

Evaluación participativa de impactos ambientales en el Cerro La Tetilla mediante análisis espacial y propuestas de educación ambiental

Participatory Evaluation of Environmental Impacts on Cerro La Tetilla through Spatial Analysis and Environmental Education Proposals

Luis Alexis Méndez Rojas¹ 
Carolina Castrillón Ojeda² 

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo en el cerro tutelar de la vereda La Tetilla, ubicado en el corregimiento de Santa Rosa, municipio de Popayán. Este espacio evidencia alteraciones ambientales ocasionadas por actividades como la minería, la expansión agrícola y el turismo no regulado, lo que ha generado una degradación de la biodiversidad local. Desde este punto de vista, el objetivo general de la investigación fue evaluar el impacto ambiental tanto en el área de estudio como en su zona de influencia. En función de este objetivo, se implementó una metodología mixta, que combinó procesos participativos con el análisis espacial mediante herramientas de los sistemas de información geográfica, técnicas que fortalecieron la recolección

Palabras clave:

cartografía social, educación ambiental, evaluación de impacto ambiental, participación comunitaria, sistemas de información geográfica.

y el análisis de la información espacial. Es preciso mencionar la participación de profesores y estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Noroccidente de Popayán, quienes asumieron con interés los objetivos del trabajo de campo y se involucraron de manera directa en su desarrollo. Como parte del proceso, se realizó un taller de cartografía social en el que los participantes señalaron los problemas ambientales presentes y los patrones comunes a partir de las respuestas obtenidas en formularios con preguntas abiertas y cerradas. Adicionalmente, se efectuó un análisis multitemporal de los años 2018, 2022 y 2024, mediante el cual se identi-

1 Universidad del Cauca, Colombia. lamendez@unicauca.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7119-6732>.

2 Universidad del Cauca, Colombia. ccastrillon@unicauca.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9963-9271>.

caron cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo. Posteriormente, se socializaron estos resultados durante el taller de educación ambiental, y los participantes concluyeron que era necesario aplicar estrategias que contribuyeran a disminuir los impactos ambientales negativos en el lugar.

Cómo citar

Méndez, L y Castrillón, C. (2025). Evaluación participativa de impactos ambientales en el Cerro La Tetilla mediante análisis espacial y propuestas de educación ambiental. Análisis Geográfico, (58), 40-62.

Abstract

The present study was conducted on the tutelary hill of La Tetilla village, located in the Santa Rosa district, municipality of Popayán. This area exhibits environmental alterations caused by activities such as mining, agricultural expansion, and unregulated tourism, which have resulted in the degradation of local biodiversity. The main objective of the research was to assess the environmental impact within both the study area and its zone of influence. To achieve this, a mixed-methods approach was implemented, combining participatory processes with spatial analysis using geographic information systems. These techniques strengthened the collection and interpretation of spatial data. It is important to highlight the participation of teachers and tenth-grade students from the Noroccidente Educational Institution of Popayán, who showed great interest in the fieldwork objectives and became actively involved in its development. As part of the process, a social cartography workshop was conducted in which participants identified existing environmental problems and common patterns based on their responses to open-and closed-ended questionnaires. Additionally, a multitemporal analysis for the years 2018, 2022, and 2024 was carried out to identify changes in vegetation cover and land use. The results were later shared during an environmental education workshop, where participants agreed on the need to implement strategies aimed at mitigating the site's negative environmental impacts.

Keyword:

social cartography; environmental education; environmental impact assessment; community participation; geographic information systems (GIS).

Introducción

Este estudio incorpora enfoques y herramientas de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como instrumento para analizar y caracterizar las alteraciones negativas ocasionadas por fenómenos naturales o por acciones humanas. En esta perspectiva, la EIA, según León (2002) y Sánchez (2010), se define como un proceso multidisciplinario que permite identificar y valorar los impactos ambientales de un proyecto o actividad, con el propósito de establecer medidas que mitiguen la degradación de los ecosistemas naturales.

En este marco, el presente estudio se desarrolló en el cerro tutelar de la vereda La Tetilla, perteneciente al corregimiento de Santa Rosa, en el municipio de Popayán, Colombia. Esta localización geográfica enfrenta retos ambientales; entre los principales se encuentran las huellas de la explotación minera, la expansión agrícola, la deforestación y el turismo no regulado.

En relación con la problemática expuesta, cabe señalar los siguientes avances preliminares obtenidos a partir de los resultados de una encuesta con preguntas cerradas, aplicada mediante Google Forms a dieciséis estudiantes que participaron de forma voluntaria. Estos mostraron tendencias hacia los siguientes porcentajes: el 65 % identificó la expansión agrícola, el 12,5 % señaló la extracción minera y el 31 % indicó el turismo no regulado. Estos resultados representan algunos de los principales impactos ambientales negativos registrados en el área de estudio.

El turismo se identificó como la actividad con mayor afectación en comparación con las actividades productivas locales. Esta percepción evidencia que la comunidad estudiantil asocia la presencia de turistas con problemas visibles, como la acumulación de residuos y el deterioro del paisaje, tal como se evidencia en los mapas participativos.

Adicionalmente, el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, a través de imágenes procesadas con sistemas de información geográfica (SIG) correspondientes a los años 2018, 2022 y 2024, evidenció una disminución del 8 % en el bosque fragmentado, mientras

que las zonas abiertas con poca o ninguna vegetación mostraron un incremento del 4,2 %. Por otro lado, se registró un incremento del 5,1 % en las hectáreas de cultivos transitorios vinculados a la expansión agrícola y pecuaria, causante de procesos de deforestación, lo cual evidencia un proceso de degradación en la zona del cerro que podría intensificarse en el futuro.

Frente a estas problemáticas, la EIA se consolida como una herramienta pertinente para analizar los factores que amenazan los espacios naturales afectados por las acciones humanas, tanto de la población local como externa. Es precisamente en este tipo de escenarios donde adquieren relevancia las metodologías aplicadas en esta investigación, ya que permiten identificar las relaciones causales que generan los impactos ambientales negativos en el territorio.

De este modo, el presente estudio no se limita a un análisis ambiental convencional del área, sino que, mediante la integración de enfoques geográficos, ofrece una comprensión más amplia sobre cómo estudiantes y docentes interactúan con las metodologías propuestas.

La implementación de estas técnicas resulta crucial para la ejecución de cualquier estudio, pues proporciona herramientas que permiten evaluar los impactos ambientales presentes en una zona determinada. Se resalta, además, la importancia de la geografía y del trabajo del geógrafo en los estudios ambientales, ya que el enfoque territorial y el uso de la cartografía temática facilitan la evaluación y el análisis de cómo la acción humana transforma el entorno.

Desde una perspectiva histórica, León (2002) señalan que, antes de la década de los setenta, predominaba la percepción errónea de que los recursos naturales eran ilimitados. Sin embargo, el creciente deterioro ambiental causado por el ser humano despertó la necesidad de proteger los ecosistemas naturales. En este contexto, Estados Unidos implementó la EIA mediante la Ley Nacional de Política Ambiental, estableciendo así un precedente esencial para la regulación y mitigación de la contaminación generada

por proyectos con impacto en los espacios naturales. Este hecho marcó un hito en la gestión ambiental a escala global.

En consecuencia, la EIA se ha posicionado como un instrumento clave de la política ambiental adoptada por numerosos países, regiones y jurisdicciones para la toma de decisiones. Su objetivo es evaluar y proponer medidas orientadas a prevenir y reducir los impactos negativos sobre los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos del entorno (Espinoza, 2002; Sánchez, 2010).

En el contexto colombiano, la EIA se utiliza como herramienta preventiva de gestión ambiental, establecida inicialmente mediante el Decreto Ley 2811 de 1974, que instituyó el Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Su desarrollo se consolidó con la Ley 99 de 1993, la cual creó el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Sistema Nacional Ambiental (SINA; García, 2017).

En concordancia con la relevancia de la evaluación de impactos ambientales en Colombia, Jaimes y Camelo (2016) realizaron un estudio de EIA para la cantera Cerro Colorado, en Bogotá, aplicando una metodología de enfoque mixto. En la fase de actividades participativas, se recopiló información a partir de testimonios y entrevistas con los moradores locales, con el fin de conocer sus percepciones sobre la extracción minera. Asimismo, se efectuó una interpretación de imágenes satelitales de Google Earth correspondientes a distintos años, procesadas mediante análisis espacial en ArcGIS, con el objetivo de identificar la expansión minera y cuantificar los cambios en la cobertura del suelo.

En el ámbito local, Bastidas (2019) desarrolló una evaluación de los impactos ambientales derivados de las acciones antrópicas en el Cerro Tutelar de las Tres Cruces, Popayán (Cauca), aplicando un enfoque mixto que integró la observación directa y el análisis Corine Land Cover. El propósito fue identificar afectaciones tales como procesos de erosión e incendios forestales asociados a la expansión urbana.

Un antecedente relevante sobre el impacto ambiental en el departamento del Cauca se relaciona con la explotación de canteras de grava y arena en diversas zonas. López (1994) señala que el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), distrito 6, adelantó la explotación de veinticinco canteras mediante convenios jurídicos, entre las cuales se encontraba La Tetilla, ubicada a 15 km de la ciudad de Popayán. La descripción de este suceso sugiere que dicha actividad antrópica pudo haber generado degradación ambiental con impactos potencialmente irreversibles en la vereda La Tetilla.

