



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EDÁFICO DE LA ZONA DE AMORTIGUACIÓN PARA LA
CONSERVACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS MULTIESPACIAL EN EL PÁRAMO
DE BIJAGUAL DEL MUNICIPIO DE TOTA, BOYACÁ.

Autores

Marcos Ruben Monroy Niño

Daniel Steban Molina Palencia

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA-BOYACÁ
2024

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EDÁFICO DE LA ZONA DE AMORTIGUACIÓN PARA LA
CONSERVACIÓN AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS MULTIESPACIAL EN EL PÁRAMO
DE BIJAGUAL DEL MUNICIPIO DE TOTA, BOYACÁ.

Autores

Marcos Ruben Monroy Niño

Daniel Steban Molina Palencia

Director

Ing. Alexander Saavedra Pulido

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA-BOYACÁ
2024**

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
ANTECEDENTES	12
OBJETIVOS	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	16
MARCO LEGAL	17
MARCO INSTITUCIONAL	19
JUSTIFICACIÓN	22
METODOLOGÍA	24
ÁRBOL DE PROBLEMAS	26
ÁRBOL DE OBJETIVOS	26
RESULTADOS	27
ANÁLISIS DE IMAGENES SATELITALES.	27
CARACTERIZACIÓN DE TIPOS DE COBERTURA	39
DIAGRAMA DE PORCENTAJE	40
ANÁLISIS DE MARCO LÓGICO	40
Análisis de estrategias	40
Análisis de influencias	43
Resumen narrativo	44
Análisis de involucrados	45
Indicadores	47
Medios de verificación	52
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES	54
CONCLUSIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS.	58
Tabla 1. Marco legal	17
Tabla 2. Caracterización de tipos de cobertura del suelo - Área.	39
Tabla 3. Caracterización de tipos de cobertura del suelo - Porcentaje.	39
Tabla 4. Análisis multicriterio - Estrategia 1.	41

Tabla 5. Análisis multicriterio - Estrategia 2.	42
Tabla 6. Análisis multicriterio - Estrategia 3.	43
Tabla 7. Resumen Narrativo.	44
Tabla 8. Análisis de involucrados.	46
Tabla 9. Análisis de involucrados.	47
Tabla 10. Indicadores.	47
Tabla 11. Indicadores.	49
Tabla 12. Medios de verificación	53
Ilustración 1. Ubicación Boyacá	9
Ilustración 2. Ubicación Municipio Tota.	10
Ilustración 3. Zona de estudio	11
Ilustración 4. Logo Corpoboyacá	19
Ilustración 5. Logo Corpochivor	19
Ilustración 6. Logo Corporinoquia	20
Ilustración 7. Logo Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt	20
Ilustración 8. Logo IDEAM	21
Ilustración 9. Logo IGAC	21
Ilustración 10. Logo Earthexplorer	22
Ilustración 11. Logo EOS	22
Ilustración 12. Diagrama de flujo cualitativo	24
Ilustración 13. Diagrama Marco Lógico	25
Ilustración 14. Árbol de problemas	26
Ilustración 15. Árbol de objetivos	27
Ilustración 16. Mapa Cobertura de suelos - 2005	28
Ilustración 17. Mapa Cobertura de suelos - 2008	30
Ilustración 18. Mapa Cobertura de suelos - 2011	32
Ilustración 19. Mapa Cobertura de suelos - 2014	33
Ilustración 20. Mapa Cobertura de suelos - 2017	35
Ilustración 21. Mapa Cobertura de suelos - 2020	36
Ilustración 22. Mapa Cobertura de suelos 2023	38
Ilustración 23. Diagrama usos de suelos por año.	40

RESUMEN

La evaluación del potencial edáfico en la zona de amortiguación para la conservación mediante imágenes satelitales Landsat en el municipio de Tota, Boyacá, representa el análisis de la caracterización del uso del suelo lo que ve reflejado para recomendaciones en la conservación ambiental en la zona de estudio, la cual se realiza de manera documentada recopilando información de artículos, trabajos de grado entre otras de esta forma aplicarla mediante la herramienta computacional ArcGIS Pro desarrollada por la Clasificación de máxima verosimilitud con verificación supervisada y los análisis de la metodología de Marco Lógico donde se tiene en cuenta los involucrados en la zona de amortiguación.

Así mismo, se evidencia la importancia de tener buena información para trabajos actuales, tener clave los satélites que se usan y cuáles tienen mejores opciones para el desarrollo de los datos y que a su vez generan la importancia de los usos de suelos y su cambios en área y porcentaje a través de los años de una manera más exacta para saber qué limitaciones y recomendaciones como un análisis de suelos por muestreo, monitoreo ambiental y educación ambiental que genere un cumplimiento y seguimiento para la buena gestión y trabajo conjunto en la cooperación de la comunidad local para un buen uso futuro del suelo en la zona de amortiguación como en el páramo Bijagual - Mamapacha en Tota, Boyacá.

ABSTRACT

The assessment of soil potential in the buffer zone for conservation using Landsat satellite images in the municipality of Tota, Boyacá, represents an analysis of land use characterization. This is reflected in recommendations for environmental conservation in the study area. The analysis is carried out in a documented manner by collecting information from articles, undergraduate research papers, among others. This information is then applied using the ArcGIS Pro computational tool developed by the Maximum Likelihood Classification with supervised verification and the analysis of the Logical Framework methodology, which takes into account the stakeholders involved in the buffer zone.

Likewise, the importance of having good information for current work is evident. It is key to know which satellites are used and which ones have better options for data development. This, in turn, generates the importance of land uses and their changes in area and percentage over the years in a more exact way. This information can be used to determine limitations and recommendations, such as soil analysis by sampling, environmental monitoring, and environmental education. These recommendations can generate compliance and monitoring for good management and joint work in cooperation with the local community for a good future use of the soil in the buffer zone, as well as in the Bijagual - Mamapacha páramo in Tota, Boyacá.

INTRODUCCIÓN

La importancia ecosistémica de los páramos tiene una gran influencia ecológica, puesto que tienen un papel importante en los aspectos ambientales como el agua y el suelo, en los que radica el volumen de agua por lo suelos hidromórficos, la cual se encuentra en condiciones climáticas y características propias en sus suelos en el cual se encuentran los frailejones quienes son agentes absorbentes de humedad y la conducción precisa a los suelos. Normalmente, estos ecosistemas se sitúan en bosques andinos entre los 2.900 y los 5.000 m.s.n.m considerándose así: Subpáramo, páramo y superpáramos (Moran, J. J., et al, 2022)

La cordillera de los Andes, es por mucho el mejor lugar donde se ubican los páramos, en Colombia los páramos tienen un aproximado de ocupación de 1,3% en el terreno nacional, calculando un área aproximada de 1'379.000 hectáreas, la gran mayoría de esta área corresponde a páramos húmedos, en el cual Boyacá presenta la mayor extensión representada en un 18,3%, al ser el departamento con mayor extensión debe tener relevante cuidado que se le brinda al área de paramos, porque de esto dependen aspectos sociales, económicos y ambientales, que convierte una necesidad de control en estas áreas.

Consiente a las situaciones expresadas, los páramos en los últimos años se han convertido en la iniciativa de actividades antrópicas, lo que representa cambios o transformaciones en

la conservación ambiental tales como especies introducidas de bosques y cultivos, lo que perjudica las condiciones del suelo vegetal, que se debe al aumento en la demanda de materias primas, alimentos, combustibles fósiles, entre otros materiales de necesidad para la condición de vida de las personas (Contreras, D. F., & Rodríguez, J. D., 2021)

Por consiguiente, el desarrollo de este trabajo de grado se centra en el límite de extensión del páramo de Bijagual dentro municipio de Tota, el cual se encuentra ubicado donde se encuentra en gran medida intervenido por actividades antrópicas como asentamientos poblacionales, parcelación inferior de la Unidad Agrícola Familiar (AUF), actividad agropecuaria, minería legal que de igual forma debe comenzar el proceso de cierre y abandono, ya que este páramo es considerado área protegida por precepto Regional, es decir bajo el seguimiento de la Resolución 1771 de 2016 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

El páramo de Bijagual se encuentra en condiciones aptas para la regulación hídrica, porque gran parte del área comprendida se encuentra en la categoría de Regulación Alta, donde presenta diversos servicios ecosistémicos, que nutren las actividades antrópicas por las condiciones de sus climas, la fauna y flora y la diversidad biológica que existe allí (Corpoboyacá, 2023)

Debido al desarrollo de las actividades antrópicas normalmente se generan diversos cambios en el uso del suelo, donde se presentan problemas de impacto ambiental que afectan las zonas de gran importancia en la conservación ambiental y de los páramos, como también del equilibrio ecológico de los ecosistemas, estos cambios varían en alteraciones como el perfil, la compactación la contaminación, entre otras referentes al suelo, a su vez los conflictos cambias en las propiedades para su recuperación y conservación de los recursos naturales.

De esta manera, se considera procesos un alto índice de diferencia y desequilibrios en el sistema natural del suelo, lo que conlleva a una evaluación donde se cuantifique la información y describen los diferentes periodos producidos a largo plazo, ya que esta presenta afectaciones en los potenciales directos a el potencial edafológico en el área y la capacidad que debería tener (Puga, C, 2022)

Por eso, con la evolución de la tecnología es necesario considerar la evaluación en el campo de observación mediante tecnología satelital debido a sus modelos estéticos y físicos incluyendo la imágenes satelitales Landsat siendo esta una herramienta fundamental para la búsqueda de información, permitiendo así la medición, valoración y control de diversos recursos naturales para alcanzar una planificación adecuada y protección del medio ambiente. (Logroño, S., et al, 2020).

Con el uso de la tecnología satelital es mucho más eficiente el uso del programa CORINE LAND COVER (Coordination of information on the environment), el cual basa su eficiencia en el registro de la cobertura de la tierra y en este caso de la edafología, evidenciado por la extensa base de datos donde describe, caracteriza, clasifica y compara las interpretaciones de la resolución de las imágenes satelitales (Landsat) y de esta forma la creación del mapa de las diferentes coberturas a escala, este esquema generado se basa en fases desde recolección de la información, preparación de la información, análisis e interpretación de las

coberturas y verificación en campo, de esta manera tener un control directo de la calidad, lo que procede al análisis de campo o muestreo (IDEAM, 2023)

El ámbito de la conservación ambiental en diversas regiones, el uso del análisis multiespacial con estas herramientas puede brindar una aplicación certera en lugares denominada como zonas de amortiguación, las cuales son áreas que brindan la conservación y el aseguramiento de protección, ya que se encuentran en zonas específicas donde hay mayor preocupación por su alta influencia de biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrece, este tema ha sido abordado por gran parte de estudios, donde se tienen presente los impactos que se generan allí como son la degradación ambiental, pérdida de biodiversidad, amenazas a la salud, impactos en la productividad de los ecosistemas, entre otros (Encinas, Banks & et, 2019)

Por lo tanto, en el municipio de Tota, Boyacá que es un área de gran relevancia ambiental y riqueza de biodiversidad, se plantea realizar una evaluación edáfica en la zona de amortiguamiento del páramo Bijagual en el municipio de Tota, lo cual se brindara la mayor prioridad a la conservación ambiental mediante el uso de análisis multiespacial con la ayuda de imágenes satelitales Landsat. De esta manera, lograr identificar las áreas críticas de la zona de estudio y proponer estrategias de gestión ambiental que garanticen la conservación y protección ambiental en la zona de estudio.

