgate.net/publication/296706263_Aportes_a_la_conservacion_e

strategica_de_los_paramos_de_Colombia_Actualizacion_de_la_cartografia_de_los_complejos_de_paramo_a_escalas_1100000

Wikum, DA, Shanholtzer, GF Aplicación de la escala de cobertura-abundancia de Braun-Blanquet para el análisis de la vegetación en estudios de desarrollo territorial.

Environmental Management 2 , 323–329 (1978). <https://doi.org/10.1007/BF01866672>

Anexos técnicos

Anexo 1. Bases de datos de las encuestas

Figura 1.

Vista de la base de datos de las respuestas de las encuestas

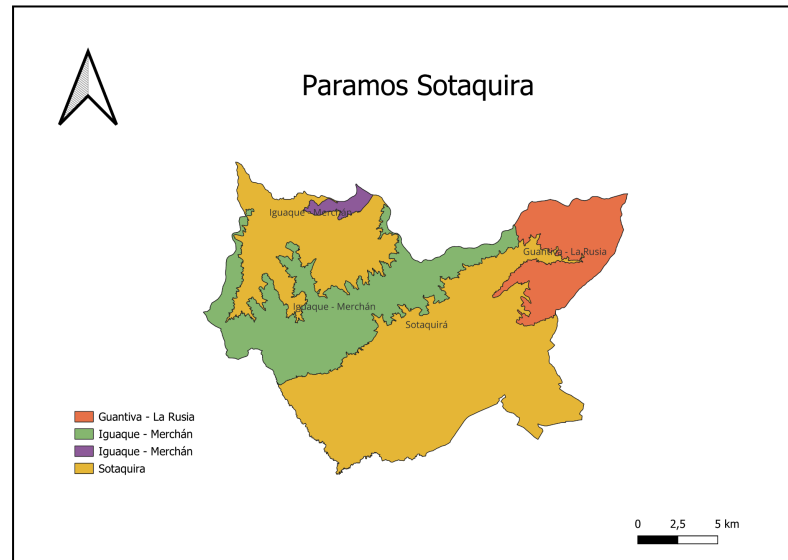
¿Cuál es tu edad?	¿Se entendió para qué sirve el m	¿Fue fácil usar el map	¿Te pareció fácil entender como usar los botones para mirar las ca
Más de 50 años	Si	Difícil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Fácil	Si
Más de 50 años	Si	Difícil	Más o menos
36 a 50 años	Si	Muy fácil	Si
Más de 50 años	Si	Muy fácil	No
Más de 50 años	Si	Fácil	Más o menos
Más de 50 años	Más o menos	Difícil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Difícil	Si
36 a 50 años	Más o menos	Fácil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Muy fácil	No
36 a 50 años	Si	Muy difícil	Si
Más de 50 años	Si	Difícil	No
Menor de 18 años	Si	Muy fácil	Más o menos
Más de 50 años	Más o menos	Fácil	Más o menos
26 a 35 años	Si	Muy difícil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Difícil	Si
Más de 50 años	Si	Muy difícil	Más o menos
Más de 50 años	No	Difícil	Si
26 a 35 años	Si	Muy fácil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Fácil	Si
26 a 35 años	Si	Difícil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Fácil	Si
26 a 35 años	Si	Difícil	Más o menos
Más de 50 años	No	Muy fácil	No
Más de 50 años	Si	Muy difícil	Más o menos
Menor de 18 años	Más o menos	Difícil	No
Más de 50 años	Si	Muy fácil	Más o menos
26 a 35 años	Si	Difícil	Si
Más de 50 años	Si	Fácil	Más o menos
Más de 50 años	No	Difícil	No
26 a 35 años	Si	Muy fácil	Más o menos
Más de 50 años	Si	Difícil	Si

Nota: Se muestran los primeros 33 datos por ejemplo, para acceder a la información completa dar click aquí: <https://drive.google.com/drive/folders/17kOfW4KQuMqt15YIUsmm5sMoV4O9IGkZ?usp=s> haring

Anexo 2. Mapas de Biodiversidad Sotaquira

Figura 2.

Vista de los mapas de Biodiversidad



Nota: Se muestran mapa de los páramos, para acceder a los otros mapas dar click

aquí:

<https://drive.google.com/drive/folders/17kOfW4KQuMqt15YlUsmm5sMoV4O9lGkZ?usp=sharing>

Anexo 3. Cartilla de toma de datos de biodiversidad para la divulgación

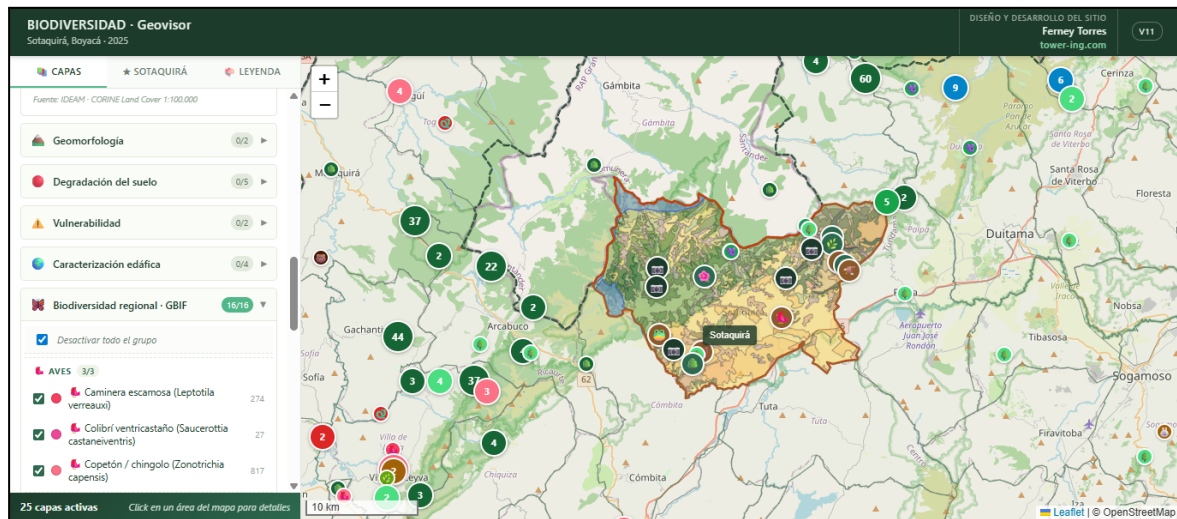
Cartilla de biodiversidad



Nota: Se muestra la portada de la cartilla, para acceder al contenido completo, dar click aquí: https://drive.google.com/drive/folders/17kOfW4KQuMqt15YIUmmm5sMoV4O9IGkZ?usp=s_haring

Anexo 4. Explicación uso del geovisor

Mapa geovisor



Nota: Se muestra la portada del geovisor, para acceder al contenido completo donde se explica el video, dar click aqui y dirigirse a la carpeta de video interacción geovisor:

<https://drive.google.com/drive/folders/17kOfW4KQuMqt15YIUsmm5sMoV4O9IGkZ?usp=sharing>

