

USO DE HERRAMIENTAS SIG EN LA DETERMINACIÓN DE
COMPENSACIONES POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD FORESTAL EN
COLOMBIA

MAURICIO ANDRÉS BRITO SOLANO

MARIA PAULA HERNANDEZ ACEVEDO

JERSSON JOSÉ MOSQUERA LOPEZ

Autores

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de Especialistas en Sistemas de Información Geografica

Director:

Ing. Jose Fernando Mejia Correa

Codirector:

Ing. Alejandro Peláez Arango

Línea de Investigación

Seguridad de la Información

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la pérdida de biodiversidad forestal en Colombia, un desafío crítico que afecta el equilibrio ecológico y los servicios ecosistémicos. El objetivo principal es optimizar el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la evaluación precisa de las compensaciones por la pérdida de biodiversidad en proyectos en Colombia. Se empleó una metodología mixta que incluyó el análisis espacial de datos geospaciales y encuestas a organizaciones públicas y privadas sobre el uso de tecnologías para la toma de decisiones ambientales.

Los resultados evidencian que las herramientas SIG permiten identificar áreas de alta biodiversidad y evaluar el impacto de actividades humanas, facilitando decisiones informadas sobre compensaciones. Se identificaron falencias en la implementación de medidas de restauración y conservación efectivas por parte de las entidades. Además, la integración de datos y análisis geospaciales mejora la efectividad de las compensaciones propuestas.

La investigación concluye que el uso adecuado de SIG es fundamental para la gestión de compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal en Colombia. Se observó una adopción significativa de estas herramientas en empresas y entidades académicas, destacándose su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y facilitar análisis espaciales. Aunque se identificaron limitaciones en la integración de datos en algunos casos, los SIG son esenciales para identificar áreas prioritarias para la restauración y para un monitoreo continuo, mejorando así la toma de decisiones en la gestión de recursos ambientales.

Palabras Clave:

- Sistemas de Información Geográfica (SIG)
- Compensación por pérdida de biodiversidad
- Biodiversidad forestal
- Evaluación de impacto ambiental
- Restauración ecológica
- Conservación de recursos naturales
- Análisis espacial de datos

ABSTRACT

This research addresses the issue of forest biodiversity loss in Colombia, a critical challenge that impacts ecological balance and ecosystem services. The main objective is to optimize the use of Geographic Information System (GIS) tools for the accurate assessment of compensations related to biodiversity loss in projects across Colombia. A mixed methodology was employed, including spatial analysis of geospatial data and surveys of public and private organizations regarding the use of technologies for environmental decision-making.

The results demonstrate that GIS tools enable the identification of high biodiversity areas and the evaluation of human activity impacts, facilitating informed decisions on compensations. Shortcomings in the implementation of effective restoration and conservation measures by entities were identified. Furthermore, the integration of data and geospatial analysis enhances the effectiveness of proposed compensations.

The research concludes that the proper use of GIS is fundamental for managing compensations for forest biodiversity loss in Colombia. A significant adoption of these tools was observed in companies and academic entities, highlighting their capacity to process large volumes of data and facilitate spatial analysis. Although limitations in data integration were identified in some cases, GIS is essential for identifying priority areas for restoration and for continuous monitoring, thereby improving decision-making in environmental resource management.

Keywords:

- Geographic Information Systems (GIS)
- Compensation for biodiversity loss
- Forest biodiversity
- Environmental impact assessment
- Ecological restoration
- Natural resource conservation
- Spatial data analysis

CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	9
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA.....	9
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. ANTECEDENTES.....	15
4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	18
5. REFERENTE TEÓRICO.....	20
6. METODOLOGÍA.....	22
6.1 ENFOQUE METODOLÓGICO	22
6.2 TIPO DE ESTUDIO	23
6.3 PROCEDIMIENTO.....	24
7. RESULTADOS	31
8. CONCLUSIONES	43
9. RECOMENDACIONES.....	45
10. BIBLIOGRAFÍA.....	47

Abreviaturas

Abreviatura	Término
-------------	---------

<i>SIG</i>	Sistemas de Información Geográfica
------------	------------------------------------

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

1.1 Descripción del área problemática

La pérdida de biodiversidad forestal en Colombia representa un desafío crítico que se manifiesta a través de la deforestación, la degradación de ecosistemas y la disminución de especies nativas. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021), el país ha perdido aproximadamente 1.2 millones de hectáreas de bosques en la última década, lo que pone en riesgo no solo la flora y fauna, sino también los servicios ecosistémicos que sustentan la vida de las comunidades locales. Este fenómeno está relacionado con diversas variables, tales como la expansión agrícola, la minería y la urbanización descontrolada, que exacerbaban la presión sobre los recursos naturales.

El estado actual de la problemática revela que, a pesar de los esfuerzos por implementar políticas de conservación, existen brechas significativas en la compensación por la pérdida de biodiversidad. En el ámbito nacional, se observa una falta de herramientas efectivas para cuantificar y valorar adecuadamente los impactos de la deforestación, lo que limita la capacidad de respuesta ante esta crisis ambiental. A nivel mundial, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha demostrado ser una estrategia efectiva en la evaluación y manejo de la biodiversidad, pero su aplicación específica en contextos colombianos aún necesita ser explorada y adaptada.

Esta investigación se sitúa en el contexto geográfico de las regiones forestales de Colombia, especialmente en áreas como el Amazonas y la región del Chocó, donde la biodiversidad es particularmente rica y vulnerable. El fenómeno de la pérdida de biodiversidad

no solo ocurre en un espacio físico delimitado, sino que también se ve influenciado por factores socioeconómicos, culturales y políticos que varían en el tiempo y lugar. Así, es importante considerar las circunstancias particulares que rodean cada caso de pérdida de biodiversidad, las cuales pueden diferir notablemente entre regiones y épocas.

Por lo tanto, el ámbito circunstancial de esta investigación se centra en el análisis de cómo las herramientas SIG pueden ser implementadas para establecer compensaciones eficaces por la pérdida de biodiversidad, teniendo en cuenta las características específicas de cada región y los aspectos cualitativos de las comunidades afectadas. Esta investigación busca llenar el vacío existente en la aplicación de metodologías innovadoras que integren datos geoespaciales para abordar esta problemática de manera integral y contextualizada.

1.2 Formulación del problema

La pérdida de biodiversidad se ha convertido en una preocupación crítica, afectando ecosistemas y comunidades en todo el mundo. Este fenómeno es particularmente alarmante en países megadiversos como Colombia, donde la biodiversidad forestal no solo sustenta la vida silvestre, sino que también es vital para el bienestar de las comunidades locales.

En este marco, surge la necesidad de explorar estrategias efectivas para abordar la compensación por la pérdida de biodiversidad. Un enfoque prometedor es el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han demostrado su capacidad para proporcionar análisis geoespaciales precisos y datos integrados que pueden informar la toma de decisiones en la conservación.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, surge el siguiente interrogante: ¿Cómo pueden los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ser utilizados para establecer compensaciones efectivas por la pérdida de biodiversidad forestal en Colombia?

Esta pregunta investigativa, se enfoca específicamente en la capacidad de los SIG para contribuir a la formulación de políticas de compensación que respondan a la crisis de biodiversidad en el país. A través de la investigación, se busca no solo responder a esta inquietud, sino también ofrecer alternativas prácticas que mejoren la gestión ambiental y apoyen la sostenibilidad de los ecosistemas en las regiones más afectadas.

1.3. Justificación

Los proyectos de desarrollo a menudo generan impactos negativos en la biodiversidad, como la pérdida de hábitats y especies. Para mitigar estos impactos, se implementan medidas de compensación, como la restauración de áreas degradadas o la creación de nuevas áreas verdes.

La Constitución de Colombia, en su artículo 8 indica que el estado y los particulares deben proteger las riquezas naturales de la nación; así mismo establece la importancia ecológica de la propiedad y el derecho como seres humanos de disfrutar de un medio ambiente sano.

Colombia, como país megadiverso, alberga una gran variedad de ecosistemas, incluyendo bosques tropicales, páramos, humedales y selvas. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, persisten desafíos en la gestión de la biodiversidad (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, 2016). Entre estos desafíos se encuentran la falta de datos precisos,

la subutilización de herramientas disponibles y la necesidad de capacitar a profesionales de distintas áreas en su uso efectivo.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas potenciales para analizar datos espaciales y tomar decisiones informadas. Permiten la integración de información geoespacial, como mapas, imágenes satelitales, datos topográficos y de uso del suelo. La gestión cartográfica de diferentes aspectos temáticos puede ayudar a analizar, evaluar y representar prácticamente cualquier aspecto territorial que se requiera (Rodríguez, 2022).

La evaluación precisa de las áreas de compensación es crucial para garantizar que cumplan con los objetivos de conservación y restauración. Los Sistemas de Información Geográfica pueden ayudar a identificar áreas estratégicas, evaluar la conectividad ecológica y monitorear el éxito de las intervenciones.

En los estudios ambientales de proyectos, obras o actividades, se identifican impactos ambientales identificados que conlleven a la pérdida de biodiversidad en las áreas de intervención y que no pueden ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos, los cuales deben ser resarcidos a través de medidas de compensación.