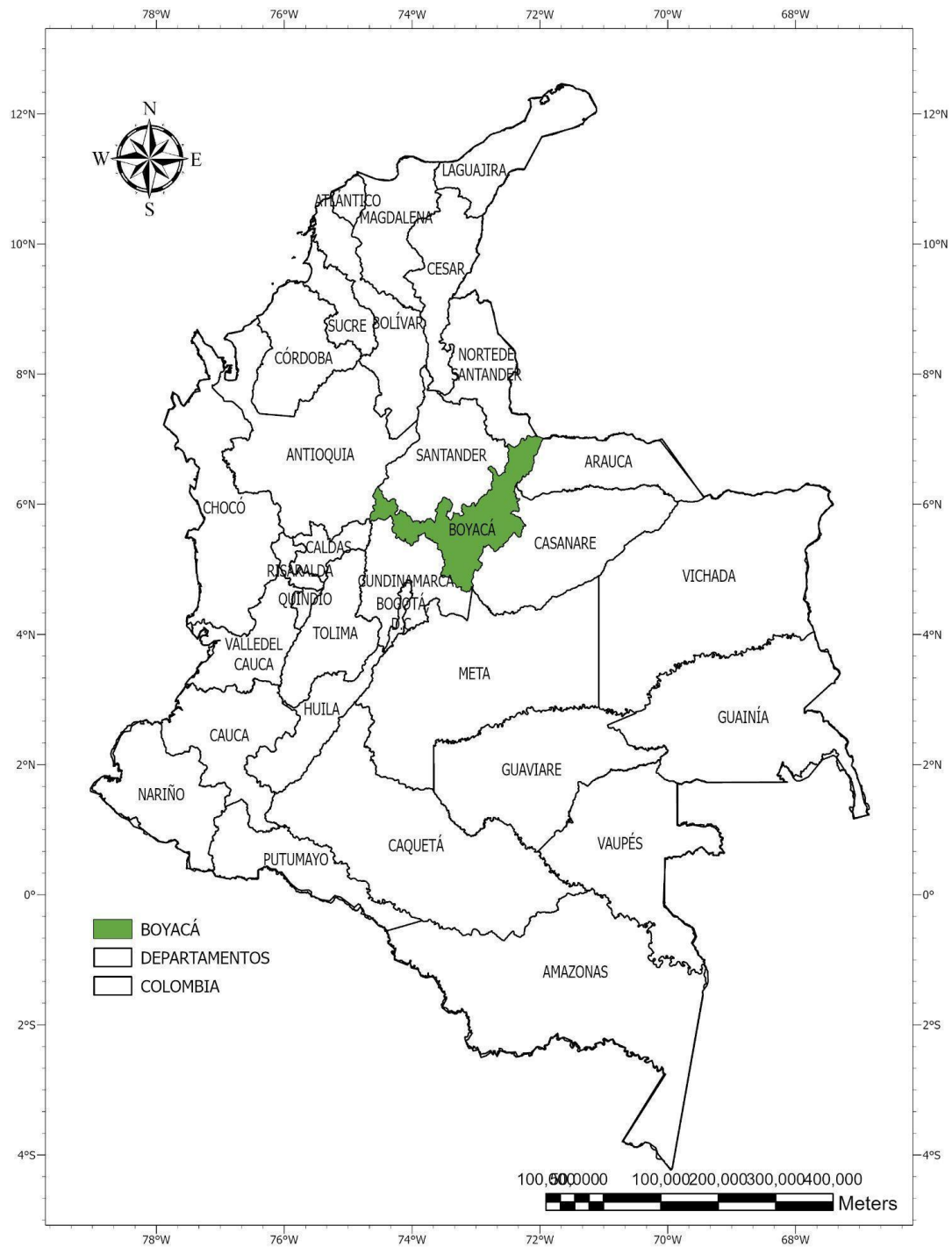
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Tota, Boyacá es un área de gran importancia ambiental debido a la riqueza de la diversidad de su ecosistema alto andino y páramos, con una temperatura media que ronda entre los 12°C y 18°C, que hace que exista una zona de amortiguación bastante extensa donde se hace la debida protección y conservación al medio ambiente, por lo que no que permite diversas actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y la piscicultura. Sin embargo, el desarrollo de la actividad humana en la zona de amortiguación ha ido incrementando y generando impactos negativos en la biodiversidad local generando pérdida de pluralidad ecológica. (Lesmes, M. C., & Morera, S, 2017).

Considerando que se trabajará en un área de zona de amortiguación correspondiente a 4516 hectáreas, la cual da todo el campo de estudio sobre la superficie edáfica del municipio de Tota, Boyacá, esta zona es considerada por diversos servicios ecosistémicos los cuales brindan una pluralidad de acciones para la comunidad aledaña de la zona.

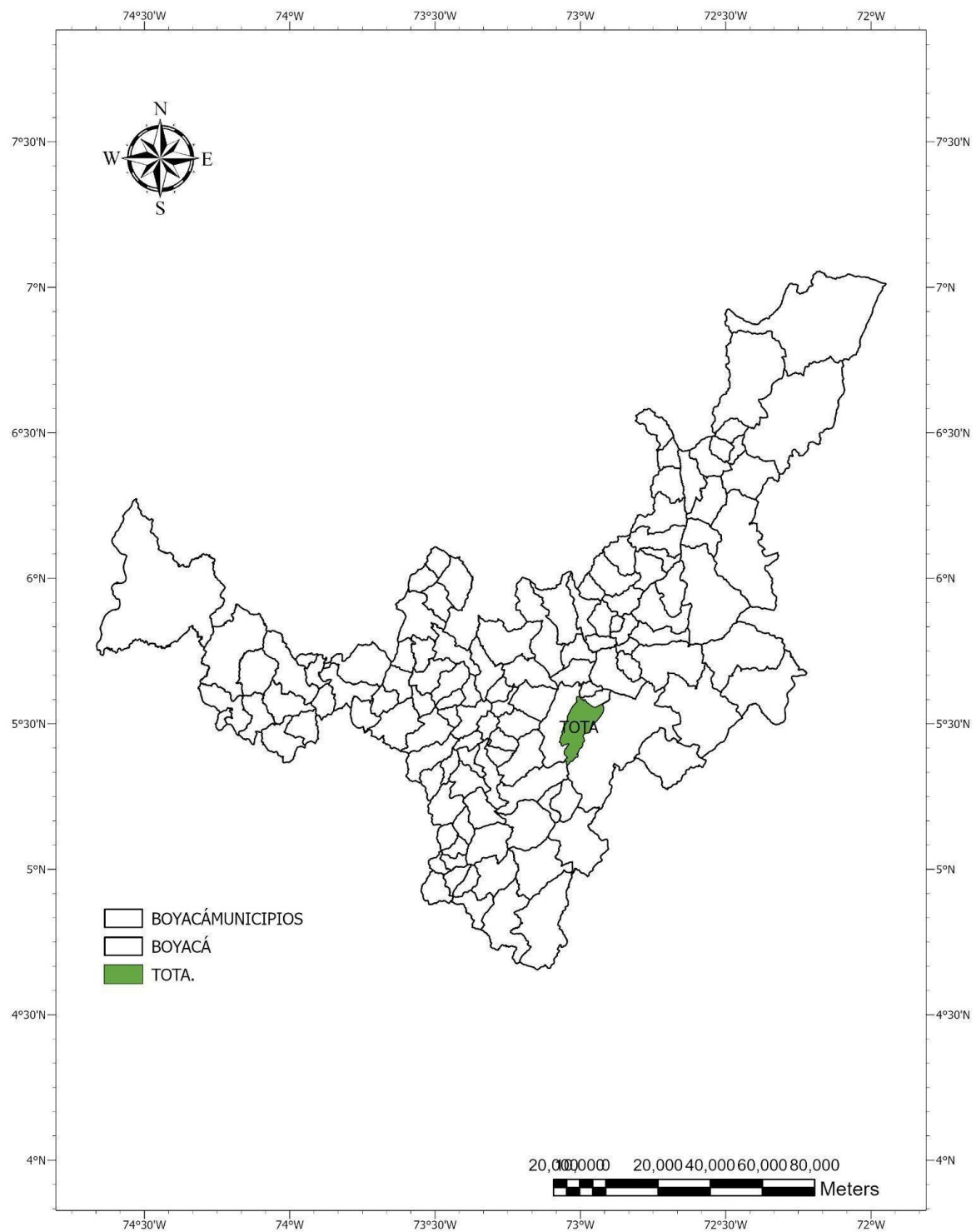
Debido a esta situación que se presenta la pregunta que se debe tener en cuenta en el desarrollo de este proyecto de grado equivale a ¿Cómo promover un equilibrio mediante recomendaciones para el uso de la cobertura del suelo que al mismo tiempo sea importante para la conservación ambiental evaluando los cambios multitemporales dentro del páramo Bijagual en el municipio de Tota, Boyacá?

Ilustración 1. Ubicación Boyacá



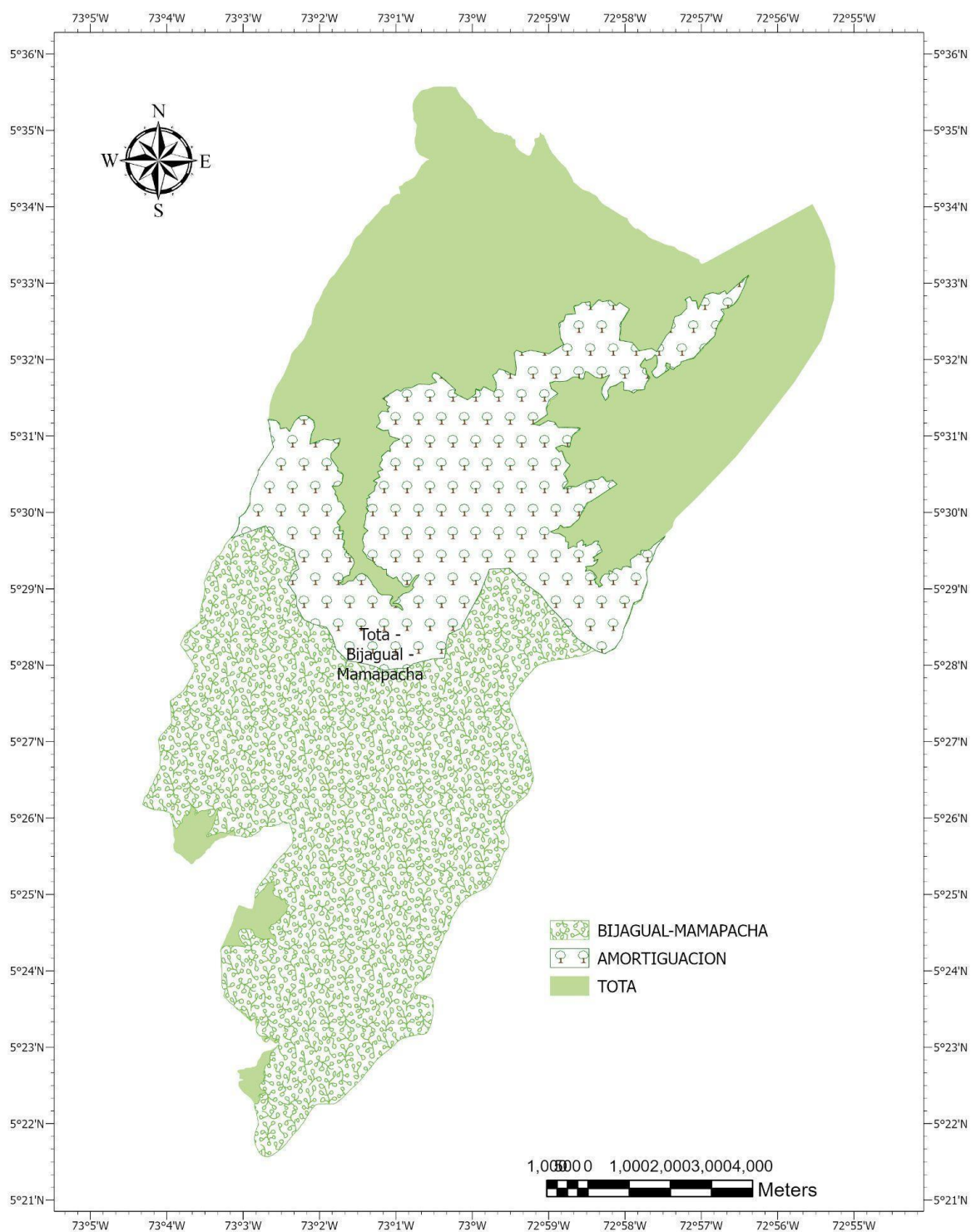
Fuente: Autor

Ilustración 2. Ubicación Municipio Tota.