Estos antecedentes metodológicos orientaron la aplicación de técnicas como cuestionarios de preguntas abiertas, entrevistas y análisis multitemporal para la recolección de datos, la identificación de percepciones comunitarias y la delimitación de áreas de uso del suelo. Asimismo, el antecedente histórico evidencia la presencia de actividades extractivas mineras en las proximidades del área de estudio.

Por todo lo expuesto, la investigación plantea la siguiente pregunta problema: ¿cuáles son los impactos ambientales generados por las actividades humanas y naturales en el cerro La Tetilla? Para dar respuesta a este interrogante, se formuló una respuesta alineada con el objetivo central de la investigación.

Para abordar esta cuestión, se adoptó un enfoque metodológico de carácter cualitativo y cuantitativo, sustentado en el análisis espacial y la participación comunitaria. Este enfoque resalta la importancia de integrar los aportes de la geografía humana y la geografía física, ya que permite obtener una comprensión más profunda de los comportamientos de las comunidades en su espacio geográfico y de las transformaciones ambientales que estos generan.

De acuerdo con el objetivo general —evaluar los impactos ambientales causados por la relación antrópica y natural en el cerro La Tetilla—, se definieron tres objetivos específicos: (i) identificar los principales impactos ambientales mediante procesos participativos; (ii) caracterizar dichos impactos a través de

encuestas y análisis espacial multitemporal, y (iii) socializar los resultados promoviendo estrategias de educación ambiental con los participantes.

En este sentido, la estructura del documento ofrece información clave que facilita la comprensión de las secciones abordadas, con el propósito de presentar al lector, de manera clara y ordenada, los objetivos y metodologías aplicadas. De esta forma, se propicia una lectura coherente y progresiva del trabajo.

El texto inicia con la exposición del contexto y la problemática ambiental del cerro tutelar. Posteriormente, se presenta la formulación del objetivo general y la descripción de la metodología. A continuación, se desarrollan los resultados y los productos derivados del trabajo de campo. Finalmente, se incluyen la discusión y las conclusiones, las cuales destacan la relevancia de los hallazgos y el papel de la educación ambiental y la participación comunitaria en la gestión del territorio.

Metodología

Área de estudio

El área de estudio corresponde a un cerro tutelar ubicado en la vereda La Tetilla, perteneciente al corregimiento de Santa Rosa, municipio de Popayán, departamento del Cauca. Sus coordenadas geográficas son 76° 40' 30" O y 2° 32' 15" N (Figura 1).

La delimitación del área se estableció a partir de la curva de nivel de 1.850 m s. n. m., abarcando un rango altitudinal que se extiende hasta los 1.900 m s. n. m., donde se localiza el punto más alto del cerro. Con base en esta referencia se elaboró un polígono que representa el cerro tutelar y sus contornos. La zona de influencia se definió a partir de las observaciones realizadas por estudiantes y profesores, quienes identificaron áreas de comercio y vías veredales que funcionan como conexión entre los corregimientos y el casco urbano. Este polígono se representó en color verde para distinguir la zona de influencia.

Según Ortiz (2012), la vereda La Tetilla es una de las seis que conforman el corregimiento, junto con

Santa Rosa, Morinda, La Laja, La Mota y San Antonio, y cuenta con una extensión de 3.797,51 hectáreas sobre la subcuenca del río Palacé. En cuanto al clima, el corregimiento presenta condiciones bioclimáticas subandinas, con un ambiente medio húmedo y un piso térmico templado frío, de acuerdo con la clasificación de Holdridge. En lo referente a la hidrografía, se encuentra dentro de la subcuenca del río Palacé y sus principales afluentes: las quebradas La Laja, San Roque, Belén y Trapiche.

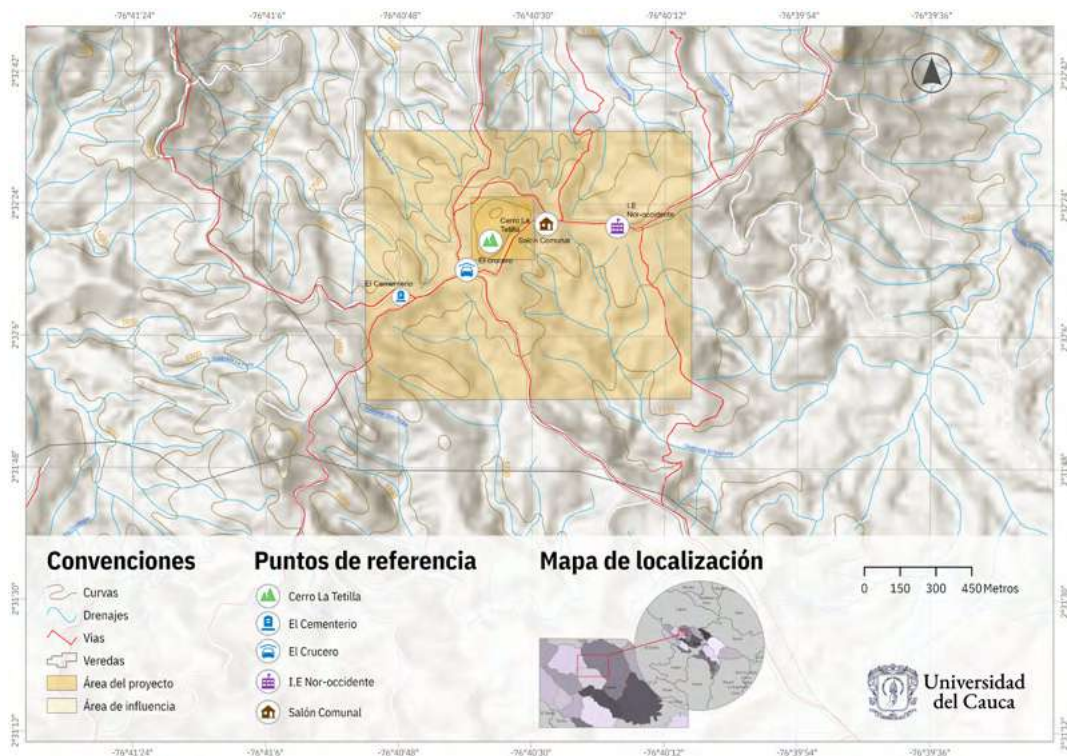
Diseño del estudio

El estudio adopta una metodología mixta que integra elementos cuantitativos y cualitativos para examinar las relaciones culturales con el medio natural. La investigación se orienta hacia un enfoque descriptivo-correlacional, con el propósito de identificar y caracterizar tanto las relaciones existentes como los impactos de mayor relevancia. Esta elección metodológica se fundamenta en Bamberger (2012), quien señala que los métodos mixtos en la evaluación de impacto constituyen una estrategia eficaz. La integración de enfoques cualitativos y cuantitativos no solo fortalece la confiabilidad y validez de los resultados, sino que también amplía la comprensión de los procesos territoriales y sociales que determinan los impactos ambientales.

Los componentes metodológicos empleados en este estudio buscan cuantificar los indicadores geográficos de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) mediante el uso de los SIG, los cuales proporcionan herramientas para el análisis espacial. Este enfoque considera el territorio como el espacio donde se desarrollan actividades que generan impactos ambientales, ámbito en el que el geógrafo evalúa, predice y propone medidas orientadas a disminuir los efectos negativos de una actividad o proyecto (INE, 2000; Valpreda et al., 2002; Aponte, 2005; Bocco y Urquijo, 2013).

Complementariamente, Rodríguez y Pérez (2017) destacan la eficacia de los métodos deductivo e inductivo, los cuales fueron aplicados de manera

Figura 1. - Mapa topográfico y de localización del cerro tutelar de la vereda La Tetilla



Nota. Elaboración propia con base en los datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2022.

articulada en esta investigación. El método deductivo, que parte de lo general hacia lo particular, se reflejó en el uso de mapas que presentan información cuantitativa y visualizan las correlaciones espaciales. Por su parte, el método inductivo permitió observar las interacciones, experiencias y percepciones de los participantes, además de identificar patrones y regularidades que condujeron a conclusiones específicas sobre los impactos negativos en el medio ambiente del área de estudio.

Participantes del estudio y muestra

Los participantes del estudio estuvieron conformados por un grupo de veintiún estudiantes del grado décimo y dos profesores de la Institución Educativa Noroccidente de Popayán. Se aplicó un muestreo por

conveniencia, seleccionado en función de la cercanía y la disponibilidad de tiempo de los participantes para asistir a las actividades de campo.

En cuanto a los criterios de inclusión, se consideró a los estudiantes de décimo grado con mayor disposición para participar en todas las actividades programadas, previa autorización del plantel educativo. En el caso de los docentes, se incluyeron aquellos responsables de las asignaturas agrícolas y pecuarias que contaban con menor carga académica y con calificaciones ya definidas para el periodo escolar.

Por su parte, los criterios de exclusión estuvieron relacionados con la falta de disponibilidad de los estudiantes de otros grados, quienes durante las fechas programadas para el trabajo de campo se encontraban realizando exámenes finales o tareas

pendientes, tanto internas como externas. De igual forma, se excluyó a los profesores con mayor carga laboral por la finalización del período académico.

En lo referente a las consideraciones éticas, el estudio contó con la aprobación de las directivas de la Institución Educativa Noroccidente de Popayán. Se obtuvo el consentimiento informado de los estudiantes y docentes participantes, y se garantizó la confidencialidad de los datos y el anonimato de los involucrados durante todo el proceso investigativo.