Las medidas de compensación garantizarán la conservación efectiva o restauración ecológica de un área ecológicamente equivalente, donde se logre generar una nueva categoría de manejo, estrategia de conservación permanente o se mejoren las condiciones de la biodiversidad en áreas transformadas o sujetas a procesos de transformación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).

Un área ecológicamente equivalente o de equivalencia ecológica se refiere a áreas de ecosistemas naturales y/o vegetación secundaria que mantienen especies y comunidades

similares a los presentes en el ecosistema natural o vegetación secundaria impactados y que tienen una viabilidad ecológica similar por área, condición y contexto paisajístico.

Con la presente investigación, surge la necesidad de estudiar y dar a conocer los diferentes usos de las herramientas SIG para así lograr una evaluación precisa y efectiva de las compensaciones por la pérdida de biodiversidad forestal en la ejecución de proyectos en Colombia.

En resumen, este proyecto busca aprovechar las herramientas SIG para mejorar la evaluación de las compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal en Colombia. La comprensión de los antecedentes y la aplicación efectiva de estas herramientas contribuirán a una gestión más sostenible y responsable del entorno natural.

Por otra parte, la importancia teórica radica en la contribución que se está realizando al potenciar y dar a conocer el uso de las herramientas SIG en la determinación de compensaciones ambientales, aportando información trascendental sobre la importancia de este, sus ventajas y formas de aplicación en el campo ambiental. Así mismo, sirve de soporte práctico para otros autores, quienes a través de la implementación de herramientas geoinformáticas optimizarán el desarrollo de sus propuestas ambientales y sociales.

De igual manera, la importancia social es la contribución favorable en la toma de decisiones en los proyectos de desarrollo en Colombia, aprovechando el uso de softwares y tecnologías para la determinación de decisiones en los componentes ambiental y socioeconómico.

Finalmente, el interés social en este proyecto implica considerar no solo los aspectos técnicos y ambientales de un proyecto, sino también cómo las compensaciones mal determinadas y ejecutadas, afectan a las personas y comunidades en Colombia.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Optimizar el uso de las herramientas SIG para la evaluación precisa y efectiva de las compensaciones por la pérdida de biodiversidad forestal en la ejecución de proyectos en Colombia.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.
- Evaluar mediante el análisis de datos cualitativos, la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.
- Determinar la efectividad con la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones sobre posibles escenarios de compensación.
- Implementación de herramientas SIG para la determinación de áreas de cobertura, ecosistemas y Cuencas hidrográficas para la identificación de posibles escenarios de compensación.

3. Antecedentes

Con el objetivo de fortalecer la fundamentación teórica de la presente investigación, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios relacionados con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal. En los últimos años, el uso de estas herramientas tecnológicas ha experimentado un notable auge en Colombia, siendo cada vez más empleadas para la toma de decisiones en proyectos de investigación, consultorías y obras. Esta creciente adopción resalta la importancia de entender cómo los SIG pueden contribuir a la evaluación y gestión de compensaciones ambientales, y subraya la necesidad de integrar conocimientos previos para abordar eficazmente la problemática de la biodiversidad en el país.

(Torres, 2020) , en su estudio: “Implementación de una herramienta sig, para la consolidación de la información de los sistemas de acueducto y alcatarillado de departamento de Cundinamarca que reposa en empresas públicas de Cundinamarca” para optar al título de Especialista en recursos hídricos en la Universidad Católica de Colombia, tuvo como finalidad actualizar los proyectos de estudios, diseños y optimizaciones a nivel de preinversión que se han generado por medio de la gobernación de Cundinamarca.

Con los resultados obtenidos, el autor concluyó, que las entidades que generen proyectos, debe crear sistemas de información geográfica en donde, incorporen los datos básicos del contrato, su respectiva localización, y esta sean de fácil acceso para la comunidad, lo que permitirá una mejor interacción entre estas. Sobre la base de las consideraciones anteriores, su utilidad radicará en el desarrollo del marco teórico.

(Pedraza, 2016) en su estudio “Implementación de un SIG para la compensación forestal de la concesión autopista Bogotá Girardot tramo Fusagasugá” para optar al título de

Ingeniero Civil en la Universidad Santo Tomas, tenia como proposito Implementar un SIG que contenga la información predial y el número de especies sembradas por predio de la compensación forestal de la concesión Bogotá Girardot, tramo variante de Fusagasugá.

En dicho estudio, la recopilación de datos fue una tarea conjunta con la coordinación ambiental de la Concesión Autopista Bogotá Girardot, y un representante de la CAR. Asi mismo, consistió en un recorrido de campo donde se visitó cada uno de los predio intervenidos para levantar un cuadro con las cantidades de árboles sembrados clasificados por especie.

Con los resultados obtenidos, el autor concluyó que un modelo basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) facilita la planificación de futuros proyectos viales y concesiones de cuarta generación, permitiendo que desde el inicio se diseñen sus compensaciones forestales utilizando un SIG como el que se presenta aquí. Este trabajo representa una innovadora iniciativa en su tipo, enfocada en la compensación forestal. Esta investigación facilita la construcción de las bases teóricas, sobre la base de las consideraciones anteriores, su utilidad radicará en el desarrollo del marco teórico.

Con este antecedente se pueden encontrar similitudes pues sus resultados son coherentes con los referentes teóricos de la presente investigación, debido a la profundidad en el estudio. No obstante, su metodología no puede ser adoptada debido a que está limitada a un tipo específico de proyecto, mientras que la presente investigación rpesenta un contexto mas amplio para la aplicación de compensaciones por perdida de biodiversidad forestal en Colombia.

(Restrepo, 2020) en su estudio “Guia practica de contextualizacion de las compensaciones ambientales en Colombia” para optar al titulo de Especialista en preservacion

y conservación de los recursos naturales de la universidad Pontificia Bolivariana, tenía como propósito formular un documento que centralice y simplifique la información actualizada sobre compensaciones ambientales en Colombia, en relación con sus conceptos, aplicabilidad, retos y oportunidades de mejora. El cual tuvo en cuenta los postulados de Silva (2016).

La metodología del trabajo se basó en una revisión documental descriptiva y aplicada con el fin de recopilar información disponible de fuentes primarias y secundarias. Se realizó revisión bibliográfica y recopilación de información sobre antecedentes y el estado actual de las compensaciones ambientales en Colombia, además del diseño de un esquema gráfico.

Como resultado de la investigación el autor obtuvo que es necesario generar más contenido explicativo que centralice y sintetice el tema de compensaciones en Colombia, fortaleciendo su divulgación en diferentes públicos académicos, empresariales, institucionales, entre otros.

4. Referente normativo y legal

- Constitución Política de Colombia (1991): La Constitución establece el derecho a un ambiente sano y equilibrado, protegiendo la biodiversidad y los ecosistemas. Este marco constitucional es fundamental para cualquier normativa relacionada con la conservación y la compensación por pérdida de biodiversidad.
- Ley 99 de 1993: Crea el Ministerio del Medio Ambiente y establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Esta ley es clave para la gestión ambiental en Colombia y proporciona las bases para la implementación de políticas que regulan la conservación de la biodiversidad y el uso de herramientas tecnológicas en la evaluación ambiental.
- Ley 361 de 1997: Esta ley establece medidas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, promoviendo la importancia de la tecnología en la gestión ambiental. Es relevante para justificar el uso de herramientas SIG en la evaluación de compensaciones.
- Ley 1333 de 2009: Establece el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo, que regula los trámites y permisos necesarios para la ejecución de proyectos que puedan impactar el medio ambiente, incluidas las compensaciones por pérdida de biodiversidad.
- Decreto 2820 de 2010: Este decreto reglamenta la Ley 99 de 1993 y establece criterios específicos para la evaluación de impacto ambiental (EIA), donde se pueden incluir herramientas SIG para el análisis espacial de datos. Es fundamental para la implementación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.

-
- Resolución 1362 de 2015: Establece lineamientos para la compensación por pérdida de biodiversidad en proyectos de desarrollo. Esta resolución proporciona un marco normativo específico que apoya el uso de herramientas SIG en la evaluación y planificación de compensaciones.
 - Política Nacional de Biodiversidad (2016): Define las estrategias y acciones para la protección y uso sostenible de la biodiversidad. La política resalta la importancia de la información geoespacial para la planificación y gestión de recursos naturales, justificando la inclusión de herramientas SIG en el análisis de compensaciones.

5. REFERENTE TEÓRICO

La investigación sobre el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal se sitúa en un contexto global y nacional marcado por la creciente preocupación por la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad. Según el Informe Global sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre la Diversidad Biológica y los Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés), a nivel mundial, la pérdida de biodiversidad es un problema crítico, con estimaciones que indican que más de un millón de especies están en peligro de extinción.

Este fenómeno se atribuye en gran medida a la actividad humana, incluyendo la deforestación, la urbanización y el cambio climático. En Colombia, un país megadiverso, estas amenazas son aún más evidentes, lo que ha llevado a la implementación de políticas ambientales y mecanismos de compensación para mitigar el impacto de las actividades industriales y de infraestructura.