Fuente: Autor

Ilustración 3. Zona de estudio



Fuente: Autor

Por lo tanto, el planteamiento del problema en este proyecto se enfoca en la necesidad de realizar una evaluación edáfica en la zona de amortiguamiento del páramo Bijagual en el municipio de Tota, lo cual se brindará la mayor prioridad a la conservación ambiental mediante el uso de análisis multiespacial con la ayuda de imágenes satelitales Landsat. De esta manera, lograr identificar las áreas críticas de la zona de estudio y proponer estrategias de gestión ambiental que garanticen la conservación y protección ambiental en la zona de estudio.

ANTECEDENTES

Se ha llevado a cabo un estudio para cuantificar el impacto de la deforestación en Corea del Norte utilizando modelos multi-satélite y multi-espaciales. El propósito de este estudio es identificar tipos específicos de deforestación en Corea del Norte y aumentar la precisión de los resultados. La tala y la deforestación tienen un impacto desconocido en la calidad del suelo y en la capacidad del país para alimentar a su población, incluso cuando se plantan nuevos árboles.

El líder norcoreano Kim Jong Un ha anunciado planes para reforestar el país, pero esto plantea un dilema entre los bosques, alimentos y combustible necesario para la economía del país. Este estudio es importante porque proporciona información valiosa sobre cómo se está produciendo la deforestación en Corea del Norte y cómo afecta al medio ambiente y a las personas que viven allí. (Lim, C. H., Choi, H. A., Vuolo, F., Jo, H. W., Lee, S., Lee, S. G., & Lee, W. K. 2020).

Así mismo, la Universidad de California Santa Barbara, realizó un análisis de cambio de uso y cobertura del suelo utilizando datos de resolución espacial múltiple y análisis de imágenes basado en objetos. Este estudio se ha centrado en el análisis multitemporal de las causas, procesos y consecuencias del cambio en el uso y la cobertura del terreno. La clasificación digital de imágenes se ha utilizado para obtener cartografías precisas de los usos y coberturas del suelo, lo que permite una mejor comprensión de los cambios ambientales que se están produciendo.

Las imágenes Sentinel-2A proporcionan información multiespectral con una alta resolución espacial, lo que las convierte en una herramienta útil para la estimación de la cobertura vegetal y el uso del suelo. La percepción remota es una técnica tradicionalmente utilizada para medir los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, pero este estudio demuestra que el análisis basado en objetos puede proporcionar resultados más precisos. Este tipo de análisis es importante porque permite a los investigadores comprender mejor cómo está cambiando el medio ambiente. (Toure, S. I., Stow, D. A., Shih, H. C., Weeks, J., & Lopez-Carr, D, 2018).

Se han registrado análisis ante las coberturas vegetales con las nuevas tecnologías implementadas en Colombia dadas a la expansión urbana en la capital del país y la producción de impactos ambientales, generando así imágenes satelitales en periodos de tiempo analizando las métricas del paisaje, crecimiento de zonas urbanas y coberturas vegetales. Con el uso de estas nuevas tecnologías y técnicas se ha logrado demostrar una

tendencia de crecimiento y proyección, obteniendo una disminución constante de cobertura vegetal y con incremento y densificación de las áreas urbanas. (Achicanoy, J., Rojas, R., & Sánchez, J, 2018).

Por otro lado, la Universidad de China en la Academia de Ciencias de Beijing y el Instituto de Geografía y Agroecología evaluaron multi-escala de los efectos de la restauración ecológica en la zona ribereña utilizando imágenes de la serie Landsat desde 1980 hasta 2019. La restauración ecológica es un tema importante en todo el mundo, y España ha llevado a cabo numerosos proyectos de restauración en las últimas décadas.

Los índices de vegetación se han utilizado para evaluar los procesos de restauración ecológica en el Parque Forestal Embalse del Neusa, lo que demuestra cómo las nuevas tecnologías pueden ser utilizadas para mejorar la comprensión del medio ambiente. La Estrategia estatal para la infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas también destaca la importancia de la restauración ecológica en España. En este estudio, se han utilizado imágenes satelitales para evaluar los efectos de la restauración ecológica en la zona ribereña a lo largo del tiempo. Este tipo de análisis es importante porque permite a los investigadores comprender mejor cómo está cambiando el medio ambiente y cómo se pueden desarrollar. (Yang, G., Li, Y., Huang, T., Fu, B., Tang, J., Zhang, X., & Wu, J, 2021).

De la misma manera, el departamento de Geología de la Universidad de Zorch análisis de la degradación de la cobertura vegetal en una parte de la Reserva de la Biosfera Arganeraie (Marruecos) utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) derivado de imágenes Landsat durante el período 1984-2018. El NDVI es un índice eficiente para determinar la vegetación y se ha utilizado en numerosos estudios para caracterizar la cobertura vegetal y evaluar su salud.

Los índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER también se han utilizado para caracterizar la cobertura vegetal en otros estudios. En este estudio, se han utilizado mapas del NDVI del manglar a partir de imágenes Landsat TM y ETM+ para evaluar los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo. El NDVI es un indicador simple pero efectivo de la biomasa fotosintéticamente activa, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para evaluar los cambios en la cobertura vegetal. (Ezaidi, S., Aydda, A., Kabbachi, B., Althuwaynee, O. F., Ezaidi, A., Haddou, M. A., ... & Kim, S. W. 2022).

Otro estudio relevante fue realizado por la Universidad del Este de Timisoara donde se ha llevado a cabo un análisis de los cambios recientes en los tipos de hábitats naturales en las montañas Apuseni (Rumania) utilizando imágenes satelitales Landsat multi-temporales desde 1986 hasta 2015. El programa de imágenes de la Tierra más antiguo, Landsat, ha sido utilizado para tomar imágenes desde 1972 y ha evolucionado con el tiempo. Las herramientas y algoritmos desarrollados para procesar los datos de las imágenes satelitales han permitido el análisis de los cambios en la cobertura del suelo y la vegetación.

En este estudio, se han utilizado imágenes Landsat para determinar los cambios en los tipos de hábitats naturales en las montañas Apuseni a lo largo del tiempo. El análisis de imágenes Landsat también se ha utilizado para determinar los cambios en el uso del suelo en áreas de preservación ambiental. La sostenibilidad ambiental es una preocupación internacional y un

reto que merece atención desde todos los sectores de la sociedad. (Cheţan, M. A., Dornik, A., & Urdea, P, 2018).

Se ha llevado a cabo una evaluación y monitoreo de los efectos de los cambios en la cobertura del suelo en la biodiversidad en una región costera mediterránea en Sousse, Túnez. Los mapas de cobertura del suelo se utilizan constantemente para la elaboración de reportes de cambios en los ecosistemas del territorio, lo que demuestra cómo las nuevas tecnologías pueden ser utilizadas para mejorar la comprensión del medio ambiente.

En este contexto, se ha evaluado el impacto de las actividades antropogénicas en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México, lo que demuestra cómo estos estudios son importantes para comprender cómo está cambiando el medio ambiente y cómo afecta a la biodiversidad. El uso de drones también se ha utilizado para el monitoreo de cambios en las coberturas vegetales y del suelo. Los desafíos principales de la acción climática en el sector agropecuario se reflejan en la diversidad de opciones y la complejidad de los contextos locales. (Boussema, S. B. F., Allouche, F. K., Ajmi, R., Chaabane, B., & Gad, A. A, 2023).

La evaluación del potencial de una zona de amortiguación para la conservación de la biodiversidad mediante análisis multiespacial en Colombia es una herramienta valiosa para la gestión ambiental. El análisis multiespacial permite integrar información de diferentes fuentes y niveles de análisis, para evaluar la biodiversidad y los procesos ecológicos que ocurren en un área determinada. En Colombia, la biodiversidad es uno de los recursos más importantes, debido a la gran cantidad de especies que habitan en su territorio y a la importancia de la biodiversidad para la economía y la cultura del país. Las zonas de amortiguación son áreas de transición entre las áreas protegidas y las zonas de uso humano, que pueden ser utilizadas para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. (Zabala, F., & Urbina, N. 2021)

Así, el análisis multiespacial puede ayudar a evaluar la calidad del hábitat, la conectividad entre las áreas protegidas y las zonas de amortiguación, y la distribución de las especies en el paisaje. También puede identificar los procesos ecológicos que ocurren en el área, como la regeneración natural y la dispersión de semillas. En Colombia, existen diversas iniciativas para la evaluación del potencial de las zonas de amortiguación para la conservación de la biodiversidad mediante análisis multiespacial. Por ejemplo, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible han desarrollado proyectos para la identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, utilizando información geoespacial y modelos de distribución de especies. (Moyano, A., & Rusinque, L, 2020)

Por lo anterior se anexa que la evaluación del potencial de una zona de amortiguación para la conservación de la biodiversidad mediante análisis multi espacial es una herramienta valiosa para la gestión ambiental en Colombia, que puede contribuir a la protección de la biodiversidad y el desarrollo sostenible y la conservación de la biodiversidad es uno de los temas más importantes en el mundo actual, especialmente en países megadiversos como Colombia. La biodiversidad es esencial para el bienestar humano, ya que proporciona servicios ecosistémicos críticos, como la purificación del agua y el aire, la polinización de cultivos, la regulación del clima y la protección contra inundaciones y sequías. En este sentido, la implementación de zonas de amortiguación es una herramienta efectiva para la

conservación de la biodiversidad en Colombia, ya que protege las áreas circundantes a las áreas protegidas y contribuye a la conectividad ecológica. (Alonso, V., Ayala, M., & Chamas, P, 2020).

De igual forma se presenta la evaluación del potencial de una zona de amortiguación para la conservación de la biodiversidad mediante análisis multiespacial en Colombia. Para ello, se utilizará información sobre la distribución de la biodiversidad y la configuración del paisaje en la zona de amortiguación y sus alrededores. También se examinará la presencia de amenazas a la biodiversidad en la zona y se propondrán medidas de conservación para proteger la biodiversidad. (Gómez Zúñiga, S, 2018).

Se obtiene la descripción de la zona de amortiguación en el ámbito geográfico donde se encuentran todos los factores que puedan tener relación con la unidad de conservación en términos de política, socio económicos, culturales y ecológicos.

De igual forma este concepto difiere según el sistema nacional de áreas protegidas y se tienen casos de zonas ubicadas al interior de los límites de un ANP (Área natural restringida) y otros como franja de transición entre dentro y fuera del mismo. (Matossian, B., Vejsbjerg, L. 2021).