Instrumentos del estudio

Para la recolección de datos en esta investigación se emplearon diversas herramientas metodológicas. En la primera fase se aplicaron entrevistas semiestructuradas mediante un cuestionario compuesto por cinco preguntas abiertas de tipo reflexivo, proyectivo y analítico. El objetivo de estas consultas en campo fue explorar la percepción y los conocimientos previos sobre el estado del entorno ambiental, así como identificar el vínculo afectivo y espacial que los estudiantes mantenían con el área de estudio.

En este sentido, Schettini y Cortazzo (2015) señalan que los cuestionarios con preguntas abiertas fomentan la confianza y la libre expresión de los participantes en las actividades de cualquier proyecto, permitiendo acceder a los significados y vivencias que estos construyen en su territorio, lo cual enriquece el análisis cualitativo de los datos de campo.

Una de las actividades más relevantes del trabajo de campo fue el ejercicio de cartografía social realizado en el aula, diseñado para que los participantes elaboraran mapas representativos de su cosmovisión. Este proceso buscó propiciar el debate grupal en torno a las percepciones y significados asociados a su entorno. Para ello, los estudiantes se organizaron en círculos alrededor de pliegos de papel (derroteros), utilizando colores y materiales básicos para plasmar su cartografía y construir colectivamente sus saberes territoriales.

De acuerdo con Vélez et al. (2012), Carrión y Pérez (2022) y Díez (2018), la cartografía social se concibe

como un instrumento participativo que promueve la reflexión y el reconocimiento del espacio físico y social, permitiendo al individuo identificar sus experiencias y representaciones previas frente a las problemáticas de su territorio. El mapeo participativo revela las construcciones culturales y simbólicas que los actores utilizan para comprender su espacio, configurando así su sentido de pertenencia territorial. Este proceso, además, contribuye a entender cómo perciben históricamente el territorio y los cambios que ha experimentado.

Al finalizar la primera sesión de trabajo de campo, se aplicaron encuestas cerradas de selección múltiple con el propósito de evaluar de manera cuantitativa los impactos ambientales generados por las actividades humanas. La recolección y validación de los datos se efectuó mediante la herramienta Google Forms, a la cual los participantes accedieron desde sus dispositivos móviles para responder las preguntas formuladas en el cuestionario.

Para la caracterización de los impactos ambientales se empleó el análisis multitemporal, una herramienta del análisis espacial mediante SIG. Esta técnica permitió examinar los cambios temporales en la cobertura del suelo asociados con las acciones humanas. Con este propósito se procesaron imágenes satelitales de alta resolución correspondientes a los años 2018, 2022 y 2024, disponibles en la versión gratuita de PlanetScope, y trabajadas en plataformas de análisis geoespacial en la nube como Google Earth Engine, QGIS (software libre) y ArcGIS Pro.

La validación de los datos geoespaciales se efectuó mediante triangulación con los datos cualitativos derivados de la cartografía social, complementada con la verificación visual de los cambios de cobertura detectados en las imágenes satelitales. Arenas (2021) señala que el análisis multitemporal permite identificar las variaciones en las coberturas y usos del suelo, ofreciendo resultados cuantitativos sobre las áreas de impacto ambiental a lo largo del tiempo.

Como instrumento final, se desarrolló un taller de

educación ambiental orientado a validar los resultados obtenidos en mesas de trabajo con estudiantes y docentes de la institución educativa. En esta actividad se presentaron los hallazgos derivados de la cartografía social y de las encuestas aplicadas, seguidos de una charla educativa sobre las problemáticas ambientales identificadas. El propósito del taller fue corroborar los resultados con la comunidad educativa y fomentar la construcción colectiva de propuestas de acción territorial.

Esta estrategia de educación ambiental promueve el cuidado de la biodiversidad con el fin de fortalecer la conciencia ambiental y reducir las prácticas que deterioran los recursos naturales. A través de esta actividad se definieron metas orientadas a los cambios que la sociedad debe implementar para preservar los componentes abióticos y bióticos del territorio (Avendano, 2012).

Recolección de datos

La recolección de datos de campo se desarrolló en diversas etapas dentro de las instalaciones de la Institución Educativa Noroccidente de Popayán, ubicada en la vereda La Tetilla. En una fase inicial se diseñó un cuestionario con un lenguaje accesible que permitió a los estudiantes expresar libremente sus ideas, experiencias y valoraciones sobre el área de estudio.

La fase práctica del ejercicio de cartografía social se llevó a cabo mediante la conformación de cuatro grupos de cinco estudiantes, encargados de elaborar mapas del territorio que incluyeran puntos de referencia significativos en su espacio cotidiano. Previo al desarrollo de la actividad, se explicó a los participantes la importancia de los mapeos comunitarios para identificar las actividades antrópicas y naturales del cerro tutelar. Posteriormente, se entregaron los materiales para la elaboración del derrotero, utilizando los colores rojo y naranja para señalar las problemáticas existentes, y el color verde para identificar las zonas sin cambios significativos.

Finalizado el ejercicio de cartografía social, se compartió con los estudiantes y docentes el enlace del formulario de preguntas diseñado en la plataforma Google Forms, a fin de obtener información cuantitativa que permitiera identificar tendencias y patrones. Los resultados de las encuestas se representaron en un dashboard que muestra los porcentajes más relevantes. Desde esta perspectiva, los datos generados por la plataforma en la nube facilitaron el análisis de las respuestas y la visualización clara de las variables estudiadas.

Es importante destacar que la educación ambiental estuvo presente en cada etapa de la recolección de información, especialmente durante la segunda sesión, en la cual se socializaron los aspectos más relevantes relacionados con las problemáticas ambientales identificadas. Esta interacción permitió recopilar información valiosa para los resultados del proyecto y evidenciar el alto nivel de interés y conciencia ambiental de los participantes respecto a los elementos naturales de su localidad.

Finalmente, en el análisis multitemporal y el procesamiento de imágenes satelitales se implementó el algoritmo ISODATA, siguiendo las indicaciones establecidas en la plataforma Google Earth Engine. Para ello, se aplicó codificación en JavaScript que permitió ejecutar una clasificación no supervisada destinada a identificar clústeres basados en similitud espectral, posteriormente asignados a categorías temáticas de coberturas de suelo de Colombia.

Análisis de datos

Los datos obtenidos a través de las herramientas metodológicas de la investigación fueron analizados y descritos de acuerdo con los objetivos establecidos. Este proceso resultó fundamental, ya que permitió identificar y proponer estrategias ambientales orientadas a mitigar las acciones negativas que afectan al ecosistema.

En este sentido, los análisis cualitativos permitieron identificar tendencias asociadas con la per-

cepción del impacto ambiental en el cerro tutelar. La información recolectada evidenció la capacidad de respuesta de una población joven que integró perspectivas propias, familiares y de los docentes de la institución educativa.

Por su parte, los datos cuantitativos se analizaron mediante cartografía temática, la cual mostró las variaciones en la cobertura y el uso del suelo. Estos resultados evidencian el incremento de las actividades humanas en las áreas circundantes al sitio de estudio y su consecuente afectación sobre el ecosistema. Asimismo, destacan los resultados obtenidos a través de la encuesta digital aplicada en Google Forms, que facilitó la generación automática de datos y la detección de tendencias en las respuestas de los participantes.

Limitaciones del estudio

A pesar de la relevancia de los datos recolectados, esta investigación enfrentó algunas limitaciones que afectaron la logística y el desarrollo de los resultados. Entre las principales dificultades se encontraron los problemas de conectividad a internet, que obstaculizaron el acceso al formulario de encuesta en línea, así como la carencia de dispositivos adecuados para consultar el material digital que se pretendía trabajar y compartir en campo con los participantes del estudio.

En este contexto, la disponibilidad de tiempo de los involucrados también se vio restringida, debido a que tanto estudiantes como docentes debían atender las exigencias propias del cierre del período escolar. Estas condiciones pudieron incidir en el alcance interpretativo de las actividades y en la culminación óptima de los objetivos propuestos en campo.

No obstante, se implementaron estrategias para mitigar el impacto de estas limitaciones. Entre ellas, se sustituyeron las encuestas digitales por versiones impresas, que permitieron recolectar la información sin necesidad de conexión permanente a internet, y se ajustaron los plazos de entrega cuando fue posible. De igual modo, las actividades de cartografía social y el taller de educación ambiental se adaptaron a la

disponibilidad horaria otorgada por la institución educativa, procurando optimizar los tiempos durante el desarrollo de las sesiones.

Resultados

Los resultados obtenidos en el trabajo de campo, a partir de la aplicación de las herramientas metodológicas y las observaciones realizadas por los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Noroccidente, ofrecen una perspectiva geográfica sobre los impactos ambientales en el cerro tutelar. La integración de datos cualitativos y cuantitativos facilitó la recolección y el análisis de información espacial, permitiendo describirla y correlacionarla con los aspectos sociales presentes en la zona.

Investigación de campo y análisis de datos

Cuestionario de preguntas

Para este resultado, es importante señalar que la aplicación del cuestionario de preguntas abiertas se realizó antes del desarrollo de los objetivos de campo. Es decir, los aspectos ambientales y las posibles hipótesis consideradas en la investigación no fueron previamente detallados a los estudiantes.

La Tabla 1 evidencia la relevancia de la participación estudiantil, ya que proporciona un conocimiento más local sobre las problemáticas que los alumnos perciben en su entorno, así como la influencia de sus padres a través de las historias y testimonios del lugar. Desde esta perspectiva, Kanu et al. (2018) destacan que el involucramiento participativo es fundamental en la evaluación de impacto ambiental, pues constituye un proceso bidireccional que permite comprender las acciones que los participantes consideran necesarias para controlar y mitigar en sus espacios naturales.