El uso de SIG ha emergido como una herramienta fundamental para abordar estos desafíos, permitiendo la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales que facilitan la toma de decisiones informadas en la gestión de recursos naturales y la planificación ambiental (Gonzalez, 2020). Sin embargo, a pesar del potencial de estas herramientas, se han identificado brechas significativas en su aplicación efectiva en el contexto de compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia. Existe una falta de estudios que integren de manera efectiva los SIG en la formulación y evaluación de compensaciones ambientales, lo que representa un vacío crítico que esta investigación busca llenar.

La teoría detrás de la compensación por pérdida de biodiversidad se fundamenta en los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Según la Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, la compensación debe ser planificada de manera que se asegure que las acciones de desarrollo no comprometan la integridad de los ecosistemas (Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, 2010). En este sentido, el uso de SIG no solo permite identificar áreas prioritarias para la conservación, sino que también ayuda a evaluar el impacto de las compensaciones en la biodiversidad local.

Además, la operacionalización de las variables en este estudio se centra en la identificación de indicadores clave para evaluar el éxito en la implementación de compensaciones forestales. Estos indicadores incluyen la restauración de hábitats, la mejora de la conectividad ecológica y el monitoreo de la biodiversidad tras la compensación. Estas variables se derivan de una revisión exhaustiva de la literatura, que resalta la importancia de llevar a cabo compensaciones bien planificadas y ejecutadas, así como la necesidad de disponer de bases de datos espaciales sólidas. El objetivo principal de este enfoque es optimizar el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para realizar una evaluación precisa y efectiva de las compensaciones por la pérdida de biodiversidad forestal en la ejecución de proyectos en Colombia.

El presente marco teórico proporciona una base sólida para la investigación, sustentando la relevancia y necesidad del uso de SIG en la compensación por pérdida de biodiversidad en Colombia. A medida que se avanza en la recolección de datos y análisis, este marco orientará la interpretación de los resultados y la formulación de recomendaciones prácticas para la mejora de las políticas ambientales y la gestión de recursos naturales en el país.

6. METODOLOGÍA

A continuación, se presentan los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas que fueron requeridas para el desarrollo de la presente investigación.

6.1 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico de la presente investigación es de tipo mixto, pues por una parte tiene un enfoque cualitativo, ya que es un tipo que estudia cualidades y pretende entenderlas en un contexto particular. Se centra en significados, descripciones y definiciones situándoles en un contexto, por lo que entiende el hecho de forma compleja de manera que no se puede anticipar lo suficiente como para seleccionar uno o varios significados para elaborar un constructo operativizable de manera uniforme (Smith, M.L., 1987).

Y, por otra parte, cuenta con un enfoque cuantitativo ya que estos siguen un patrón predecible y estructurado (el proceso) y se debe tener presente que las decisiones críticas sobre el método se toman antes de recolectar los datos. La investigación cuantitativa debe ser lo más “objetiva” posible. Los fenómenos que se observan o miden no deben ser afectados por el investigador, quien debe evitar en lo posible que sus temores, creencias, deseos y tendencias influyan en los resultados del estudio o interfieran en los procesos y que tampoco sean alterados por las tendencias de otros (Unrau, Grinnell y Williams, 2005).

Por otro lado, se sustenta en que la pérdida de biodiversidad y las compensaciones asociadas son fenómenos complejos que involucran múltiples variables y contextos. El enfoque cualitativo permite explorar las percepciones,

significados y experiencias de las partes interesadas, lo que es fundamental para entender las dinámicas locales y las implicaciones de las decisiones tomadas. Por tanto, el enfoque mixto no solo facilita la identificación de significados y contextos, sino que también proporciona datos estructurados que permiten tomar decisiones informadas. La investigación se convierte, por tanto, en un instrumento valioso para la formulación de concretas y efectivas, orientadas a la mejora.

6.2 Tipo de estudio

De acuerdo con la naturaleza del proyecto, en el cual se busca analizar la relación entre el uso de herramientas SIG y ciertos indicadores de biodiversidad o efectividad en las compensaciones forestales; el alcance de la investigación implica buscar conexiones, pero sin establecer causalidad. Por tanto, el alcance es Correlacional.

Según (Hernandez Sampieri, Fernanadez Collado, & Baptista Lucio, 2014) Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. Así mismo, establece que, para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de estas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.

Por tanto, el alcance correlacional permite determinar las relaciones entre el uso de tecnología SIG y resultados positivos en temas de conservación, mitigación de impactos ambientales, y manejo de biodiversidad. El desarrollo de estudios previos, permite demostrar

que la correlación es plausible y que es posible explorar profundamente como los Sistemas de Información geográfica influyen en la gestión de las compensaciones de micro y marco proyectos.

6.3 Procedimiento

Diseño de la Investigación

En el desarrollo de la presente investigación, se ha adoptado un diseño investigativo de tipo no experimental, específicamente longitudinal o evolutivo. Este enfoque permite el análisis de cambios y transformaciones a lo largo del tiempo, proporcionando una visión dinámica del objeto de estudio.

El diseño no experimental se fundamenta en la naturaleza correlacional de la investigación, en la que la manipulación directa de la información no es posible ni necesaria. Esto se debe a que el objetivo principal es explorar y comprender las relaciones existentes entre variables en su contexto real, sin intervención alguna que pueda alterar su comportamiento natural.

En este caso, el diseño se centra en examinar la relación entre el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la compensación por biodiversidad. La investigación se apoya en datos observacionales y en enfoques teóricos y técnicos que no requieren manipulación experimental. Este tipo de diseño permite identificar patrones y relaciones significativas sin alterar las variables en estudio, lo cual es esencial para una investigación correlacional bien fundamentada.

La elección de un diseño longitudinal o evolutivo permite captar la evolución de las variables a lo largo del tiempo, ofreciendo una comprensión más profunda y detallada de los fenómenos estudiados. Así, se pueden detectar tendencias, cambios y posibles impactos de las he

herramientas SIG en la compensación por biodiversidad, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y la formulación de políticas.

Población y Muestra Poblacional

La población de estudio para la investigación de *Uso de herramientas SIG en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal en Colombia* corresponde a los actores que directamente emplean o supervisan el uso de estas herramientas en contextos de biodiversidad y conservación, tales como empresas de consultoría ambiental, instituciones ambientales, proveedores de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica e investigadores y académicos expertos en biodiversidad que su trabajo involucra estudios de impacto, planificación de compensaciones y análisis espacial de biodiversidad.

Por tanto, para la presente investigación se usó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, donde esta elección se basa en la necesidad de seleccionar específicamente a aquellos actores de empresas consultoras que tienen un mayor conocimiento del uso de herramientas SIG y la importancia de la determinación de compensaciones por pérdidas de biodiversidad forestal. Adicionalmente, al usar un muestreo intencional, se podrá acceder a información detallada y especializada de los actores, lo que permitirá obtener una perspectiva significativa y relevante para el estudio.

Instrumentos y técnicas de recolección de la información

En primer lugar, se estructuró un cuestionario cuyo objetivo era evaluar el uso de herramientas SIG y su efectividad en las compensaciones forestales. Este cuestionario consta de 6 preguntas con múltiples opciones de respuesta en cada una, la cual permite tener un panorama amplio para

la toma de decisiones de acuerdo con las respuestas que sean emitidas por parte de la población a la que va dirigida la presente investigación:

Pregunta 1: ¿Con qué frecuencia utiliza herramientas SIG en su empresa?

- a. Nunca
- b. Raramente
- c. A veces
- d. Frecuentemente
- e. Siempre

Pregunta 2: ¿Qué tipos de herramientas SIG utiliza con mayor frecuencia?

(puede seleccionar más de una)

- a. ArcGIS
- b. QGIS
- c. Google Earth Engine
- d. Erdas Imagine
- e. Otra

Pregunta 3 ¿Considera que el uso de herramientas SIG permite mejorar la efectividad de las compensaciones forestales?

- a. Si
- b. No
- c. No está Seguro

Pregunta 4: ¿Qué indicadores de biodiversidad utiliza para evaluar la efectividad de las compensaciones forestales? (puede seleccionar más de uno)

- a. Cobertura vegetal

- b. Diversidad de especies
- c. Conectividad ecológica
- d. Calidad del suelo
- e. Otros

Pregunta 5: ¿Qué desafíos ha enfrentado al utilizar herramientas SIG en la gestión de compensaciones forestales? (puede seleccionar más de uno)

- a. Acceso a datos precisos
- b. Capacitación y conocimientos técnicos
- c. Costos de software y licencias
- d. Integración con otros sistemas
- e. Otros

Pregunta 6: ¿Como evalúa el impacto de las compensaciones forestales en la biodiversidad local utilizando herramientas SIG?