En el caso de Colombia, la implementación de zonas de amortiguación es una estrategia clave para la conservación de la biodiversidad. El país es uno de los más megadiversos del mundo, con una gran variedad de ecosistemas, especies y culturas. Sin embargo, también enfrenta múltiples amenazas a la biodiversidad, como la deforestación, la expansión agrícola, la minería ilegal, la caza y la pesca ilegal, y el cambio climático. Estas amenazas ponen en peligro la supervivencia de muchas especies y ecosistemas, lo que hace que la implementación de zonas de amortiguación sea una medida importante para su conservación. (Del Coro, M., & et al, 2019)

La teledetección se alza como la herramienta más prometedora para la ecología actual, especialmente en el ámbito de la biodiversidad, los ecologistas y agencias espaciales han unido fuerzas para definir variables esenciales que permitan el monitoreo de la biodiversidad desde el espacio. Esta iniciativa abre la puerta a nuevos enfoques y herramientas para el estudio y la conservación, utilizando la teledetección como apoyo en la toma de decisiones para la gestión de la biodiversidad a nivel global. (Sanchez, B, 2018).

Por ende, el análisis multi espacial consiste en el procesamiento y análisis de datos geográficos de diferentes fuentes para obtener información detallada sobre los diferentes aspectos del medio ambiente, como la cobertura del suelo, la distribución de la vegetación, la topografía y la geología. Estos datos se pueden combinar para obtener un análisis más completo y preciso de la biodiversidad y los procesos ecológicos que la sustentan.

Así, el uso de imágenes satelitales también es una herramienta importante para la conservación de la biodiversidad, ya que permiten obtener información detallada sobre la cobertura del suelo, la vegetación y la topografía, entre otros aspectos. Estas imágenes pueden ser procesadas y analizadas utilizando técnicas de teledetección para obtener información sobre la distribución de especies, la calidad del hábitat y los cambios en el paisaje. (Ramírez, M, 2017).

En aplicación a Colombia, estas herramientas se han utilizado para la conservación de la biodiversidad en diferentes contextos. Por ejemplo, se han utilizado análisis multi espaciales para evaluar el potencial de energía solar fotovoltaica en el departamento de Boyacá, este estudio es importante porque puede ayudar a impulsar el desarrollo de proyectos de energía solar en Boyacá, esto traería beneficios económicos, sociales y ambientales al departamento.(Infante, H., Bonilla, J. 2021). De igual forma en otras aplicaciones como analizar la relación existente de los cambios en la cobertura vegetal y las características climáticas de la cuenca del río Canalete, en el departamento de Córdoba, usando la metodología CORINE Land Cover para cuantificar mediante imágenes satelitales los cambios de coberturas vegetales en toda el área de la cuenca (pastos, bosques, vegetación secundaria) (Suarez, N. 2020).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el potencial edáfico de la zona de amortiguación para la conservación ambiental mediante el uso de análisis multiespacial y de imágenes satelitales Landsat, en el municipio de Tota, Boyacá.

Objetivos específicos

- Analizar mediante el uso de imágenes multi espaciales los cambios que se han presentado en el lugar de estudio.
- Caracterizar los tipos de cobertura del suelo en la zona de estudio mediante el análisis de imágenes satelitales Landsat.
 - Presentar recomendaciones que permitan garantizar la conservación ambiental en la zona de estudio basado en la evaluación del potencial de la zona de amortiguación.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Los análisis multi espaciales nos van a permitir identificar las áreas que tengan un alto potencial edáfico en la zona de amortiguación de dicho páramo, lo que nos va a permitir presentar estrategias para garantizar la protección y conservación del ambiente.

De igual forma se contemplan hipótesis específicas donde exista una relación directa entre la cobertura vegetal actual y el potencial de la zona de la zona de amortiguación e identificar amenazas al potencial edáfico en expansión con las actividades de ganadería y agricultura.

Adicional a ello, se presentan unas implicaciones ante la evaluación del potencial edáfico donde nos va a permitir la toma de decisiones informadas para la conservación y aplicar

alternativas de reforestar o recuperar la cobertura vegetal en las áreas con alto potencial edáfico para la protección de este ecosistema.

Páramo: Ecosistema de alta montaña, caracterizado por su vegetación frailejona, suelos húmedos y gran capacidad de almacenamiento de agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Ecosistema: Comunidad de seres vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023).

Servicios ambientales: Beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, como la purificación del agua, la producción de alimentos y la regulación del clima. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023)

Zona de amortiguación: Área que rodea al páramo y que actúa como barrera de protección contra las actividades humanas. (Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2023).

Potencial edáfico: Capacidad del suelo para soportar el crecimiento de las plantas. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2023).

Recursos naturales: Recursos que se encuentran en la naturaleza, como el agua, el aire, los minerales y los bosques. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2023).

Conservación ambiental: Protección del medio ambiente y sus recursos naturales. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2023).

Desarrollo sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Naciones Unidas, 2023).

Vulnerabilidad ambiental: Susceptibilidad de un ecosistema o comunidad a ser dañado por los cambios ambientales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

MARCO LEGAL

En el presente trabajo se realizó la búsqueda de la legislación ambiental en **Colombia** y se plasmó en la siguiente tabla teniendo en cuenta los siguientes artículos, leyes y decretos.

Tabla 1. Marco legal

Herramienta legislativa	Descripción
Artículo 80: Protección del medio ambiente	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales,

	para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Ley 99 de 1993	Establece a los páramos como objeto de protección especial y prioriza el agua para consumo humano
Ley 1450 de 2011	Ley de ordenamiento territorial para la gestión del riesgo de desastres.
Ley 1930 de 2018	Programas de restauración ecológica en los páramos
Ley 356 de 1997 Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Artículo 8 Establecimiento de zona de Amortiguamiento
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Decreto 1743 de 1994	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 99 de 1993.
Decreto 2372 del 2010 Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Por el cual se reglamenta el sistema de áreas protegidas, las categorías que lo conforman y los procedimientos generales
Decreto 1996 de 1996	Toda la legislación de áreas protegidas y otras disposiciones
Resolución 1771 de 2016	Por el cual se define el páramo de Tota-Bijagual Mamapacha y se dictan otras determinaciones
Sentencia T-361 de 2017	Sentencia de la Corte Constitucional que protege los páramos de Colombia.
Convenio 13-13-014-299-CE	Estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales para la identificación y delimitación del complejo de páramos Tota-Bijagual Mamapacha a escala 1:25:000.
Resolución 0769 de 05 agosto 2002	Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos.
Resolución 0839 del 1 de agosto de 2003	Por la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del Estudio sobre el Estado Actual de Páramos y del Plan de Manejo Ambiental de Páramos.

Fuente: Autor

Concluyendo el marco normativo nos proporciona al contexto legal de la investigación, donde se definieron los parámetros legales y las normas que lo regulan.

MARCO INSTITUCIONAL

Corpoboyacá: Corporación Autónoma Regional de Boyacá, es una entidad pública descentralizada, sin ánimo de lucro, con personería jurídica, autonomía administrativa y financiera, encargada de la gestión ambiental en el departamento de Boyacá, Colombia. Encargada de: Proteger los recursos naturales renovables y el medio ambiente, otorgar permisos y licencias ambientales y promover la educación ambiental. (Corpoboyacá, 2020).

Ilustración 4. Logo Corpoboyacá



Fuente: www.corpoboyaca.gov.co/

Corpochivor: La Corporación Autónoma Regional de Chivor, es una entidad pública que juega un papel fundamental en la gestión ambiental de la región de Chivor, ubicada en el departamento de Boyacá, Colombia. Creada en 1994 mediante la Ley 99, Corpochivor se encarga de velar por la protección de los recursos naturales renovables y el medio ambiente en un territorio que comprende 13 municipios. (Corpochivor, 2020).

Ilustración 5. Logo Corpochivor



Fuente: www.corpochivor.gov.co/

Corporinoquia: La Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía, es una entidad pública descentralizada que vela por la gestión ambiental y el desarrollo sostenible en la región de la Orinoquía colombiana. Creada en 1994 mediante la Ley 99, Corporinoquia abarca un territorio de 279.000 kilómetros cuadrados, que comprende los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada. (Corporinoquia, 2020).

Ilustración 6. Logo Corporinoquia



Fuente: <https://corporinoquia.gov.co/es/>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: Es una entidad pública colombiana adscrita al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Creado en 1995, el Instituto se ha convertido en un referente en investigación científica sobre la biodiversidad colombiana y su uso sostenible. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2020).

Ilustración 7. Logo Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt



Fuente: <https://www.humboldt.org.co/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM): Entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia. (IDEAM, 2020).

Ilustración 8. Logo IDEAM



Fuente: <http://www.ideam.gov.co/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): Entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia, elabora el catastro nacional de la propiedad inmueble, realizar el inventario de las características de los suelos, adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial, capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la infraestructura colombiana de datos espaciales. (IGAC, 2020).

Ilustración 9. Logo IGAC



Obtenido de <https://www.igac.gov.co/>

Earthexplorer: Visor de datos de imágenes geoespaciales que tiene acceso a un gran número de conjuntos de datos regionales y globales, disponibles en el catálogo de datos de Earth Engine (Earthexplorer, 2020).

Ilustración 10. Logo Earthexplorer



Fuente <https://earthexplorer.usgs.gov/>

EOS Data Analytics: Proveedor global de soluciones de análisis de datos satelitales para la agricultura y la silvicultura. (EOS, 2020).

Ilustración 11. Logo EOS



Fuente: <https://eos.com/>

JUSTIFICACIÓN

El nivel de importancia que existe en áreas de páramos en Boyacá presenta un gran beneficio debido a que cumplen diferentes funciones como la conservación ambiental, distribución de servicios ambientales que son primordiales a la protección de los suelos, y a su vez tienen la gran labor de reducir los niveles de CO₂, que es sumamente eficiente y clave en la prevención de desastres. Por esta razón, la legislación ambiental en las zonas de amortiguación no se debe poner en riesgo los objetivos ambientales

Se considera tener en cuenta la precisión e importancia en la zona de estudio a nivel de conservación de páramo como una zona de amortiguación la cual se provee por un alto nivel ecológico y ambiental, con el fin de contemplar una evaluación.

Los páramos de Colombia gozan de protección legal mediante diversas normas, como leyes, resoluciones, decretos, sentencias y tratados. Estas normas los definen, clasifican y establecen parámetros para su protección y conservación. La protección de los páramos es una función esencial del Estado, pues estos ecosistemas son vitales para garantizar el derecho a un ambiente sano.

Si bien los páramos han sido declarados como zonas de protección especial y existen normas que sancionan las actividades que los perjudican, aún persisten problemas que dificultan su conservación. Es fundamental conocer la importancia de estos ecosistemas y las normas que los protegen en Colombia. Solo así podremos evaluar si estas normas son suficientes para enfrentar las amenazas y dificultades que enfrentan los páramos, teniendo en cuenta que su conservación es fundamental para garantizar nuestro derecho al agua y a un ambiente sano (Soto, L, 2018).

Debido a lo citado anteriormente, no cabe duda que la conservación ambiental en páramos presenta diversos servicios ecosistémicos en la explotación del sector agrícola, ganadera para el crecimiento económico de la región, de esta manera se delimita la zona de amortiguamiento la cual es base para el aumento de la resiliencia como de los factores antrópicos que no interfieran de gran manera el comportamiento y uso del suelo, sin embargo para el sector de estudio, es posible que no exista mucha información relacionada al uso y la capacidad de suelos en imágenes satelitales o shapefiles que proporcionen la información adecuada, de igual manera la documentación que se encuentra proporciona información ineficiente para una valoración más exacta.

Y es precisamente el motivo por el cual se realiza una evaluación a lo largo de 20 años, donde se evidencia la vocación del suelo y el desarrollo de la zona de amortiguación en el páramo, de esta manera determinar los límites claros de evolución y conservación ambiental de la zona y aclarar la función principal que se encuentra en ese ecosistema como servicio o actividad sin necesidad de prevenir el uso del suelo de raíz.