Tabla 1. - Resultado del cuestionario de preguntas abiertas

Tema principal	Hallazgos específicos
Vínculo afectivo o subjetivo con el cerro La Tetilla	Este vínculo se genera a partir de experiencias vividas, caminatas con profesores, familiares y amigos. Otros aspectos son las leyendas o mitos e incluso la percepción cultural que conecta arraigo a este espacio natural.
Percepción de los principales impactos ambientales	Los estudiantes proporcionaron información en común sobre el mal manejo de residuos sólidos, reconocido como un impacto principal, directamente relacionado con la interacción humana, especialmente con los visitantes. Un impacto ambiental bastante mencionado es la deforestación, otro impacto significativo asociado a la actividad humana.
Explotación minera	Surgió hace mucho tiempo lo que causó afectación en el estado físico del cerro tutelar y debilitamiento estructural con amenaza de riesgo de derrumbes graduales. Cabe destacar que actualmente está prohibida la extracción minera, pero dejó una afectación irreversible.
Actividades que generan impactos negativos	• Turismo no controlado, muchas basuras y residuos sólidos presentes en el área. • Tala para adecuación de terrenos: en algunas fincas cercanas al cerro tutelar es evidente la adecuación de terrenos para la siembra de cultivos heterogéneos. • Quemas de bosque y postcosecha: con respecto a la adecuación de terrenos se hace quema de las malezas y madera para dejar el suelo limpio. • Expansión de monocultivos de pino: se evidencia algunos cultivos de bosque de pino. • Construcción de viviendas en la zona: se presentan parcelaciones, en donde se denota gran cantidad de deforestación.
Preocupación por el futuro y la calidad de vida	Los estudiantes mostraron intriga y preocupación sobre cómo los impactos ambientales en El Cerro La Tetilla podrían afectar la calidad de vida de las generaciones futuras. Se resaltó la importancia de los recursos naturales (árboles y ríos) para garantizar el bienestar de la comunidad.

Cartografía social

El ejercicio de cartografía social realizado con los estudiantes evidenció dinámicas propias del aprendizaje territorial participativo. En esta fase se identificaron liderazgos dentro del trabajo grupal, donde algunos participantes dirigieron la representación espacial del área de estudio. Este instrumento facilitó la identificación de impactos ambientales negativos y permitió la espacialización participativa de las problemáticas del ecosistema, señaladas mediante el uso de colores diferenciados.

Los pliegos elaborados por los estudiantes reflejan e identifican los impactos ambientales más significativos (Figura 3). Este reconocimiento espacial permitió localizar, en áreas específicas, las zonas con mayores procesos de degradación ambiental. Un ejemplo de ello se evidencia en las variables cartografiadas que, según las percepciones estudiantiles, muestran una marcada deforestación tanto en la zona de estudio como en su área de influencia. Estas zonas se caracterizan por la escasez de símbolos asociados a la vegetación

Figura 2. - Jóvenes participantes en el ejercicio de cartografía social en el cerro La Tetilla



Fotografía tomada por Méndez y Castrillón, 2024.



y, en su lugar, la presencia predominante de íconos que representan actividades agrícolas, ganaderas o de extracción de recursos naturales.

Al comparar estas percepciones con los datos espaciales obtenidos, se observa que los participantes identificaron patrones coincidentes con los detectados mediante el análisis multitemporal. De esta manera,

la cartografía social validó el conocimiento local como un recurso complementario y de contraste frente a la información derivada de los SIG.

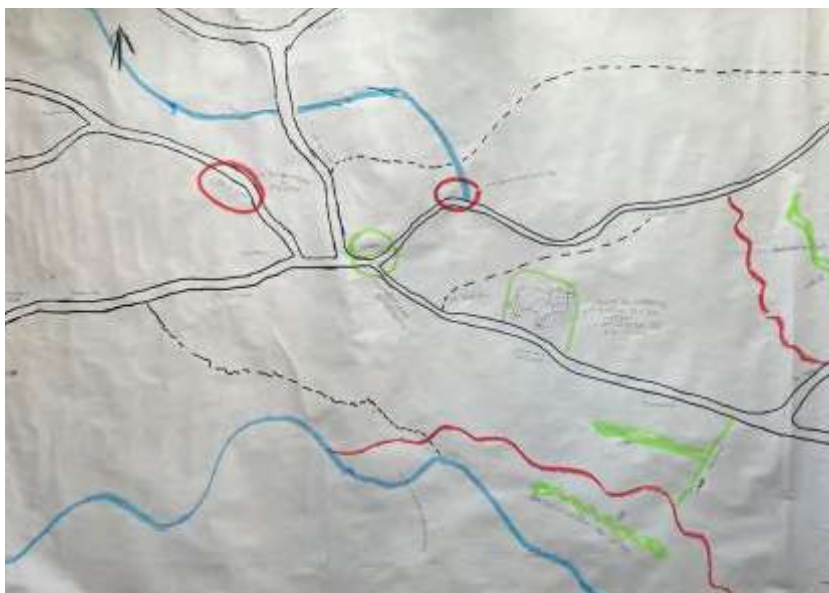
En la Figura 4 se observan diversos cultivos heterogéneos que evidencian la expansión agrícola en las cercanías de los afluentes hídricos, así como la tala de árboles en la zona de influencia del cerro tutelar. En la discusión de estas alteraciones, representadas en la cartografía, se concluyó que dichas problemáticas generan un notable desequilibrio ambiental, acentuado por los deslizamientos de tierra identificados por los participantes y visibles en la figura. Asimismo, se destacó la presencia recurrente de especies faunísticas desorientadas que se desplazan hacia las viviendas y cultivos de la comunidad veredal.

Cada grupo, al representar de manera subjetiva el lugar de estudio, coincidió en señalar la presencia de desechos y residuos sólidos como una problemática recurrente. Este tema fue reiterado en los testimonios de los estudiantes, quienes destacaron

Figura 4. - *Fotografía de cartografía social elaborada colectivamente por estudiantes de décimo grado*



Nota. Mapa mental elaborado por los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Noroccidente Popayán, durante la actividad de cartografía social, 2024.

Figura 5. - Fotografía de cartografía social con representación de cuerpos de agua

Nota. Mapa mental elaborado por los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Noroccidente Popayán, durante la actividad de cartografía social, 2024.

el inadecuado manejo de los residuos por parte de la comunidad y de los turistas. En este sentido, muchas de las cartografías elaboradas evidencian las rutas turísticas más transitadas de la vereda hacia el cerro tutelar, donde suele acumularse una gran cantidad de basura. En conjunto, los mapas incluyen símbolos que representan quemas de desechos o zonas de acumulación de residuos, lo que refleja la aguda percepción del estudiantado frente a las problemáticas ambientales de su territorio (Figura 5).

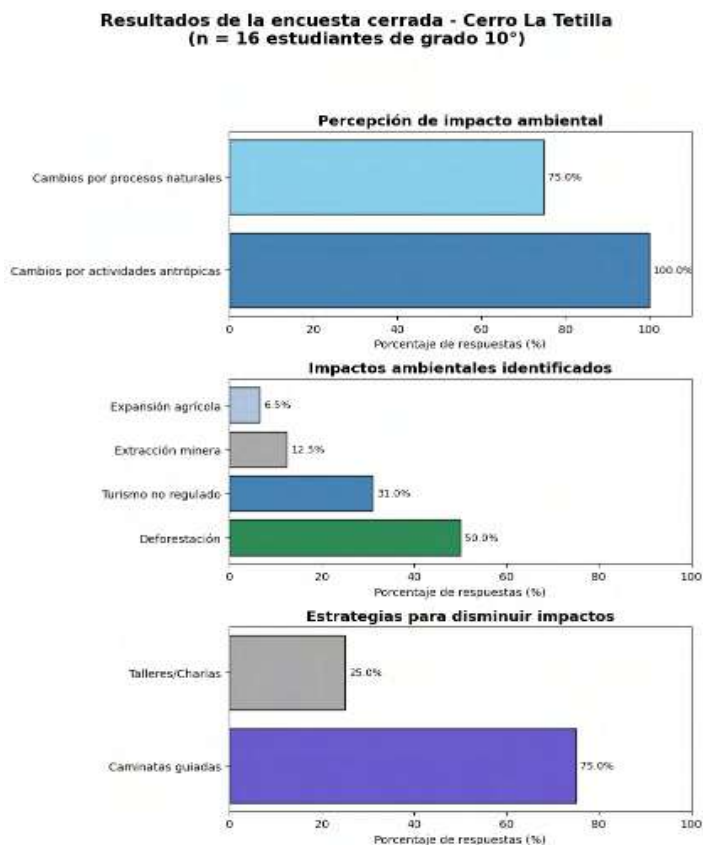
Cuestionario de preguntas cerradas

Tras el ejercicio de cartografía social, se compartió con el grupo de participantes un enlace al formulario de *Google Forms*, cuyo propósito fue que cada uno respondiera preguntas de selección múltiple. Con ello se buscó recopilar datos cuantitativos que fortalecieran la validación del estudio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante esta técnica, representados en un panel de control (*dashboard*) que sintetiza, a través de porcentajes, las tendencias de las respuestas seleccionadas.

Los encuestados reconocieron que las actividades humanas afectan negativamente el medio ambiente en la zona de estudio. Esta afirmación se respaldó con el hecho de que tres cuartas partes de los estudiantes (75 %) han observado cambios evidentes en el entorno natural causados por actividades antrópicas durante los últimos años, mientras que una cuarta parte (25 %) no ha percibido dichas transformaciones. Asimismo, la totalidad de los participantes (100 %) coincidió en que el área de estudio presenta modificaciones significativas en su entorno derivadas de la acción humana, aspectos que fueron objeto de discusión durante la cartografía social y el taller de educación ambiental.