- a. Muy eficaz
- b. Eficaz
- c. Neutral
- d. Poco eficaz
- e. Ineficaz

Por otra parte, se tuvo en cuenta la obtención de información secundaria a través del siguiente proceso metodológico:

- a. Identificación de fuentes: Se llevó a cabo mediante una búsqueda detallada y exhaustiva en bases de datos académicas como Copes y Google Scholar, las cuales permitieron tener

acceder a publicaciones científicas verificadas. Así mismo. Se complementó con la información encontrada en estudios anteriores relacionados con uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la biodiversidad. Además de la realización de un análisis detallado de publicaciones científicas específicas sobre las compensaciones forestales y la biodiversidad, asegurando que las fuentes seleccionadas sean relevantes, actuales y creíbles. Este enfoque sistemático permite garantizar una sólida base teórica para la investigación.

- b. Criterios de selección: Los criterios tenidos en cuenta para el desarrollo de la investigación son:
- Relevancia: Corresponde a estudios y datos directamente relacionados con el uso de herramientas SIG y compensaciones por biodiversidad.
 - Actualidad: Publicaciones y datos de los últimos 10 años para asegurar la pertinencia y actualización.
 - Credibilidad: Fuentes académicas, informes técnicos de organizaciones reconocidas y literatura verificada.
 - Accesibilidad: Disponibilidad de acceso completo a los documentos y datos necesarios para el análisis.
- c. Proceso de recolección: Se realizó la compilación de artículos y datos relevantes siguiendo los criterios mencionados, evaluación crítica de la calidad y pertinencia de cada fuente y por último, la organización sistemática de la información recolectada para su análisis.

Recolección de la información

Para la recolección de la información a través del cuestionario diseñado, se llevó a cabo el siguiente proceso metodológico:

- a. Definición de los objetivos: Se estableció como objetivo principal obtener información veraz y específica sobre el uso de herramientas SIG en empresas consultoras y entidades académicas para la determinación de pérdidas por compensación forestal. Este objetivo busca comprender mejor la aplicación de estas herramientas y su efectividad en el ámbito estudiado.
- b. Selección del instrumento: Se realizó la escogencia de un cuestionario como el instrumento principal para la recolección de datos en campo. Esta herramienta es eficaz, ya que permite obtener datos cuantitativos y cualitativos de manera estructurada y sistemática. Además, facilita la recopilación de una gran cantidad de información en un tiempo relativa, ente corto y con amplio alcance, siendo aplicable por cualquier persona con un mínimo conocimiento del tema.
- c. Diseño del instrumento: El cuestionario fue diseñado meticulosamente, para asegurar su validez, el instrumento fue revisado y validado por expertos en los temas de competencia de la investigación, incluyendo un geógrafo, un ingeniero forestal y un ingeniero ambiental. Esto garantizó que las preguntas fueran relevantes y claras para los participantes.
- d. Recolección de datos: La recolección de datos se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario en 40 empresas consultoras y entidades académicas a nivel nacional dedicadas al uso de herramientas SIG. Este proceso incluyó no solo la recolección de respuestas de los cuestionarios, sino también el registro detallado de situaciones

específicas relacionadas con el tema consultado, proporcionando un contexto más amplio y profundo de la información obtenida.

7. RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación. Además, se incluye una descripción de las metodologías empleadas en cada uno de estos objetivos, explicando cómo se llevaron a cabo las diferentes etapas del proceso de investigación.

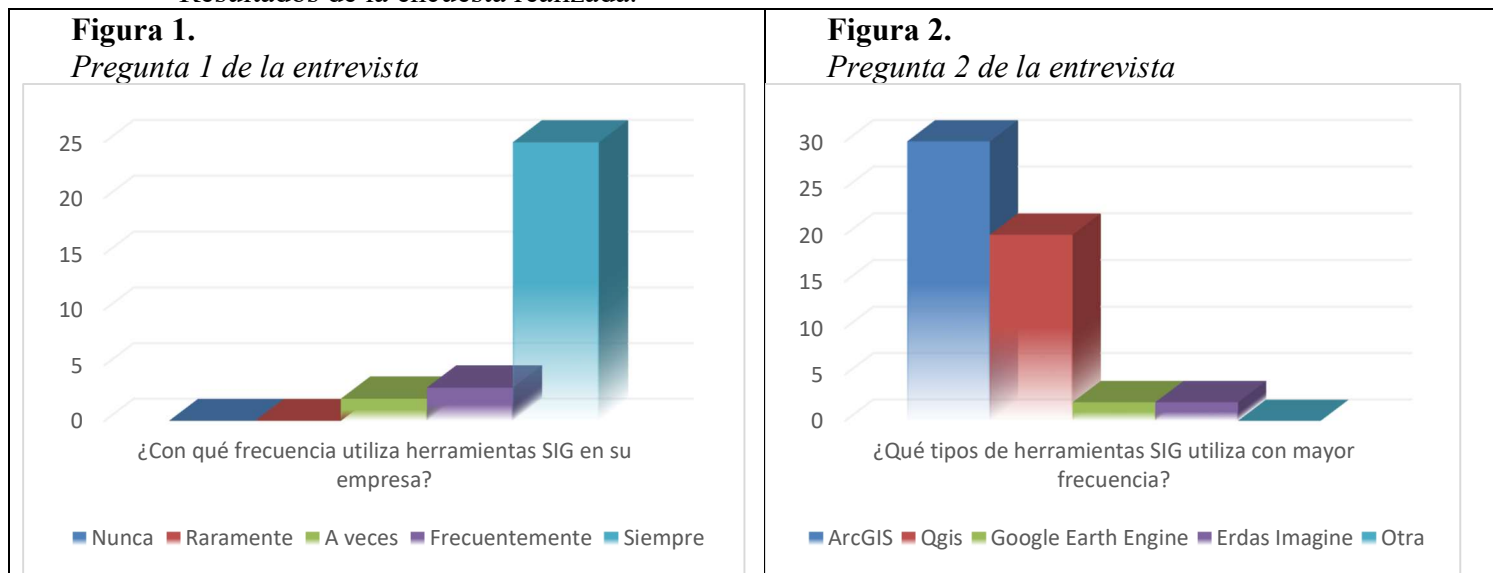
En este capítulo, se presenta un contexto adecuado para la interpretación de los resultados y su relevancia en el ámbito del uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad forestal en Colombia.

7.1. Objetivo 1: Identificar el estado actual de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.

Metodología empleada para su cumplimiento: Inicialmente se realizó una revisión documental exhaustiva, en el cual se analizaron informes y estudios previos sobre la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en Colombia. Por su parte, para la identificación del estado actual de su implementación en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad se procedió al diseño y aplicación de una encuesta a un grupo representativo de 40 empresas consultoras y entidades académicas a nivel nacional, las cuales a través de preguntas estructuradas, se recopilaron datos sobre el uso y la percepción de SIG en proyectos de compensación.

Resultados Alcanzados: A partir de la recolección de datos primarios, se identificó lo siguiente:

Tabla 1.
Resultados de la encuesta realizada.



De acuerdo con los resultados, se obtuvo que las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) son empleadas con una frecuencia considerable en las empresas y organizaciones involucradas en la gestión de compensaciones forestales. El 100% de los encuestados indicó que utilizan herramientas SIG de manera regular en sus operaciones, lo que demuestra una aceptación generalizada de estas tecnologías en el sector.

Entre los tipos de herramientas SIG más utilizadas, se destacan ArcGIS y QGIS, siendo las preferidas por su versatilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos geoespaciales. Estas herramientas permiten a los usuarios

realizar análisis espaciales, crear mapas temáticos y visualizar datos relevantes para la toma de decisiones sobre compensaciones.

7.2.Objetivo 2: Evaluar mediante el análisis de datos cualitativos, la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en la determinación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.

Metodología empleada para su cumplimiento: Se empleó un enfoque cualitativo para analizar los datos recopilados de encuestas. Por lo tanto, para la obtención de los resultados se diseñó y aplicó una encuesta a un grupo representativo de 40 empresas consultoras y entidades académicas a nivel nacional, las cuales a través de preguntas estructuradas con una única selección de respuesta, se recopilaron datos para evaluar la implementación de los Sistemas de Información Geográfica.

Resultados Alcanzados: De acuerdo con la información recolectada, se obtuvo:

Figura 3.

Pregunta 3 de la entrevista

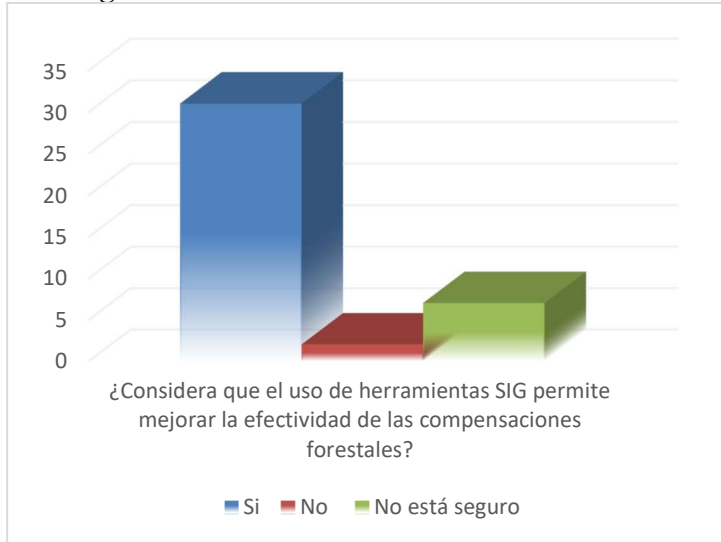


Figura 5.