Cabe resaltar que el no cuidado de estos páramos genera consecuencias negativas ambientales, sociales y económicas debido a:

1. Los páramos son “fábricas del recurso hídrico” de Colombia, regulando el ciclo del agua y abasteciendo a millones de personas, sin la protección de estos ecosistemas la disponibilidad de agua potable se verá reducida significativamente, lo que llega a afectar al ser humano, agricultura e industrias.
2. Estos ecosistemas albergan gran variedad de fauna y flora y la destrucción o deterioro del mismo por diversas actividades antrópicas como agricultura, ganadería y minería amenaza la supervivencia de estas especies.
3. Los suelos en los páramos son frágiles y susceptibles a la erosión y con las actividades antrópicas se pueden provocar una erosión significativa reduciendo así la fertilidad de la tierra y aumentando el riesgo de deslizamientos de tierra.

4. En cuanto al cambio climático estos ecosistemas son importantes sumideros de carbono, y su abandono contribuye al calentamiento global.
5. Los conflictos sociales también son vulnerados puesto que llevan relación con la escasez de agua y degradación ambiental generando conflictos entre comunidades que dependen de este ecosistema para la supervivencia, de igual forma se puede generar inseguridad y afectación al desarrollo económico de las regiones donde se encuentren los páramos.

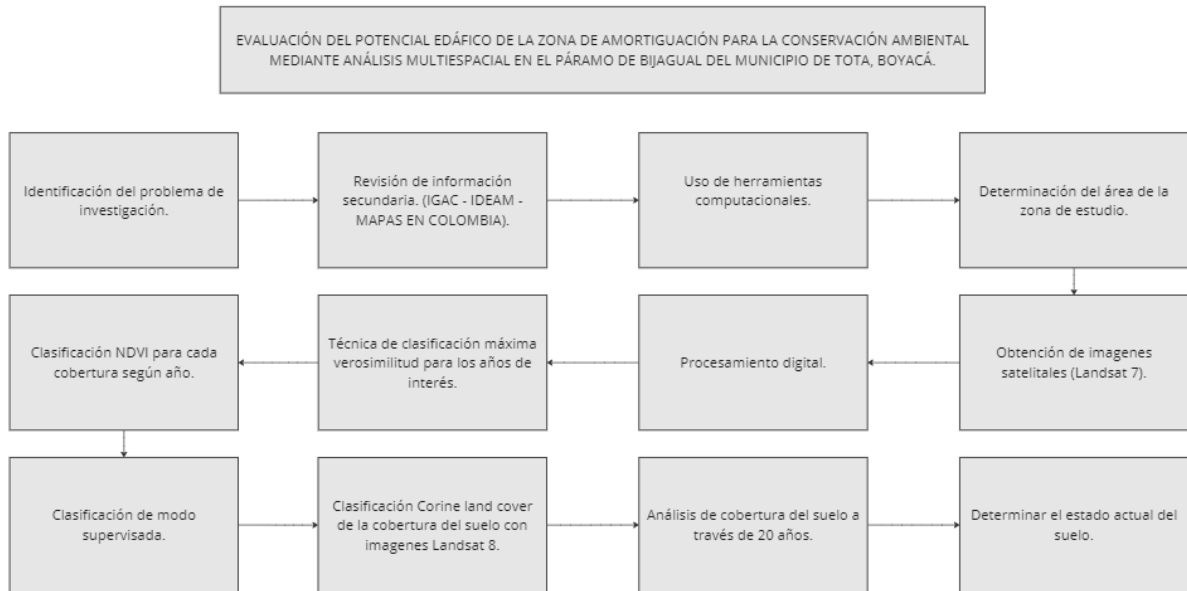
METODOLOGÍA

El enfoque de la metodología de estudio es mixta, la cual presenta una parte cualitativa en relación al uso de información documentada de diferentes trabajos de grado, artículos investigativos, artículos científicos entre otros, que representan información detallada de la zona de estudio, ubicación, antecedentes potenciales para el estado del arte y la discusión de este documento.

Por otro lado, la parte cuantitativa se descargaron imágenes satelitales como también shapefiles adecuados a la información requerida para el desarrollo de los mapas a través de los 20 años de estudios, esta información se descargó de la página principal del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y Mapas por Colombia y la descarga de USGS science for a changing world (EarthExplorer) que mediante el uso de la herramienta computacional ArcGIS Pro, se donde se cuenta con 14 imágenes, las cuales se encuentran:

- Mapa de Colombia (shapefile)
- Mapa de Departamentos (shapefile)
- Mapa de Boyacá (shapefile)
- Mapa de Municipios de Boyacá (shapefile)
- Mapa de Tota (shapefile)
- Mapa de Páramo Bijagual-Mamapacha (shapefile)
- Mapa de Zona de Amortiguación (shapefile)
- Mapa de Cobertura de Tierras 2005 (shapefile)
- Mapa de Cobertura de Tierras 2008 (shapefile)
- Mapa de Cobertura de Tierras 2011 (shapefile)
- Mapa de Cobertura de Tierras 2014 (shapefile)
- Mapa de Cobertura de Tierras 2017 (Landsat)
- Imagen Satelital Cobertura de Tierras 2020 (Landsat)
- Imagen Satelital Cobertura de Tierras 2023 (Landsat)

Ilustración 12. Diagrama de flujo metodología

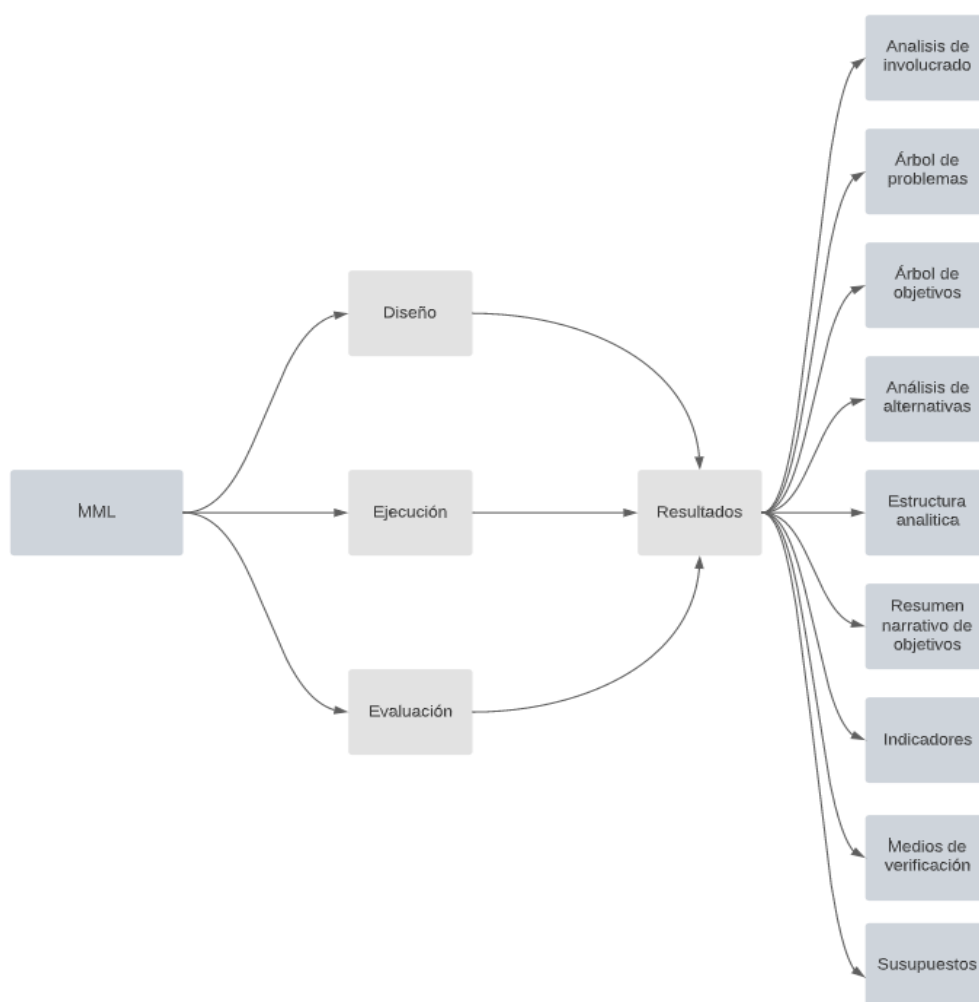


Fuente: Autor

Para lograr establecer el servicio y evaluación del potencial se da uso de la metodología del marco lógico, la cual está centrada en la orientación por objetivos, hacia grupos beneficiarios y lograr facilitar la participación y comunicación entre las diferentes partes interesadas para culminar satisfactoriamente el proceso. Con esta metodología establecida se implementa en este estudio que tiene como objetivo incrementar la planificación de proyectos al ser asociada con organismos de cooperación. Los resultados que se obtendrán de esta metodología serán las diferentes matrices desarrolladas en los pasos del marco lógico.

La metodología que se implementa para este estudio se lleva a cabo por medio de los pasos establecidos en la MML con esto en mente el diseño metodológico se ve reflejado en el siguiente diagrama.

Ilustración 13. Diagrama Marco Lógico



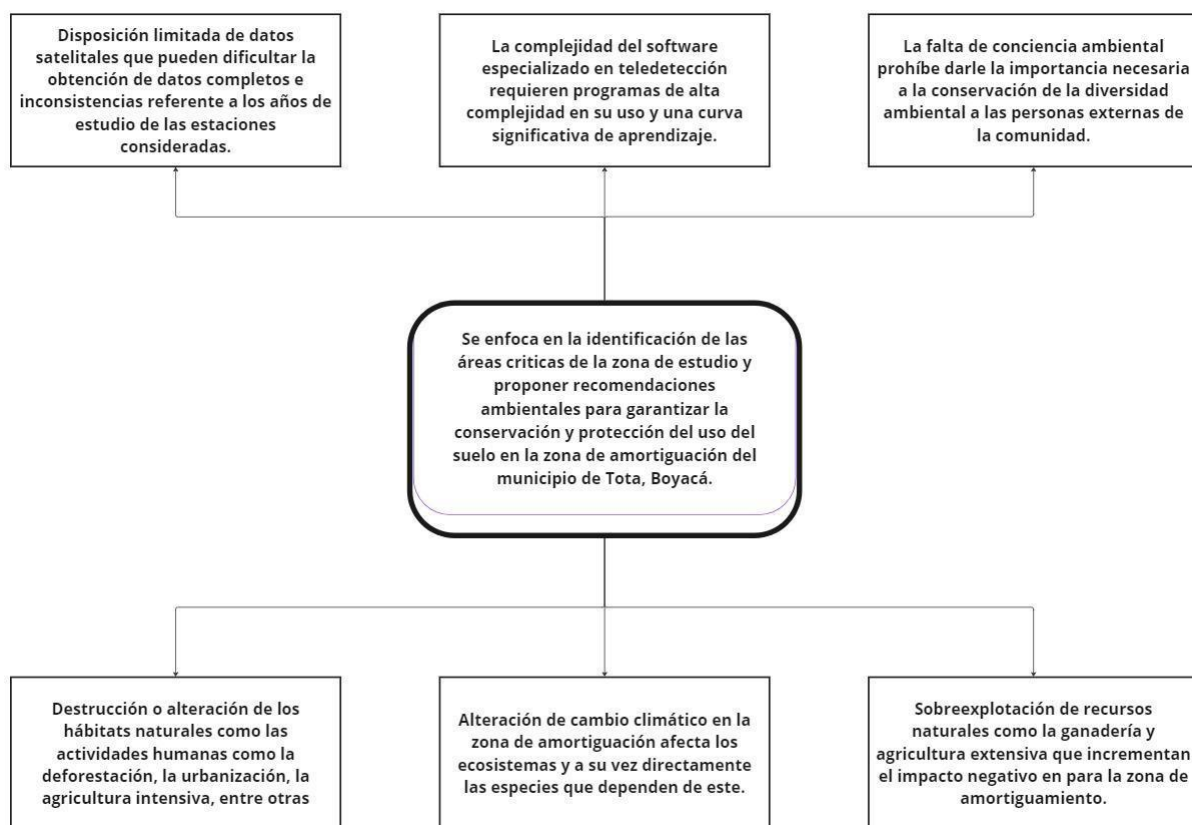
Fuente: Autor

ÁRBOL DE PROBLEMAS

Implementando el árbol de problemas va a permitir comprender la complejidad de la problemática ambiental de forma integral, visualizando causas y efectos de la degradación del suelo. Al tener la información plasmada se facilita la priorización a las acciones para la intervención, enfocando los esfuerzos en las causas principales del problema, permitiendo así difundir la problemática ambiental a diferentes actores (autoridades, locales, comunidades y grupos de interés).