El turismo no regulado fue identificado como una de las actividades más influyentes en comparación con las productivas locales. Esta percepción evidencia que la comunidad estudiantil asocia la presencia de turistas con problemáticas visibles, como la acumulación de basura y el deterioro del paisaje, tal como se refleja en los mapas participativos.

Figura 6. - Resultados de la encuesta cerrada aplicada a estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Noroccidente, vereda La Tetilla, Popayán



Análisis multitemporal para los años 2018, 2022 y 2024

Un estudio multitemporal consiste en realizar análisis orientados a interpretar las coberturas vegetales mediante imágenes satelitales y fotografías aéreas. Esta metodología permite evaluar los cambios ocurridos en distintos periodos de tiempo y analizar la evolución del medio natural en relación con las interacciones humanas. En este sentido, los estudios temporales constituyen un método eficaz para comparar las actividades antrópicas y los tipos de manejo del territorio en el área de estudio (Veloza, 2017).

Del mismo modo, resulta pertinente definir la clasificación no supervisada, una herramienta eficaz para el procesamiento de imágenes satelitales que agrupa los resultados en categorías o clases según los tipos de

cobertura presentes en un área. Este procedimiento analiza los píxeles y los asocia a criterios definidos y a la detección de objetos situados sobre la superficie terrestre, a partir de la información captada por el sensor óptico del satélite (Arango et al., 2005).

A continuación, se presenta la Tabla 2, que compara los periodos de cambio en las coberturas y usos del suelo correspondientes a los años 2018, 2022 y 2024. Para llevar a cabo este análisis se utilizaron los programas QGIS y ArcGIS Pro, con el propósito de aplicar herramientas de análisis espacial que permitieran obtener los datos expuestos en este estudio. Estas herramientas fueron empleadas en el diseño de los mapas y en el cálculo de geometrías y porcentajes asociados a los criterios identificados en la clasificación no supervisada. Cabe mencionar

que las imágenes satelitales de PlanetScope poseen una resolución espacial de cinco metros y fueron procesadas en la plataforma Google Earth Engine, utilizando su editor de código en JavaScript.

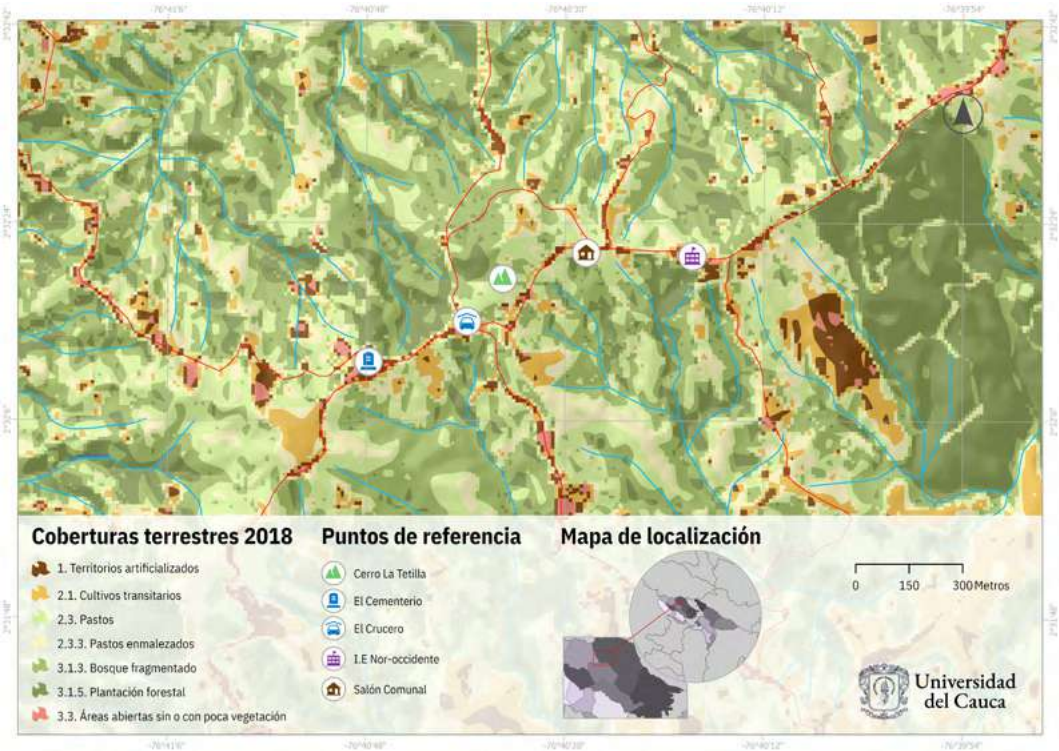
Tabla 2. - Cartografía social elaborada por estudiantes sobre el cerro y la vereda La Tetilla

Coberturas	Mapa del 2018 en áreas (ha) y porcentajes (Figura 7)	Mapa del 2022 en áreas y porcentajes (Figura 8)	Mapa del 2024 en áreas y porcentajes (Figura 9)
2.3.3 Pastos enmalezados	161 hectáreas. 15 % del área total.	274 hectáreas. 25 % del área total.	223 hectáreas 205 % del área total.
3.1.5 Plantación forestal	196 hectáreas. 18 % del área total.	300 hectáreas. 275 % del área total.	296 hectáreas 27 % del área total.
1 Territorios artificializados.	39 hectáreas. 35 % del área total.	47 hectáreas. 4.4 % del área total.	10 hectáreas 1 % del área total.
2.3 Pastos	239 hectáreas. 22 % del área total estudio.	210 hectáreas 20 % del área total.	99 hectáreas 10 % del área total.
2.1 Cultivos transitorios	102 hectáreas. 9,4 % del área total.	121 hectáreas. 12 % del área total.	158 hectáreas. 145 % del área total.
3.1.3 Bosque fragmentado	346 hectáreas. 32 % del área total.	132 hectáreas. 13 % del área total.	253 hectáreas 24 % del área total.
3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación.	8 hectáreas 0,8 % del área total.	9 hectáreas. 0,8 % del área total.	54 hectáreas 5 % del área total.
Total del área de estudio e influencia.	1.093 hectáreas	1.093 hectáreas	1.093 hectáreas

El mapa de coberturas correspondiente al año 2018 (Figura 7) presenta información detallada sobre la distribución de la cobertura del suelo y muestra cómo las clases o clústeres predefinidos permiten inferir los cambios ambientales con mayor incidencia en el cerro tutelar. En este periodo, el territorio se caracteriza por un mosaico de diversos tipos de cobertura, destacándose una mayor presencia de áreas de bosque fragmentado, que representan el 32 % del área total del estudio.

El mapa evidencia extensiones considerables clasificadas como bosque forestal y bosque fragmentado, lo que sugiere que la cobertura boscosa era más amplia en 2018. Este resultado indica que, aunque la deforestación y la degradación ya estaban presentes, su mayor manifestación se observaba principalmente en las zonas destinadas a cultivos transitorios.

Figura 7. - Clasificación no supervisada de cobertura y uso del suelo en el año 2018



Nota. Elaboración propia con imágenes satelitales de alta resolución de Popayán, Colombia (Planet Labs Inc., 2022), datos vectoriales del IGAC (2022) y referencia metodológica de Méndez (2025a).

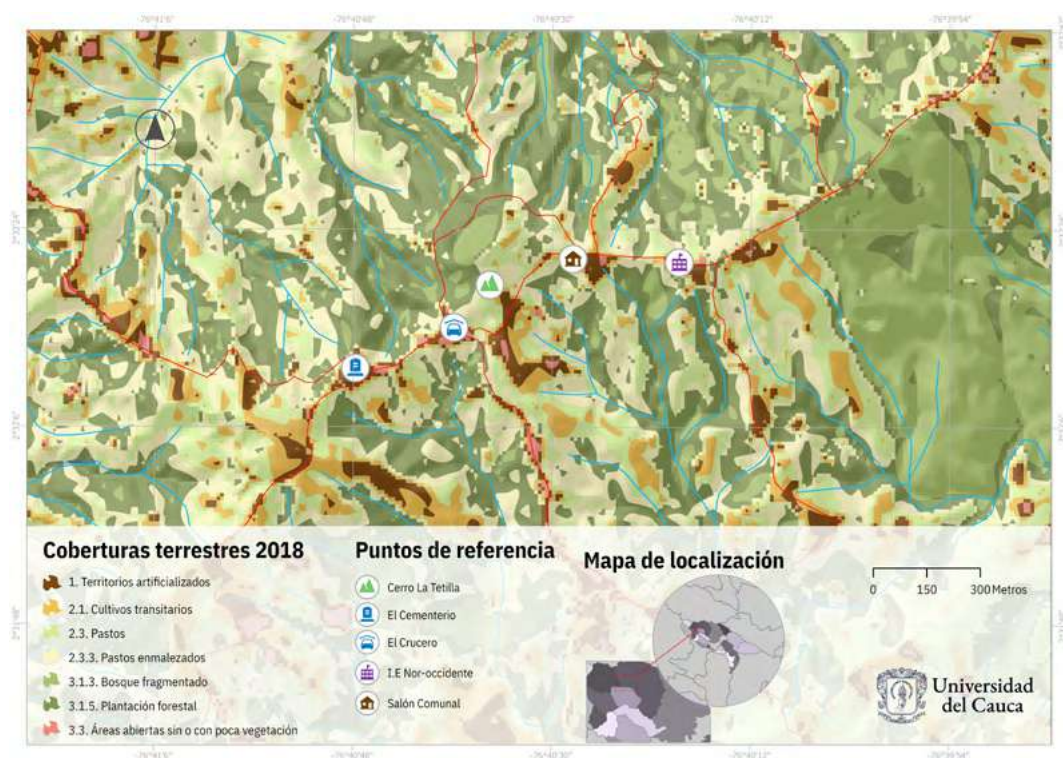
Para los criterios de clasificación de los usos del suelo representados en los mapas, se aplicaron las categorías propuestas por Martínez y Murcia (2010), quienes elaboraron la Leyenda nacional de coberturas de la tierra de Colombia. En términos generales, se adaptó el estilo Corine Land Cover a las siete clases definidas mediante el algoritmo ISODATA, referencia fundamental para la investigación y la representación cartográfica desarrollada en este estudio.