Figura 4.

Pregunta 4 de la entrevista

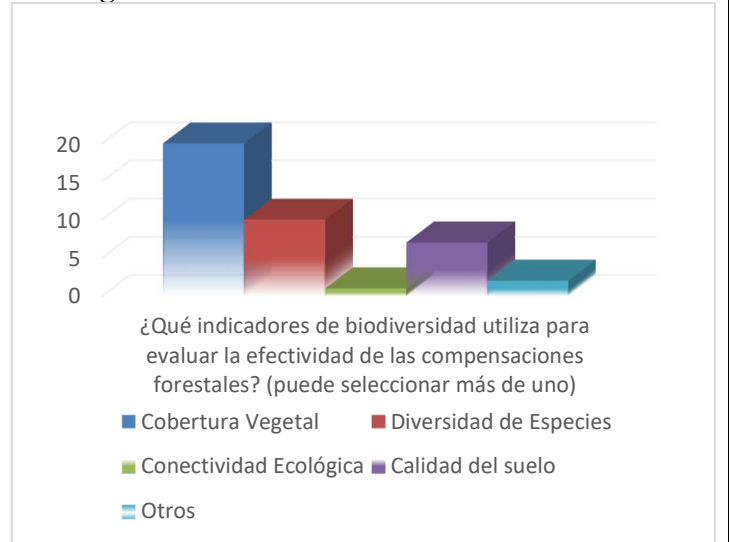
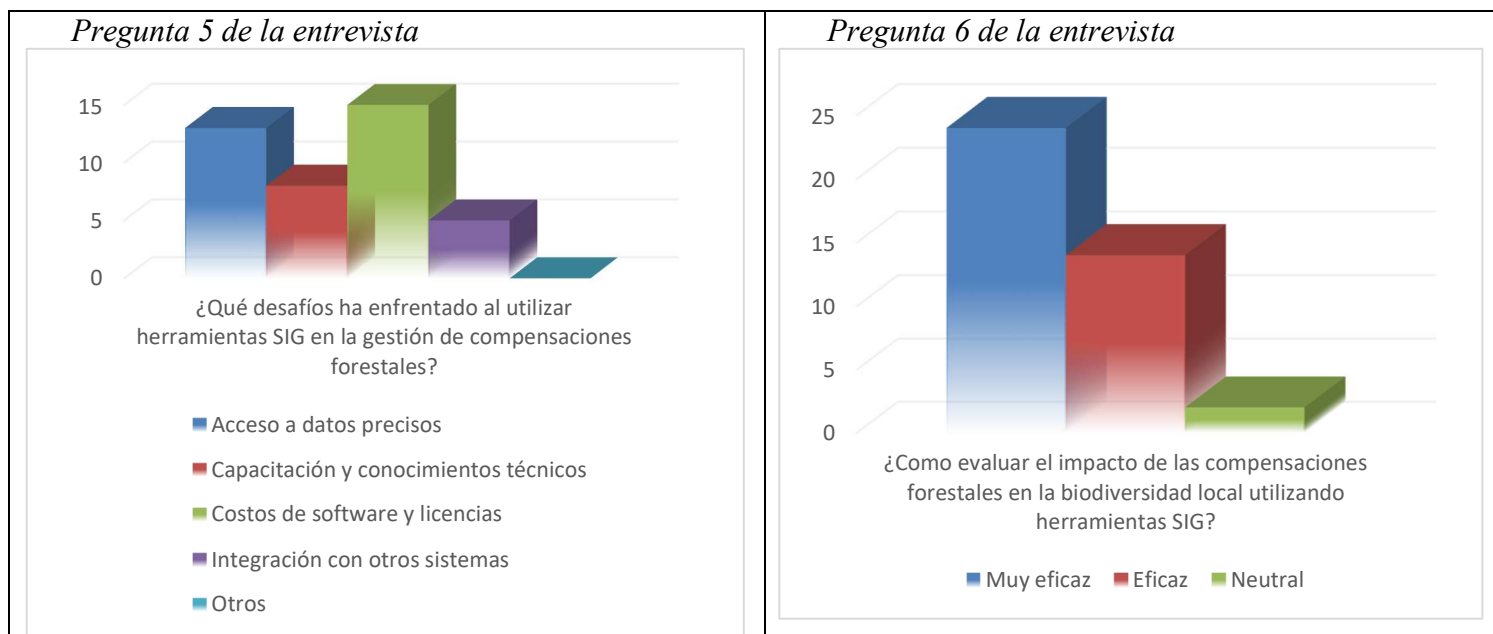


Figura 6.



De acuerdo a lo anterior, se obtuvo que, en relación con la efectividad de las compensaciones forestales, un alto porcentaje de los participantes (alrededor del 80%) considera que el uso de herramientas SIG contribuye significativamente a mejorar la efectividad de estas compensaciones. Los encuestados mencionaron que las herramientas les permiten identificar áreas prioritarias para la restauración y monitorear el impacto de las acciones implementadas.

Por lo tanto, para evaluar la efectividad de las compensaciones forestales, se utilizan diversos indicadores de biodiversidad, siendo los más comunes la diversidad de especies, la cobertura vegetal y la salud de los ecosistemas. Los responsables de la gestión de compensaciones utilizan estos indicadores para realizar un seguimiento del impacto de las compensaciones en la biodiversidad local.

Sin embargo, los encuestados también señalaron varios desafíos al utilizar herramientas SIG en la gestión de compensaciones forestales. Entre los principales obstáculos mencionados se encuentran la falta de capacitación adecuada en el uso de estas herramientas, la escasez de datos geospaciales precisos, los costos de software y licencias y su integración con otros sistemas.

Por otra parte, la evaluación del impacto de las compensaciones forestales en la biodiversidad local mediante herramientas SIG resulta ser muy eficaz. Por tanto, los responsables de la gestión de compensaciones aplican técnicas de monitoreo para comparar las condiciones antes y después de las intervenciones, lo que les permite ajustar sus estrategias y asegurar el éxito de las medidas implementadas.

Finalmente, se obtuvo como resultado que la implementación de los sistemas de información geográfica han permitido una mayor precisión en la identificación de áreas afectadas y en la planificación de compensaciones. Los datos cualitativos indican que las herramientas SIG facilitan el monitoreo continuo y la actualización de los datos, lo que permite mejorar la toma de decisiones.

7.3. Objetivo 3: Determinar la efectividad con la aplicación de los Sistemas de

Información Geográfica para la toma de decisiones sobre posibles escenarios de compensación.

Metodología empleada para su cumplimiento: Para el cumplimiento de este objetivo, se procedió a realizar un estudio de casos donde se habían utilizado Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones de compensación en Colombia con el fin de analizar los resultados y el impacto de estas decisiones.

Resultados Alcanzados:

El estudio de casos utilizado fue la compensación forestal para el proyecto Rehabilitación de la vía La Florida- Cuestecitas en el departamento de La Guajira, en la cual se realizó una tala considerable de árboles y la empresa ejecutora del proyecto debía realizar la compensación forestal como cumplimiento de las obligaciones ambientales en la obtención del permiso de aprovechamiento forestal.

Por tanto, se realizó un análisis de los procesos realizados por la empresa para determinar la compensación a realizar, los cuales a través de la implementación de herramientas SIG determinaron el número de especímenes, especies y áreas que debían ser compensadas para el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

En este se encontraron algunas falencias que pudieron afectar la correcta toma de decisiones, debido a que no se implementaron las capas de coberturas requeridas para determinar de manera específica la pérdida de biodiversidad forestal del proyecto, pues solo se tuvieron en cuenta el número de árboles taldos, y no como tal las áreas que estos comprendían. Por tanto, no se determinó de manera específica y clara la compensación requerida por el proyecto.

Por lo tanto, se considera que las herramientas SIG son efectivas para la toma de decisiones sobre compensaciones. Los estudios de caso de fuentes secundarias proporcionan un marco robusto para evaluar distintos escenarios y seleccionar las mejores opciones de compensación.

7.4. Objetivo 4: Implementación de herramientas SIG para la determinación de áreas de cobertura, ecosistemas y Cuencas hidrograficas para la identificación de posibles escenarios de compensación.

Metodología empleada para su cumplimiento: Teneindo en cuenta el estudio de casos analizados anteriormente, se realizó la utilizacion del software ArcGis para mapear las areas de cobertura, ecosistemas y cuencas hidrograficas del proyecto Rehabilitación de la vía La Florida- Cuestecitas en el departamento de La Guajira.

En este se recopilaron datos geoespaciales de fuentes publicas, uso de imágenes satelitales y bases de datos ambientales. A traves de de este, se realizó la identificacion de las areas priortarias para la compensacion, cosniderando variables especificas de biodiversidad y uso del suelo.