Es importante destacar que el Árbol de Problemas no constituye una solución en sí mismo, sino aporta como herramienta a la comprensión de la problemática ambiental y orienta las acciones. Es por ello que si se sigue con el estudio se contempla el uso de otros métodos de análisis, como la evaluación de impacto ambiental, la planificación territorial y la participación social.

Ilustración 14. Árbol de problemas



Fuente: Autor

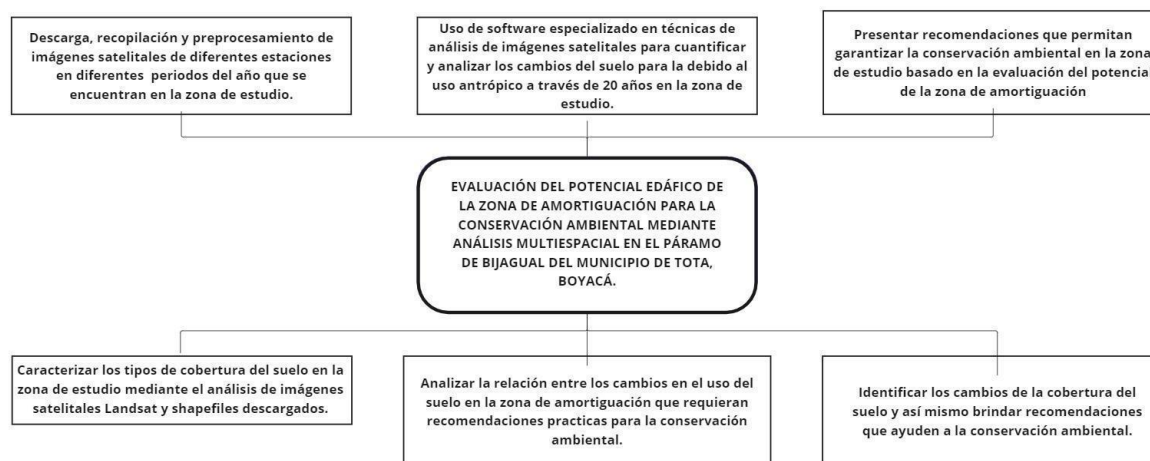
ÁRBOL DE OBJETIVOS

En un principio la evaluación que se le brindara con este proyecto tiene la necesidad de un análisis multiespacial en la zona de amortiguación para la conservación ambiental por el desarrollo de las imágenes satelitales Landsat, donde es importante destacar que el municipio de Tota cuenta con una gran riqueza de biodiversidad, allí se presentan especies de flora y fauna endémicas amenazadas por la expansión de la actividad humana tanto de agricultura como de ganadería, en este caso es relevante garantizar la sostenibilidad del ecosistema y la calidad de vida de las personas que habitan en la región.

Por lo tanto, es imprescindible el uso de las imágenes satelitales y herramientas software para identificar las áreas críticas en términos de impacto en la cobertura vegetal, así identificar las áreas que requieren mayor atención y protección, lo cual pueden ser aprovechadas de manera sostenible.

Es esencial el análisis y la bibliografía que permitirá la toma de decisiones y planificación que permitan la conservación ambiental y el bienestar de la población en general.

Ilustración 15. Árbol de objetivos

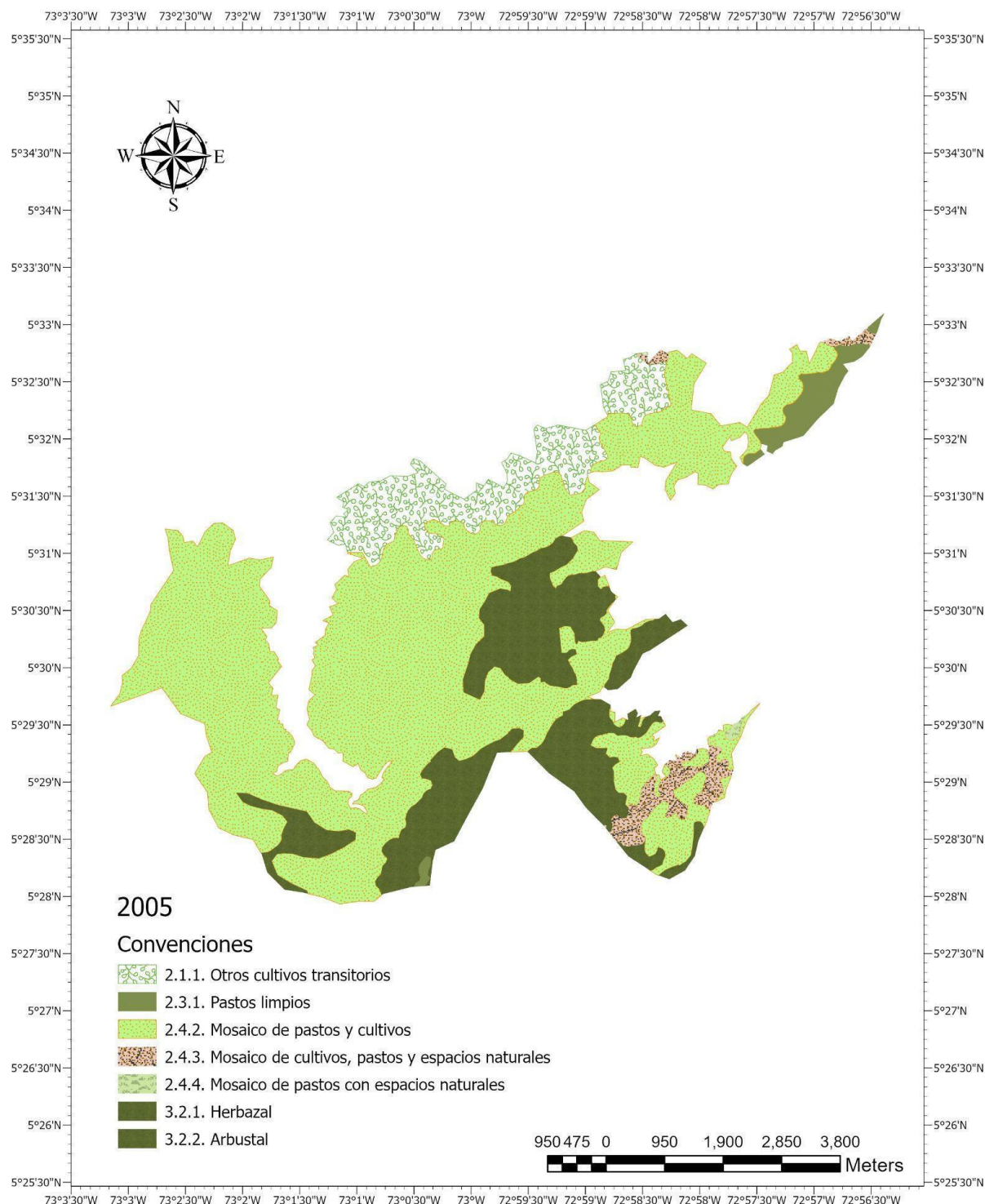


Fuente: Autor

RESULTADOS

ANALISIS DE IMAGENES SATELITALES.

Ilustración 16. Mapa Cobertura de suelos - 2005

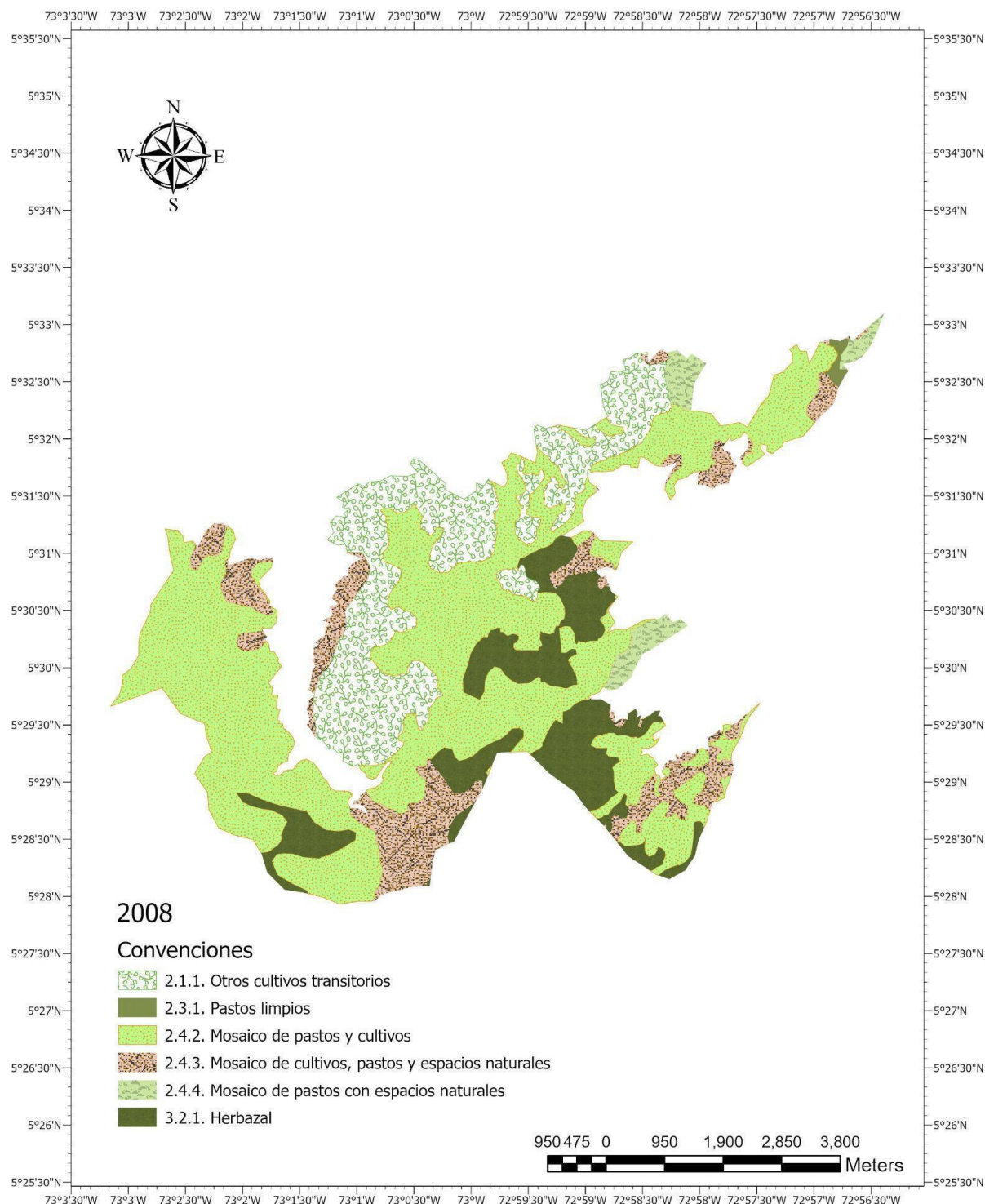


Fuente: Autor

En el análisis de estudio para la imagen Satelital landsat 7 obtenida de la descarga de datos de la fuente digital “Colombia en mapas” se puede notar en su gran mayoría que la cobertura del suelo se usa para diversos fines como lo son pastos limpios, espacios naturales, herbazales y arbustos, cultivos de papa, hortaliza, maíz y arveja como se evidencia tanto el área como el porcentaje del uso en la **tabla 2** y **tabla 3**. De esta manera se afirma que en el

año 2005 el uso del suelo más significativo corresponde a los pastos y diferentes cultivos, pero también se entiende que para ese año o en el análisis de la información suministrada en los shapefiles no se considero de ninguna manera la ganadería como un uso importante en el suelo y no existía la compensación ambiental como las plantaciones forestales.