Como se evidencia en la Figura 8, el mapa correspondiente al año 2022 representa los usos del suelo en un área de 1.093 hectáreas, territorio de referencia para las tres cartografías presentadas en esta sección. En este periodo destaca la plantación forestal, que alcanza una extensión de 300 hectáreas, equivalente al 27,5 %. El mapa permite comprender la ubicación y organización geográfica del uso del suelo, así como la marcada intervención humana en la zona.

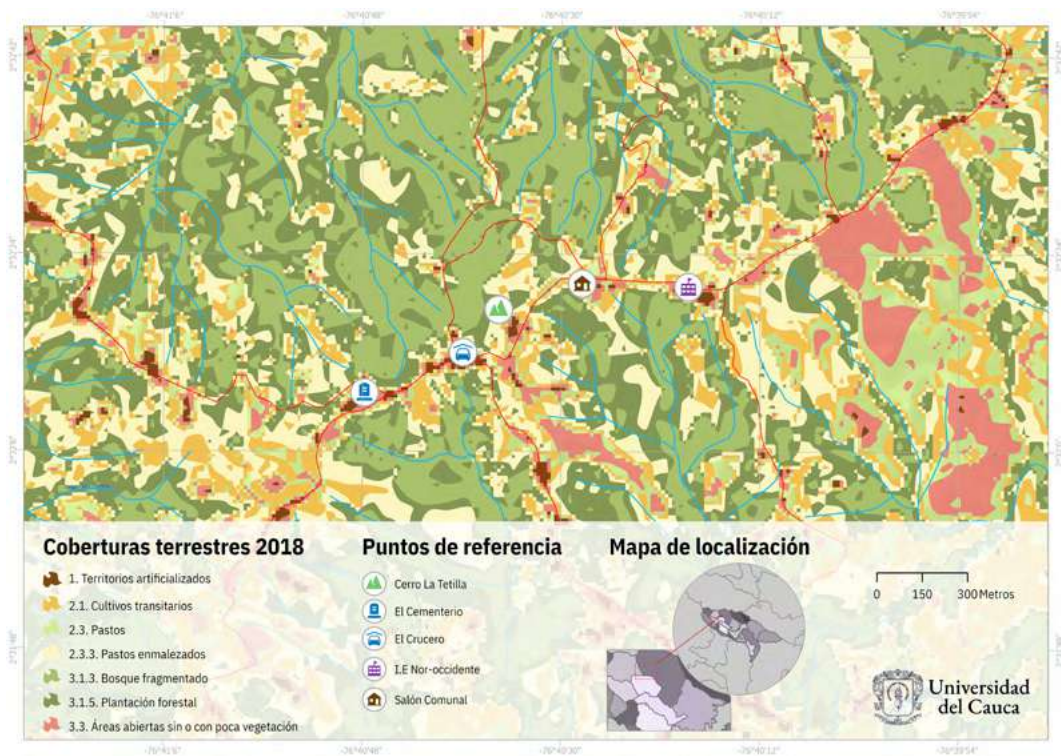
Los patrones espaciales de cambio en el uso del suelo sugieren que el cerro atraviesa un proceso de transformación evidente, que afecta progresivamente el equilibrio natural y ecosistémico. Comprender estos factores resulta esencial para diseñar estrategias efectivas orientadas a mitigar los impactos ambientales.

El mapa correspondiente al año 2024 (Figura 9) refleja el incremento continuo de los cambios en el uso del suelo observados en los años anteriores. El área con escasa vegetación presenta un notable aumento, posiblemente asociado a la tala de bosque plantado. De igual manera, se evidencia la expansión agrícola y el aumento del bosque fragmentado. Estos resultados, derivados del análisis espacial, demuestran la relevancia de los SIG en los estudios de evaluación ambiental, ya que permiten representar los hallazgos y visualizar los cambios sin depender únicamente de los porcentajes de hectáreas correspondientes a cada categoría.

Figura 8. - Análisis multitemporal de cambios en la cobertura del suelo en 2022



Nota. Elaboración propia con imágenes satelitales de alta resolución de Popayán, Colombia (Planet Labs Inc., 2022), datos vectoriales del IGAC (2022) y referencia metodológica de Méndez (2025a).

Figura 9. - Clasificación no supervisada de cobertura y uso del suelo en 2024

Nota. Elaboración propia con imágenes satelitales de alta resolución de Popayán, Colombia (Planet Labs Inc., 2024), datos vectoriales del IGAC (2022) y referencia metodológica de Méndez (2025c).

Las encuestas aplicadas a los estudiantes otorgaron menor importancia a la expansión agrícola (6,5 %); sin embargo, los datos satelitales muestran que la agricultura incide significativamente en la cobertura del suelo. Esta discrepancia entre lo perceptible y lo medido mediante información espacial evidencia la necesidad de combinar distintas fuentes de análisis. Mientras los estudiantes enfatizan en los impactos más visibles —como el turismo y los residuos sólidos—, los datos geospaciales revelan procesos menos evidentes, pero igualmente relevantes para la sostenibilidad del territorio.

Socialización de resultados y taller sobre educación ambiental

La educación ambiental en la enseñanza y el aprendizaje de la educación básica enfatiza la importancia

de incorporarla en las instituciones educativas y en el diseño de proyectos orientados a la evaluación de impactos ambientales. En la actualidad, la educación ambiental se concibe como un conjunto de propuestas que promueven el cuidado de los ecosistemas y fomentan, desde los territorios y las escuelas, diversas pedagogías que estimulan la participación y el interés en las dinámicas naturales y sociales (Pineda y Prieto, 2019; Zamudio-Rodríguez, 2023).

En este sentido, el taller de educación ambiental generó aprendizajes significativos, especialmente durante la socialización de los resultados de la investigación con los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Noroccidente. En este espacio se presentaron los principales hallazgos sobre los impactos ambientales en el cerro La Tetilla; a partir de este ejercicio, se reflexionó sobre las

prácticas que más deterioran el ecosistema y sobre los impactos más relevantes identificados mediante la cartografía social (Figura 10).

Figura 10 - Taller de educación ambiental y socialización de resultados de la investigación



Fotografía de Méndez y Castrillón, 2024.

Ante las problemáticas evidenciadas en el área de estudio, se abordaron los aspectos relacionados con la sostenibilidad y el papel de la geografía como disciplina que busca transformar la perspectiva antropocéntrica, con el fin de fomentar la conciencia ambiental y mitigar los impactos negativos en el entorno. Muchos de los participantes manifestaron su interés en promover el cuidado del cerro y, además, en compartir los aprendizajes adquiridos sobre conciencia ambiental con su comunidad y con los visitantes de la zona.

En el ámbito del ejercicio de educación ambiental, en el que se socializó la información recolectada durante el trabajo de campo, se recogieron diversos comentarios y reflexiones sobre el cuidado natural del área de estudio. Las siguientes son las más destacadas:

1. Preservación del entorno natural

Durante la discusión e intercambio de perspectivas, los estudiantes sugirieron una vigilancia gubernamental y comunitaria que promueva el respeto y la conservación de los ecosistemas del lugar.

2. Mejorar el manejo de residuos y limpieza

En relación con el manejo de residuos sólidos, los testimonios de los participantes evidenciaron una deficiente gestión de las basuras. Por ello, los alumnos propusieron establecer puntos estratégicos con canecas para depositar los desechos, lo que contribuiría a reducir la presencia de residuos en los bosques y nacimientos de agua.

3. Reducción de la contaminación y uso de químicos

Muchas de las actividades agrícolas generan efectos secundarios sobre los entornos naturales. En la discusión del taller de educación ambiental, se mencionaron con frecuencia los envases de venenos o agroquímicos que contaminan los nacimientos de agua, el suelo e incluso provocan la muerte de especies; todas estas secuelas afectan al cerro La Tetilla y su área periférica natural.

Los resultados muestran que el cerro está sufriendo un deterioro ambiental por varios motivos. Esto se evidencia tanto en el turismo como en la deforestación local, lo cual ha sido confirmado técnicamente por la reducción de áreas boscosas. Este intercambio de información facilitó no solo el diagnóstico de impactos, sino también la orientación de estrategias particulares como la regulación turística, los programas comunitarios de educación ambiental y el seguimiento temporal de las variaciones en la cobertura del suelo.

Discusión

La evaluación del impacto ambiental mediante el uso de procesos participativos y análisis espacial tuvo una gran relevancia, tanto para comprender las perspectivas sociales como los cambios naturales en los que incide la acción humana. Gracias a la articulación de estas herramientas de trabajo de campo, fue posible identificar la expansión de problemáticas ambientales a partir de los testimonios de la comunidad estudiantil y la elaboración de mapas cartográficos.