Resultados Alcanzados:

A continuación, se presentan las representaciones graficas que se tuvieron en cuenta para la determinacion de areas de coberturas y de posibles escenarios de compensación:

Imagen 1: Mapa de localización del proyecto

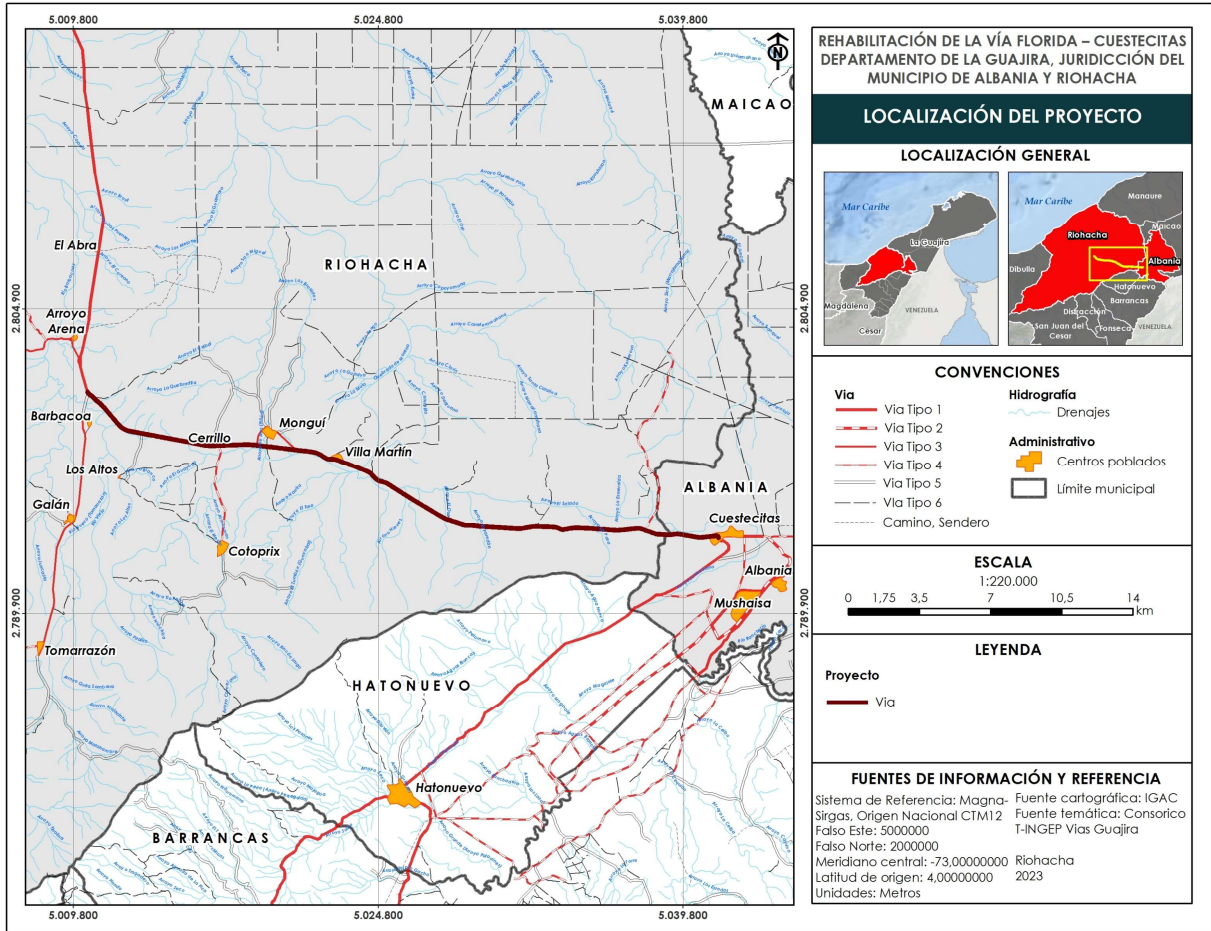


Imagen 2: Localización del proyecto en las cuencas hidrográficas

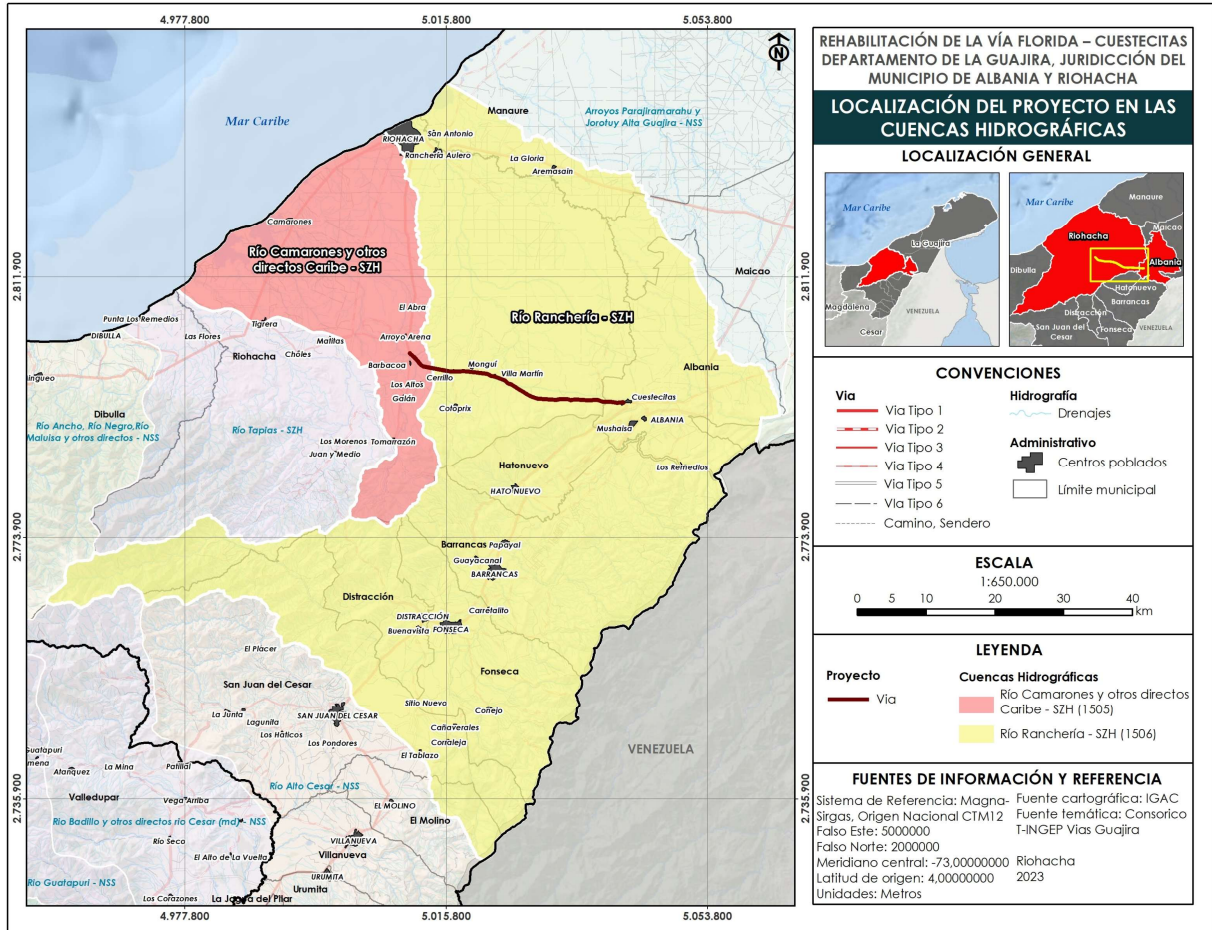


Imagen 3: Localización del proyecto Vs áreas protegidas en La Guajira

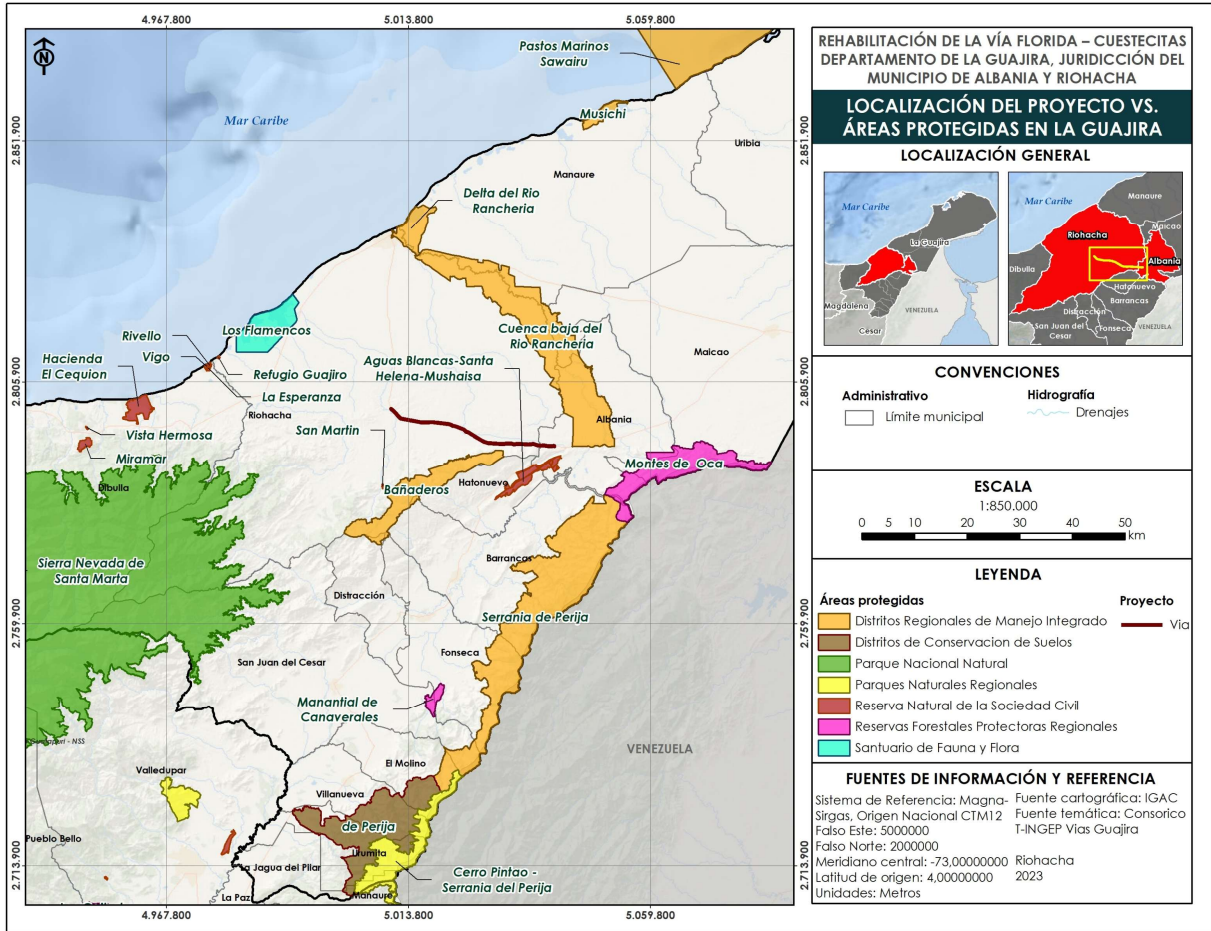
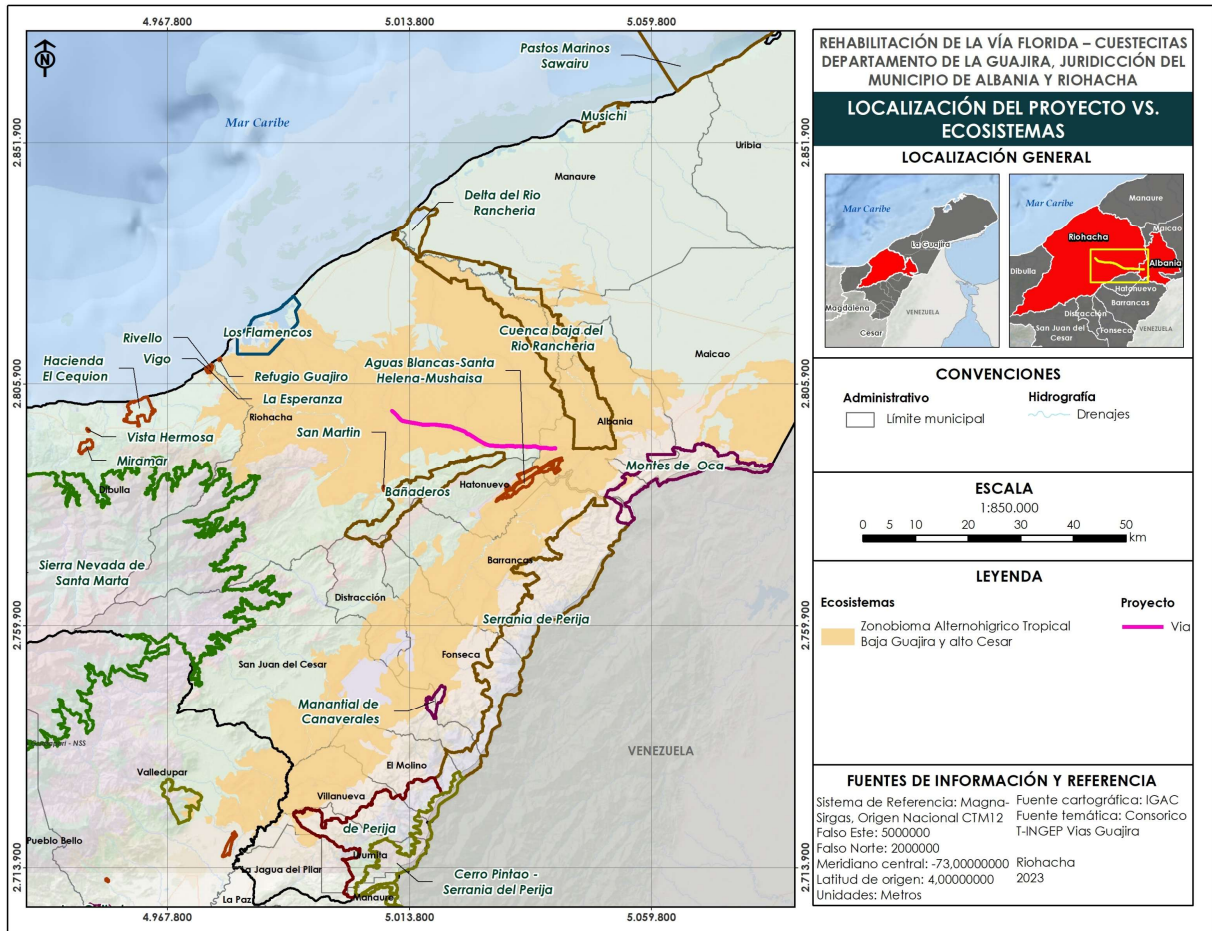


Imagen 4: Localización del proyecto Vs Ecosistemas



De acuerdo con lo anterior, y una vez aplicados los factores de compensación por aprovechamiento forestal unico del proyecto, se procedió a determinar el área especifica a compensar, teneindo en cuenta las diferentes proyecciones cartográficas realizadas:

COMPENSACIÓN						
Área de la cobertura en el área inventariada (Ha)	Tipo de Cobertura	Tipo de Cobertura (Valor asignado)	Categoría de amenaza de las especies forestal	Coefficiente de mezcla	Factor de compensación por aprovechamiento forestal único	Área a compensar (Ha)
8,86844	Arbustal Abierto	0,6	0	0,3	1,9	16,85
12,24851	Arbustal Denso	0,6	0	0,2	1,8	22,05
0,046938	Bosque de galería y ripario	0,8	0	1	2,8	0,13