Ilustración 17. Mapa Cobertura de suelos - 2008

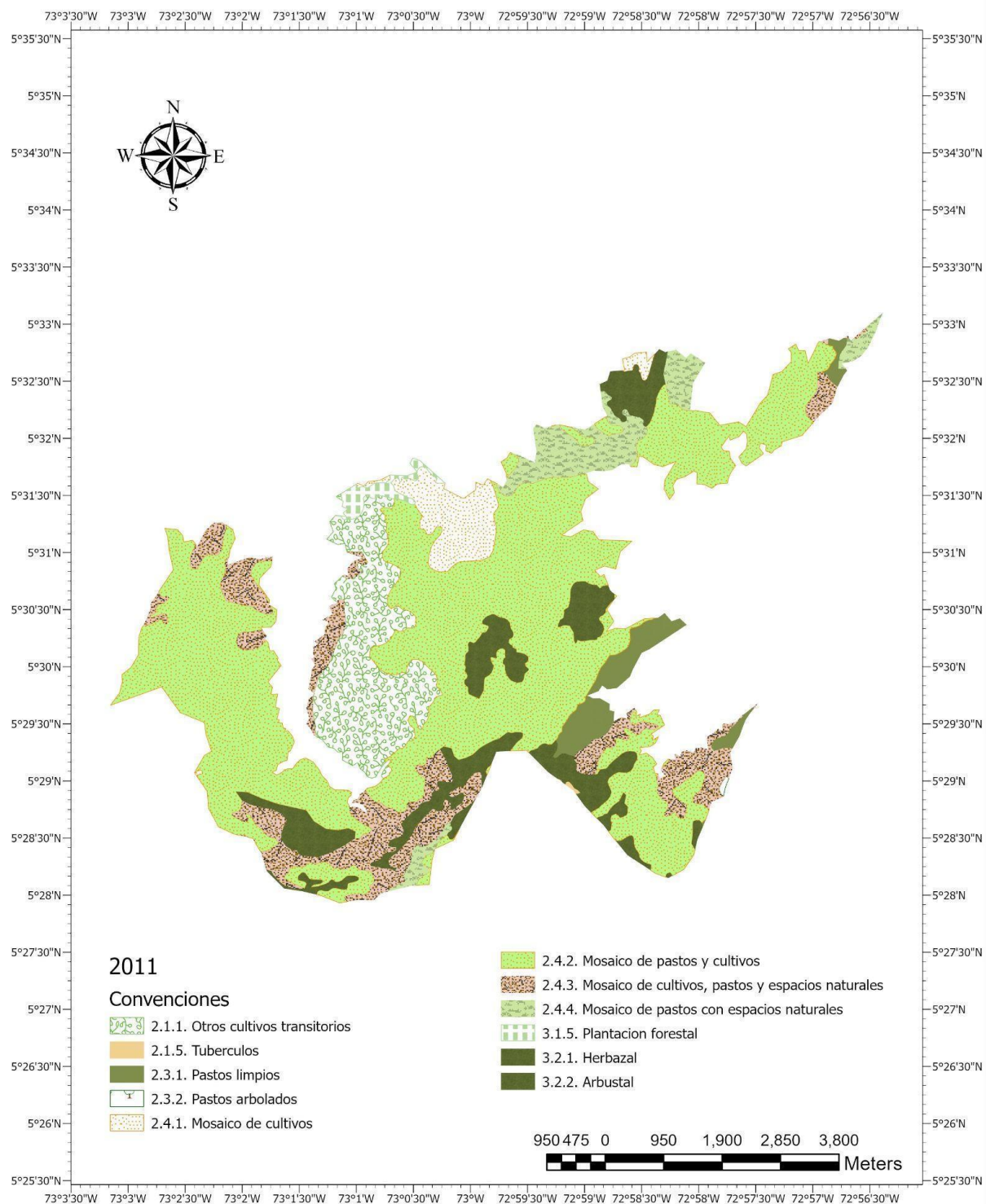


Fuente: Autor

Para el año 2008, en el estudio para la imagen satelital Landsat 7 obtenida del "IDEAM" se evidencia la evolución en la cobertura del suelo ya que varía el área entre un uso y otro que se puede notar en la **tabla 2**, los pastos limpios y espacios naturales disminuyen significativamente, que a su vez los cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja aumentan, y de la misma manera los arbustos y herbazales tuvieron un aumento de 2% como se evidencia

en la **tabla 3**. Aun así, se debe tener en cuenta que aun la ganadería no tiene significancia alguna en la toma de datos o el análisis y tampoco se ha compensado las plantaciones forestales.

Ilustración 18. Mapa Cobertura de suelos - 2011

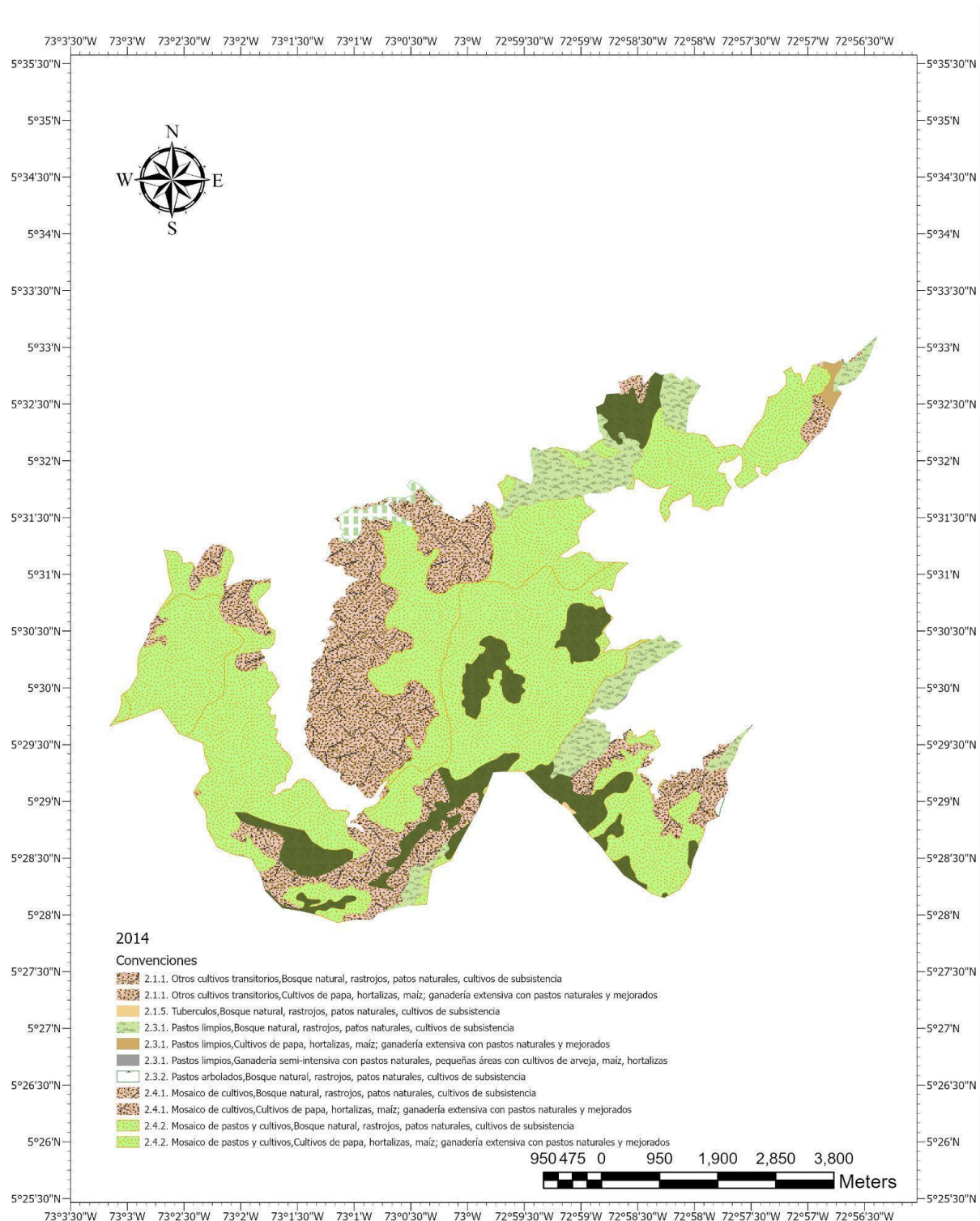


Fuente: Autor

Para el año 2011, luego de otra escala de 3 años, en el estudio de la imagen satelital Landsat 7 obtenida por el "IGAC" se puede ver claramente en la **imagen 15**, que empezaron a implementar el área y a expandir en los usos del suelos en diferentes cultivos, la sectorización por lugares, sin embargo los herbazales y arbustos como los cultivos de papa, hortalizas,

maíz y arveja se mantiene estable a hace 3 años, se aumentó la conservación de los espacios naturales y así mismo se inició con las plantaciones forestales, que encaminan a la mejora y recompensa de la conservación ambiental, pero aun así en los estudios no se ha evidenciado aún el uso de la ganadería.