Esta afirmación se refuerza con las vulnerabilidades señaladas por los estudiantes durante el proceso de cartografiar el territorio (ver Figuras 4 y 5). Desde este enfoque, se destacan los resultados cuantitativos que confluyen con los hallazgos cualitativos, evidenciando una tendencia al incremento del impacto ambiental negativo en el cerro tutelar de la vereda La Tetilla.

En este contexto, los métodos empleados para la recolección de datos en campo resultaron pertinentes, como se demuestra en la sección de resultados de este documento. En efecto, se logró evaluar el estado actual del cerro, validado mediante los cambios de cobertura del suelo (véase Tabla 2), que evidencian una variación considerable en los porcentajes de los distintos usos de suelo respecto al total de hectáreas presentes en la zona de estudio.

Lo anterior ratifica lo expuesto por Muñoz y Díaz (2023) sobre el cerro La Tetilla, pues valida la información de este artículo frente a las conclusiones de su estudio de gestión de riesgos en la misma área. Dichos autores señalan que la población local ha ejercido un control socioeconómico que genera impactos ambientales significativos, en algunos casos irreversibles.

De manera comparativa, Rodríguez y Muñoz (2009) destacan la importancia de integrar la participación social en la evaluación ambiental, al considerar que los fenómenos sociales están estrechamente vinculados con las actividades humanas. En este sentido, se reafirma que cada grupo social tiene derecho a exigir la protección de los recursos naturales y participar en la toma de decisiones. Estas consideraciones respaldan la relevancia del presente estudio, pues sus resultados evidencian la preocupación de la comunidad por el manejo de los recursos naturales y la necesidad de contar con apoyo gubernamental o institucional para la conservación del cerro La Tetilla.

Dado el enfoque ambiental establecido en el ejercicio de cartografía social, los estudiantes hicieron relaciones socio-naturales de acuerdo con su experiencia en la comunidad, y de esto se destacan

las zonas representativas (véase Figura 4). Por lo tanto, Sánchez (2015) y Silva (2017) conceden a la geografía el papel principal en la descripción de los fenómenos y sucesos espaciales, incluyendo los impactos ambientales presentes, que a menudo son ignorados o no percibidos a simple vista. De tal manera, estos aspectos geográficos se reflejan en los pensamientos del estudiantado; ello evidencia la percepción geográfica y cómo la geografía humana se constituye en un componente esencial en estos estudios participativos.

La investigación de Bustamante y López (2024) sobre cartografía social valida de manera significativa los hallazgos del estudio en el cerro La Tetilla, al aportar una dimensión pedagógica fundamental. Mientras que el análisis del cerro La Tetilla se centra en la evaluación técnica de los cambios territoriales, su trabajo demuestra cómo la cartografía participativa puede convertirse en una herramienta educativa transformadora.

Según la investigación realizada por Caicedo-Perlaza et al. (2017) en la cuenca del río Súa, se determinó que las acciones humanas, tales como la descarga de residuos sólidos y líquidos, la aplicación de agroquímicos y la tala de árboles, son las principales causas del deterioro ambiental, afectando la calidad del agua y la salud de los residentes. Aunque aplicada a un contexto espacial distinto, en el cerro La Tetilla se evidenció que los estudiantes perciben las mismas dinámicas. Ambas investigaciones emplearon encuestas cerradas para analizar la situación actual de los ecosistemas, destacando la importancia de la participación comunitaria en la detección de estos problemas.

Por consiguiente, en los estudios enfocados en la evaluación de impacto ambiental y en cerros tutelares, Bastidas (2019) presentó un trabajo de grado cuyo objetivo fue evaluar los impactos ambientales generados por las acciones antrópicas en relación con el cerro tutelar de las Tres Cruces, en el municipio de Popayán, departamento del Cauca. La metodología aplicada se basó en un enfoque mixto que combinó la observación directa y el análisis de Corine Land

Cover, con el fin de identificar, mediante estos métodos, las afectaciones de las poblaciones cercanas bajo su área de influencia. La investigación expuesta presenta similitudes importantes con los resultados obtenidos en La Tetilla, pues también define la importancia de utilizar los SIG en la identificación y caracterización de los impactos presentes en un área de estudio, de acuerdo con los cambios de cobertura de suelo (véase Tabla 2).

El análisis multitemporal realizado en el cerro La Tetilla, con las imágenes satelitales correspondientes a los periodos 2018, 2022 y 2024, reveló una degradación acumulativa de la cobertura vegetal, particularmente en las zonas boscosas. Esto podría atribuirse a la expansión agrícola y al desarrollo de asentamientos rurales. Esta tendencia se asemeja a los hallazgos de García y Hachi (2022) en la microcuenca del río Illangama, quienes también documentaron una reducción en la vegetación densa y un incremento en las áreas agrícolas. Sin embargo, su estudio implementó metodologías cuantitativas de análisis biofísico para evaluar la salud vegetal mediante el índice NDVI y la clasificación supervisada, la cual define manualmente seis categorías de cobertura terrestre con base en los criterios del cartógrafo y la teledetección.

En cuanto a la educación ambiental, el taller impartido y socializado con estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Noroccidente demostró ser un método eficaz para fomentar la conciencia ambiental. A partir de esta actividad, los estudiantes propusieron campañas de limpieza, reforestación y regulación del turismo. Este enfoque coincide con lo planteado por Maldonado (2005) y Quiva y Vera (2010), quienes sostienen que la educación ambiental no debe limitarse a la identificación de problemas o a la planeación de posibles soluciones, sino que debe promover la acción colectiva y la responsabilidad compartida de las comunidades hacia el cuidado de los ecosistemas.

Como resultado del proceso de actividades desarrolladas en campo, se obtuvieron hallazgos relevantes; sin embargo, es necesario reconocer ciertas limitaciones

que afectaron el estudio. En este sentido, la principal limitación fue el tamaño de la muestra: un grupo reducido de veintiún estudiantes del grado décimo, que pudo haber sido más amplio. No obstante, por criterios institucionales del colegio, solo fue posible trabajar con dicho grupo. Aunque el trabajo con el estudiantado resultó satisfactorio, una muestra mayor habría permitido obtener un análisis más robusto y una base de datos más amplia para identificar con mayor precisión las tendencias en la evaluación del impacto ambiental.

En esta perspectiva, se reconoce que los datos pudieron en alguna forma no tener sesgos de autonomía por los involucrados; esto se refiere a las preguntas abiertas o cartografía social, donde se necesitaba autonomía de respuesta. Resulta claro describir el acondicionamiento de amigos y compañeros en respuestas individuales e incluso a la hora de cartografiar e indicar los impactos ambientales.

Otro aspecto que constituye una limitación se relaciona con los datos utilizados en el manejo de las herramientas de los SIG, ya que, en muchos casos, la información disponible se encuentra desactualizada o carece de componentes necesarios para realizar análisis más amplios. De forma similar, las imágenes satelitales presentan limitaciones en cuanto a su disponibilidad y resolución, lo que dificulta una teledetección más precisa y detallada de las coberturas del suelo.

Por otro lado, las sugerencias para futuras investigaciones, derivadas de los hallazgos de este estudio, tienen implicaciones significativas para distintos sectores. En particular, para los investigadores en geografía y educación ambiental, se resalta la utilidad de la cartografía social participativa como herramienta para involucrar a las comunidades locales en la identificación y mitigación de impactos ambientales.

Asimismo, el uso del análisis espacial y de los SIG para evaluar los cambios en la cobertura del suelo ofrece una metodología replicable en otros contextos geográficos. Este estudio propone un enfoque inter-

disciplinario que combina métodos cuantitativos y cualitativos para comprender las dinámicas entre la sociedad y el medio ambiente, integrando las percepciones locales con los datos técnicos.

Conclusiones

La culminación de esta investigación permitió evaluar el estado ambiental y las principales problemáticas socioambientales que afectan el cerro tutelar de la vereda La Tetilla. Además, el proceso evidenció la interdisciplinariedad de la geografía como ciencia esencial para el estudio de los fenómenos naturales y sociales, así como la relevancia del papel del geógrafo contemporáneo en la planeación territorial y la evaluación de impactos ambientales.

Entre los aportes más destacables se encuentra la articulación de las perspectivas geográficas desde las líneas de investigación humana y física, lo que demuestra el valor de integrar ambos enfoques para analizar el comportamiento social y sus implicaciones en un territorio determinado.

En este sentido, se resalta la importancia de reconocer los impactos ambientales observados durante el trabajo de campo mediante las metodologías aplicadas en este estudio, las cuales permitieron obtener una visión integral de las dinámicas sociales y ambientales de la comunidad. Cada avance del proceso representó un aporte significativo a la investigación geográfica y a la comprensión del papel del geógrafo investigador en la gestión ambiental.

Los resultados permiten concluir que las principales afectaciones del ecosistema se deben, en mayor medida, a las acciones humanas que a los fenómenos naturales. Esta situación evidencia la necesidad de una gestión ambiental urgente orientada a disminuir las prácticas negativas en el entorno.

Se recomienda iniciar con el control de la expansión urbana, ya que se identificaron múltiples parcelaciones cercanas a un área que podría consolidarse como una reserva natural. De igual manera, la expansión agrícola y pecuaria representa una amenaza para

las zonas de bosque fragmentado, debido a la tala de árboles para la apertura de nuevos terrenos de cultivo y al uso de agroquímicos que contaminan los nacimientos de agua.