3,228365	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0	1	0,2	2,2	7,10
2,962423	Mosaico de pasto con espacios naturales	0	0	0,4	1,4	4,15
0,619265	Mosaico de pastos y cultivos	0	0	0,6	1,6	0,99
39,904703	Pastos Arbolados	0	0	0,2	1,2	47,89
21,103702	Pastos Enmalezados	0	0	0,3	1,3	27,43
13,044845	Pastos Limpios	0	0	0,3	1,3	16,96
6,787732	Tejido urbano continuo	0	0	0,3	1,3	8,82
5,407318	Vegetación secundaria alta	0,5	0	0,4	1,9	10,27
11,213696	Vegetación secundaria baja	0,5	0	0,4	1,9	21,31
125,43			-----			183,95
Hectáreas						hectáreas

Los datos recolectados indicaron que el uso de las herramientas de Sistemas de información geográfica permiten en identificación detallada de áreas de cobertura, ecosistemas y cuencas hidrográficas. Se observó además que estas herramientas ayudan a mapear de manera precisa las áreas de interés, facilitando la planificación y ejecución de las compensaciones.

Las fuentes secundarias permitieron reafirmar que la precisión del SIG es crítica para la conservación de la biodiversidad. Por tanto, es importante resaltar que el análisis sistemático, lógico y organizado de la información obtenida a partir de fuentes primarias y secundarias ha demostrado que el uso de herramientas SIG es altamente efectivo para la evaluación y planificación de compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia.