Una de las problemáticas que más preocupa a los involucrados es el turismo no regulado. Muchas de las personas que visitan el cerro tutelar tienden a arrojar basuras, cortar la vegetación y maltratar las especies que habitan en el entorno. Estas afirmaciones provienen de la comunidad estudiantil, la cual busca soluciones a las problemáticas ambientales de su vereda. Por lo tanto, los participantes confirman la necesidad de fomentar la educación ambiental para sensibilizar a la comunidad y a los visitantes sobre la importancia de conservar este ecosistema. Tal como se señaló en la sección de resultados, varios participantes manifestaron recomendaciones para mejorar el estado ambiental y promover el cuidado de entornos naturales como el cerro La Tetilla.

Las limitaciones metodológicas también influyeron de manera significativa en el desarrollo del estudio. La corta duración del calendario académico escolar redujo la profundidad de algunas actividades participativas y de trabajo de campo, lo que sugiere que futuras investigaciones podrían beneficiarse de una extensión temporal más amplia. Además, el hardware empleado para el procesamiento de datos en los sistemas de información geográfica presentó restricciones que dificultaron el análisis de grandes volúmenes de información. Para mejorar la eficiencia y precisión en estudios posteriores, se recomienda disponer de equipos más potentes y acceder a imágenes satelitales de mayor resolución.

Finalmente, este estudio resalta la necesidad de continuar investigando la línea ambiental del cerro La Tetilla. En ese sentido, las futuras investigaciones deberían centrarse en la implementación y evaluación de programas de educación ambiental, el monitoreo de los cambios en la cobertura del suelo y el diseño de estrategias de mitigación de impactos. Asimismo, resulta fundamental incorporar metodologías inter-

disciplinarias que integren el conocimiento local con herramientas tecnológicas, con el fin de promover una gestión ambiental más efectiva y sostenible.

Agradecimientos

Se agradece a la Institución Educativa Noroccidente de Popayán por brindar el espacio y facilitar la participación de los estudiantes en el desarrollo de esta investigación. Asimismo, se reconoce el valioso apoyo de Bladimir Piso Gonzales en la realización de los ejercicios de cartografía social y en la aplicación de las encuestas. Finalmente, se expresa gratitud a todas las personas que colaboraron en el proceso de recolección de datos y en la socialización de los resultados.

Referencias

- Aponte P, F. A. (2005). El papel del geógrafo en los estudios de Impacto Ambiental (EIA). *Terra Nueva Etapa, XXI* (30), 13-27.
- Arango, M.; Branch, J. y Botero, V. (2005). Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "Landsat – etm+". *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, (58). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So304-28472005000100004
- Arenas Ocampo, O. A. (2021). *Análisis multitemporal del impacto ambiental ocasionado por la deforestación generada por la minería ilegal en el nordeste antioqueño, sobre el río nechí y sus afluentes* [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva]. Granada <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/c63ec1e2-bd8b-4d41-a89d-1a7b537c1a25/content>
- Avedano C., W. R. (2012). La educación ambiental (EA) como herramienta de la responsabilidad social (RS). *Luna Azul*, (35), 94-115.
- Bamberger, M. (2012). *Introducción a los métodos mixtos de la evaluación de impacto* (p. 42) [Guía técnica]. <https://www.interaction.org/wp-content/uploads/2019/04/3-Mixed-Methods-in-Impact-Evaluation-SPANISH.pdf>
- Bastidas, A. (2019). *Evaluación de impacto ambiental de las actividades antropogénicas generadas en el cerro tutelar "la eme" o las tres cruces" ubicado en el municipio de Popayán departamento del Cauca* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Autónoma de Cauca]. <https://repositorio.uniautonomadeuca.co/handle/123456789/284>
- Bocco, G. y Urquijo, P. (2013). Geografía ambiental: reflexiones teóricas y prácticas institucionales. *Región y sociedad*, 25(56). <https://doi.org/10.22198/rvs.201356.a100>
- Bustamante, C. y López, C. (2024). La cartografía social en clave de educación ambiental para comprender la escuela-territorio. *Territorios*, (50). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.11660>
- Caicedo-Perlaza, L., Valverde-Medina, L. y Lima-Cazorla, L. (2017). Evaluación de impactos ambientales por acción antrópica en la Cuenca del Río Súa. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, (3). <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.20173.3.mon1.ago>
- Carrión, P. y Pérez, M. (2022). La cartografía social como herramienta de investigación participativa del territorio. Diagnóstico de paisajes ancestrales en comunidades indígenas de la Amazonia ecuatoriana. *PA-SOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 20(1), 123-137. <https://doi.org/10.25145/jpasos.2022.20.008>
- Espinoza, G. (2002). *Gestión y fundamentos de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Centro de Estudios para el Desarrollo (CED).

- García Culqui, C. y Hachi Pazmiño, M. (2022). Análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del río Illangama. *Revista de Investigación Talentos*, 9(2), 101-116. <https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.173>
- García Pachón, M. Del D. (Ed.). (2017). Medio Ambiente y Ordenamiento del territorio (1.a ed.). Universidad del Externado. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18msnmv>
- IGAC. (2022). *Representación del área de estudio, Cerro tutelar la Vereda La Tetilla, corregimiento Santa Rosa, Popayán Cauca* [Map]. Datos Abiertos Cartografía y Geografía del IGAC.
- Jaimes Figueroa, E. J. y Camelo Lozano, R. (2016). *Evaluación del impacto ambiental generado por la minería de cielo abierto en la cantera Cerro Colorado en el barrio Juan José Rondón, Ciudad Bolívar, Bogotá D. C.* [Tesis de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20252?show=full>
- León Peláez, J. D. (2002). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo*. Medellín, Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3257>
- López, M. B. (1994). *Minería en el Cauca. Popayán*. Servicio Nacional de Aprendizaje Programa de Minería.
- Maldonado Delgado, H. A. (2005). La educación ambiental como herramienta social. *Geoenseñanza*, 10(1), 61-67.
- Martínez, N. J. y Murcia, U. G. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia: escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Méndez, L. A. (2025a). *Análisis multitemporal para el cambio de coberturas en el municipio de Puerto Boya-* cá [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Méndez, L. A. (2025b). *Clasificación no supervisada de cobertura y uso del suelo, año 2018* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Méndez, L. A. (2025c). *Clasificación no supervisada de cobertura y uso del suelo, año 2024* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Muñoz Rivera, D. A. y Garzón Díaz, D. (2023). *Caracterización de escenario de riesgo por movimientos en masa a través del diagnóstico participativo con la comunidad educativa de la Institución Noroccidente de Popayán, sede la Tetilla, una propuesta para reducción del riesgo desde las Aulas* [Tesis de especialización, Fundación Universitaria de Popayán]. <https://fupvirtual.edu.co/repositorio/files/original/0925bd-d477e4acb8583912fd0bf8c8f92783d608.pdf>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. s. n. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Ortiz Guzmán, M. E. (2012). *Caracterización de la geomorfología y paisaje en la etapa de diagnóstico ambiental Inicial en la zona de influencia del proyecto de generación hidroeléctrica Julumito del Municipio de Popayán, Cauca* [Informe final de grado, Universidad del Cauca]. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/6761>
- Pineda Cipagauta, J. A. y Prieto González, G. E. (2019). La educación ambiental en la enseñanza y aprendizaje en la educación básica. *Rastros y Rostros del Saber*, 3(4), 26-32.
- Quiva, D. y Vera, L. (2010). La educación ambiental como herramienta para promover el desarrollo sostenible. *Revista Telos*, 12(3), 378-394.

- Rodríguez Jiménez, A. y Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 175-195.
- Rodríguez, G. A. y Muñoz Ávila, L. M. (2009). *La participación en la gestión ambiental un reto para el nuevo milenio*. Universidad del Rosario.
- Sánchez, L. E. (2010). *Evaluación del impacto ambiental: Conceptos y métodos*. Ecoe Ediciones.
- Sánchez Ayala, L. (2015). *Geografía humana: conceptos básicos y aplicaciones*. Universidad de los Andes.
- Schettini, P. y Cortazzo, I. (2015). *Análisis de datos cualitativos en la investigación social: Procedimientos y herramientas para la interpretación de información cualitativa*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/49017>
- Silva, B. (2017). Cartografía social y ambiental como mecanismo de participación campesina: Experiencia en la zona de reserva campesina de Cabrera, Cundinamarca (2017). *Revista Ciudad Paz-ando (RCP)*, 13(1), 55-68. <https://doi.org/10.14483/2422278X.13967>
- Díez Tetamanti, J. M. (2018). *Cartografía social: Claves para el trabajo en la escuela y las organizaciones sociales*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
- Valpreda, E. C., Gudiño, M. E. y Villegas de Lilo, M. B. (2002). La evaluación de impacto ambiental y el Ordenamiento Territorial. *Proyección*, 1(2), 1-13.
- Vélez Torres, I., Rátiva Gaona, S. y Varela Corredor, D. (2012). Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afrodescendiente de la cuenca alta del río Cauca. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(2), 59-73. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v21n2.25774>
- Veloza, P. (2017). *Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora "Casablanca" en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: Aportes para el ordenamiento territorial municipal*. CIAF-IGAC.
- Zamudio-Rodríguez, C. (2023). *Política nacional de educación ambiental en Colombia ¿Una cuestión de valores?* Universidad del Rosario.
- INE. (2000). *La evaluación del impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000 (2000.a ed.)*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) de México. http://centro.paot.org.mx/documentos/ine/eva_impacto_ambiental.pdf