8. CONCLUSIONES

1. En relación el primer objetivo específico, los resultados obtenidos evidencian una adopción significativa de las herramientas SIG en las empresas y entidades académicas y de investigación en Colombia. Los resultados de la encuesta reflejaron una aceptación generalizada y un compromiso por parte de los actores involucrados en la gestión de compensaciones forestales. Las herramientas más utilizadas corresponden a los softwares ArcGIS y QGIS, las cuales se destacan por su versatilidad y capacidad para procesar grandes volúmenes de datos geoespaciales, lo que resulta fundamental para la realización de análisis espaciales, creación de mapas temáticos y la visualización de datos relevantes en la toma de decisiones.
2. La capacidad de los SIG para identificar áreas prioritarias para la restauración y monitorear el impacto de las acciones implementadas se ha evidenciado como un factor clave en la gestión de compensaciones. Además, se ha comprobado que el uso de indicadores de biodiversidad, como la diversidad de especies, la cobertura vegetal y la salud de los ecosistemas, permite una evaluación más precisa del impacto de las compensaciones en la biodiversidad local. No obstante, a pesar de que existen limitaciones y desafíos, se ha observado que la implementación de SIG ha proporcionado una mayor precisión en la identificación de áreas afectadas y en la planificación de compensaciones, facilitando un monitoreo continuo que contribuye a la mejora en la toma de decisiones.
3. De acuerdo con el objetivo N° 3, una vez analizado el estudio de casos, se constató que la empresa no integró adecuadamente las capas de coberturas necesarias para evaluar de manera específica la pérdida de biodiversidad forestal, limitándose a considerar únicamente el número de árboles talados sin un análisis más profundo de las áreas afectadas. Esta falta de información específica impidió que la compensación requerida fuese determinada de manera

clara y efectiva, lo que resalta la necesidad de mejorar la integración de datos en los procesos de compensación.

4. Con respecto al objetivo N° 4 se puede concluir que los resultados obtenidos evidencian que el uso de estas herramientas es fundamental para una identificación detallada y precisa de los recursos ambientales. Los datos recolectados demuestran que los SIG facilitan el mapeo de áreas de interés, lo que a su vez mejora la planificación y ejecución de las compensaciones. La combinación de información de fuentes primarias y secundarias ha subrayado la importancia de la precisión en el análisis, confirmando que el uso de herramientas SIG es altamente efectivo para la evaluación y planificación de compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia.

9. RECOMENDACIONES

1. En primer lugar, se sugiere que las entidades de la gestión ambiental y de compensaciones forestales fortalezcan la capacitación en el uso de herramientas SIG, promoviendo talleres y cursos que permitan a los tomadores de decisión y a la comunidad adquirir habilidades avanzadas en el manejo de estas tecnologías. Asimismo, es recomendable que se establezcan alianzas entre las organizaciones gubernamentales, la academia y el sector privado para fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas aplicaciones de SIG que optimicen la gestión de compensaciones por pérdida de biodiversidad.
2. Como segunda recomendación, se insta a las entidades de investigación y academia en la inversión de software y licencias de SIG accesibles, y a las entidades gubernamentales a la promoción de políticas que faciliten la integración de estas herramientas con otros sistemas de gestión ambiental. Es fundamental involucrar a la comunidad y a los habitantes del territorio en el proceso de monitoreo y evaluación de las compensaciones, asegurando que se reconozca su papel como actores clave en la conservación de la biodiversidad. Esto no solo fomentará la transparencia en la gestión ambiental, sino que también fortalecerá la colaboración entre todos los interesados en la implementación de estrategias efectivas de compensación.
3. Se recomienda a las empresas consultoras y entidades gubernamentales establecer un sistema de evaluación y monitoreo continuo de las compensaciones implementadas, utilizando herramientas SIG para realizar ajustes en tiempo real y asegurar que las medidas adoptadas sean efectivas. Así mismo, se recomienda contar con la asesoría de expertos en SIG durante el proceso de determinación de compensaciones. Esto permitirá una mejor interpretación de los datos y una planificación más efectiva de las áreas a compensar.

4. En último lugar se recomienda promover la creación de proyectos piloto que utilicen herramientas SIG para evaluar su eficacia en la planificación de compensaciones. Esto permitirá identificar mejores prácticas y ajustar las metodologías aplicadas en los proyectos de diversa índole que requieren de la evaluación y uso de los Sistemas de Información Geográfica.

10. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Bernardi, M. d. (s.f.). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Teoriaymetodo/Conceptuales/04.pdf

Castaño Orjuela, J. A., Zapata Sanchez , S., & Urrea Morales, J. L. (2014).

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59309/zapatas.pdf?sequence=1>

Colombia, F. d. (2019). SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE. *Clinica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP) de la Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes y Greenpeace Colombia*,

http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf.

Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica. (2010). Estrategia para la conservación de la biodiversidad.

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales Organización de Estados Americanos. (1993). Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch10.htm#TopOfPage>

Gallego, M., Ramos , L., & Arambula , S. (s.f.). Recuperado el 1 de Abril de 2024

Gonzalez, J. (2020). Uso de SIG en la gestión de la biodiversidad.

Hernandez Sampieri, R., Fernanadez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).

Metodología de la Investigación. Mexico D.F.: McGRAW-HILL.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & The Nature. (2019). *Humboldt*. Obtenido de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35324/18-070.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lopez Arbeláez, D. M., & Quintero Sagre, J. D. (Junio de 2015). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782010.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Minambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Gui%CC%81a-La-Restauracio%CC%81n-como-accio%CC%81n-de-compensacio%CC%81n-para-proyectos-licenciables.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *MINAMBIENTE*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Manual-componente-biotico-2018-U1.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Minambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/estrategia-nacional-de-compensaciones-ambientales/>

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. (11 de 09 de 2016). *Minciencias*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo

Pedraza, M. B. (2016). Implementación de un SIG para la compensación forestal de la concesion autopusta Bogota Girardot tramo Fusagasugá. *Implem*. Bogotá. Obtenido de <chrome->

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29883/2016michelbautista.pdf?sequence=1

Raven, P., & Johnson, G. (s.f.). *Biology* (Vol. Twelfth). McGraw Hill Education.

Restrepo, C. C. (2020). *Guia practica de contextualizaion de las compensaciones ambientales en Colombia*. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/11489/195_1%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodriguez, J. S. (Septiembre de 2022). Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44530/CruzRodr%C3%ADguezJhailerShamyr2022.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sostenible, M. d. (2021). Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un Solo Uso. *Mesa Nacional para la Gestion Sostenible del Plastico*, <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/plan-nacional-para-la-gestion-sostenible-de-plasticos-un-solo-uso-minambiente.pdf>.

T.M., A. (1988). (M. Geology, Ed.) Obtenido de <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10958/8870>

Torres, J. E. (2020). Implementacion de una herramienta SIG, para la consolidacion de la informacion de los sistemas de acueducto y alcantarillado del departamento de Cundinamarca. Bogotá. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/2238b0c1-6b58-4750-88f0-c298371fa73e/content

A. Anexo: Glosario

- SIG (Sistemas de Información Geográfica): Herramientas y técnicas que permiten la captura, almacenamiento, análisis y visualización de datos geoespaciales.
- Biodiversidad: Variedad de formas de vida en un área específica, incluyendo la diversidad de especies, genética y ecosistemas.
- Compensaciones: Medidas o recursos ofrecidos para compensar la pérdida de biodiversidad, ya sea mediante restauración, conservación o creación de áreas protegidas.
- Pérdida de biodiversidad: Disminución de la variedad de especies y hábitats en un ecosistema, a menudo a causa de actividades humanas como la deforestación y la urbanización.
- Análisis espacial: Métodos utilizados para evaluar y entender la distribución de fenómenos en el espacio geográfico, incluyendo técnicas estadísticas y modelos de simulación.
- Recursos forestales: Elementos que se obtienen de los bosques, como madera, productos no maderables (frutos, resinas) y servicios ecosistémicos (regulación del clima, conservación del agua).
- Conservación: Estrategias y acciones orientadas a proteger y mantener la biodiversidad y los ecosistemas, incluyendo áreas protegidas y programas de conservación.
- Ecosistemas: Comunidades de organismos que interactúan entre sí y con su entorno físico, formando un sistema funcional.

-
- Evaluación de impacto ambiental: Proceso para evaluar las consecuencias de un proyecto o actividad sobre el medio ambiente, identificando riesgos y proponiendo medidas mitigadoras.
 - Restauración ecológica: Proceso de recuperar un ecosistema degradado o destruido para que vuelva a su estado original o a un estado funcional.
 - Uso sostenible: Manejo de recursos que permite su explotación sin comprometer su disponibilidad futura ni dañar el medio ambiente.
 - Especies endémicas: Especies que se encuentran de forma natural en un área geográfica específica y no en ningún otro lugar del mundo.
 - Fragmentación del hábitat: Proceso por el cual un hábitat continuo se divide en parches más pequeños, afectando la biodiversidad y el movimiento de especies.
 - Servicios ecosistémicos: Beneficios que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos, como la polinización, regulación del ciclo del agua y control de plagas.
 - Monitoreo ambiental: Proceso de seguimiento y evaluación de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo para detectar cambios y evaluar el impacto de las actividades humanas.
 - Biodiversidad genética: Variabilidad genética dentro de las especies, que permite la adaptación y supervivencia ante cambios ambientales.
 - Corredores biológicos: Áreas que conectan fragmentos de hábitat, facilitando el movimiento de especies y mejorando la conectividad ecológica.

- Planificación territorial: Proceso de organización y gestión del uso del suelo y los recursos naturales a nivel regional o local.
- Cambio climático: Alteraciones en los patrones climáticos globales que afectan la biodiversidad y los ecosistemas, incluyendo el aumento de temperaturas y variaciones en precipitaciones.
- Especies invasoras: Especies que se introducen en un ecosistema fuera de su rango natural y que pueden causar daño a la biodiversidad nativa.