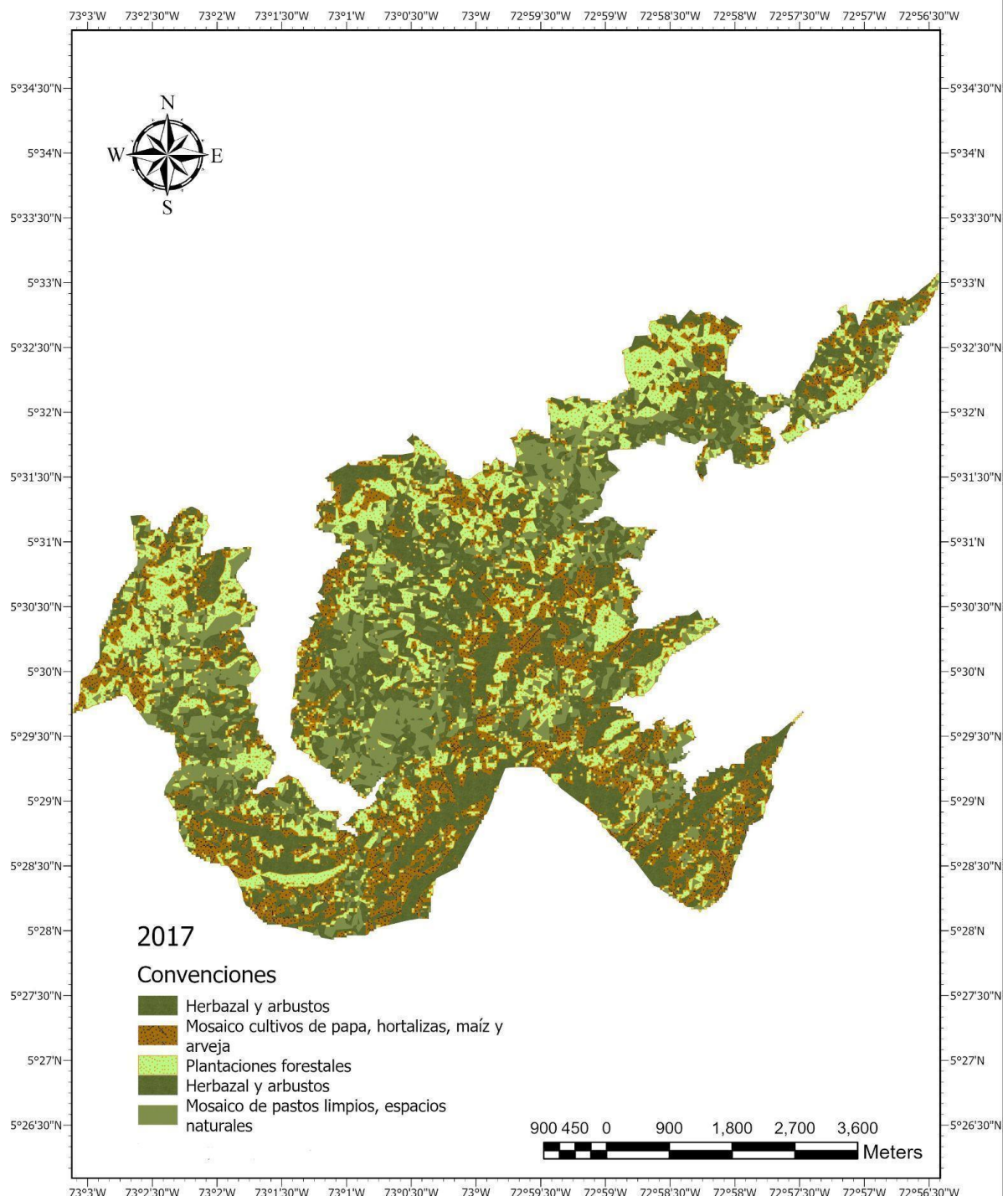
Ilustración 19. Mapa Cobertura de suelos - 2014



Fuente: Autor

Para el año 2014, en el estudio de la imagen satelital Landsat 7, obtenida nuevamente del “IGAC” hubo un drástico cambio a lo que se refiere tanto a los cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja disminuyó un 34%, como en espacios limpios y espacios naturales que aumentó en un 23% como se evidencia en la **tabla 3**. Por otro lado, las plantaciones forestales se mantuvieron estables, a través de los 3 años, pero en este caso en especial iniciaron a tener en cuenta tanto en los análisis como la información en la ganadería, como no había información previa tuvo un inicio del 16% que se puede evidenciar en la **tabla 3**.

Ilustración 20. Mapa Cobertura de suelos - 2017

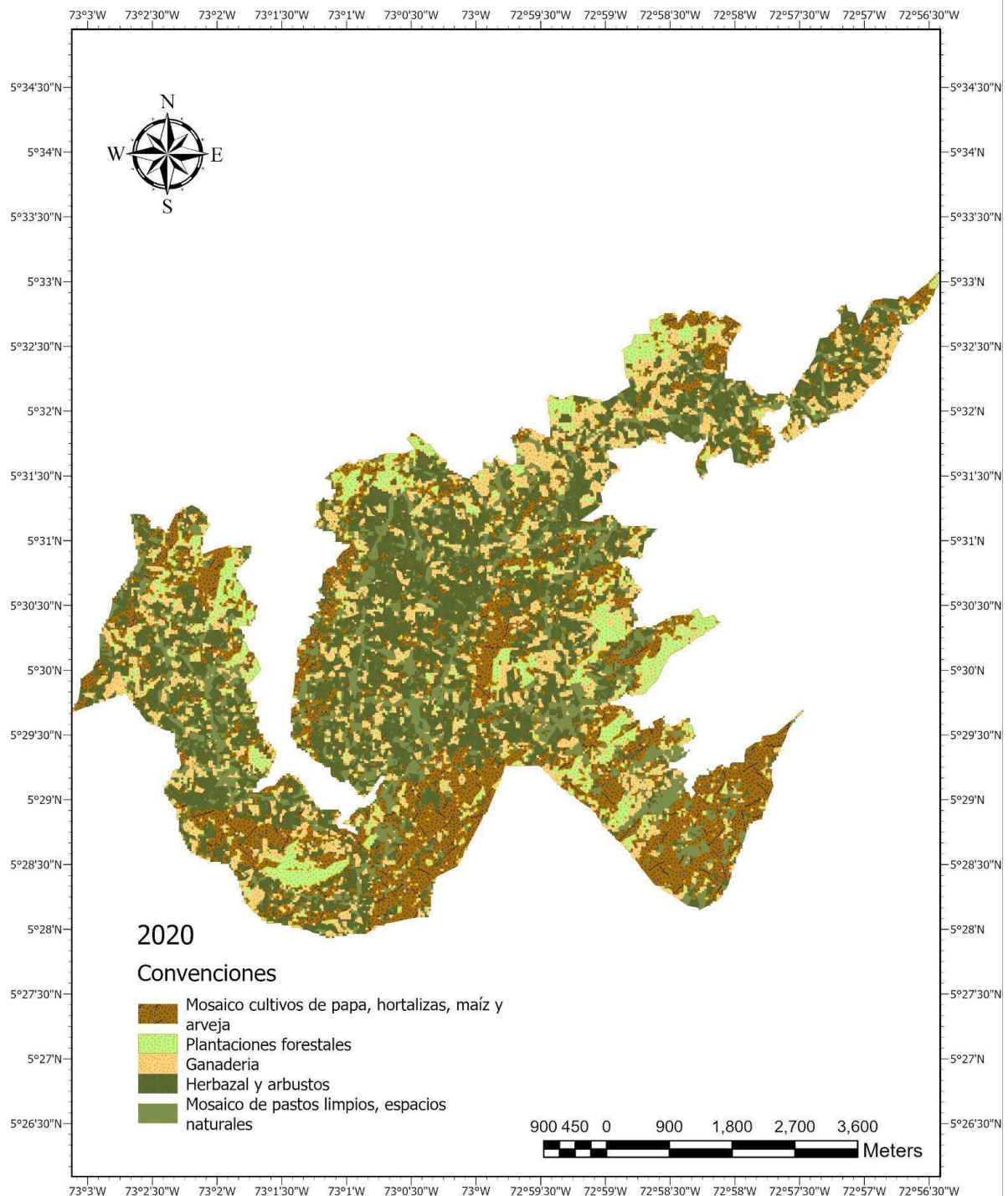


Fuente: Autor

Para el año 2017, mediante la descarga directa de imágenes satelitales Landsat 8, obtenidas de “EarthExplorer” y el desarrollo por Corine Land Cover, con la herramienta de “Maximum Likelihood Classification”, la verificación supervisada, hubo un cambio drástico en la mayoría de la cobertura del suelo, esto se debe a que la actualización de las imágenes por los satélites

y su desarrollo o análisis ha mejorado, por lo cual para este año es notorio el cambio a través de los años, tanto en la clasificación como en el mapa, de esta manera la cobertura de suelo en cuestión al año 2014 está equilibrado para pastos limpios y espacios naturales y cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja, aun así, el nivel de plantaciones forestales, herbazales y arbustos aumentó en un 15% y 14% respectivamente.

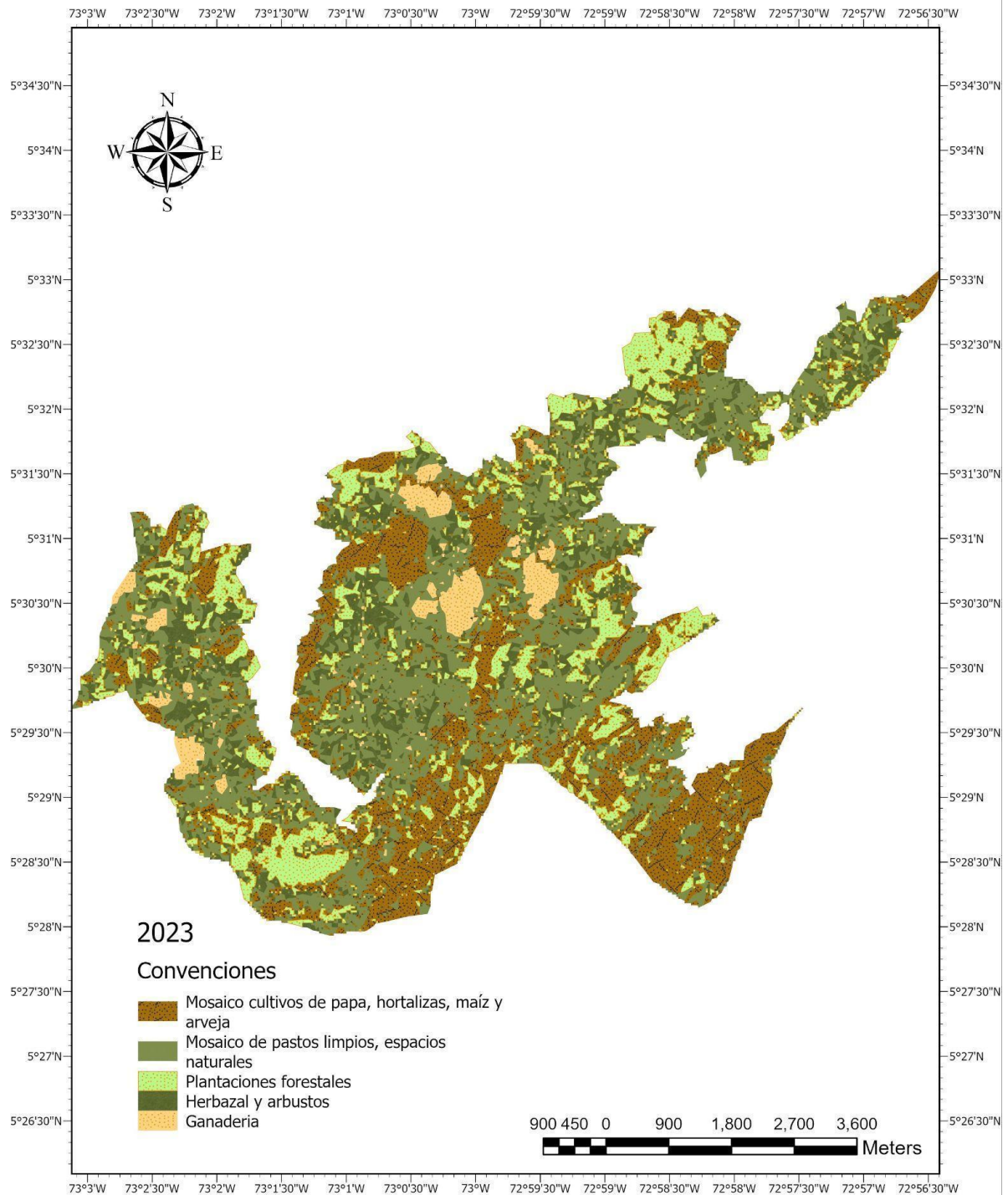
Ilustración 21. Mapa Cobertura de suelos - 2020



Fuente: Autor

Para el año 2020, mediante la descarga directa de imágenes satelitales Landsat 8, obtenidas de “EOS DATA ANALYTICS” en el desarrollo de Corine Land Cover, con el uso de la herramienta anteriormente nombrada, la información es más confiable notando en la **imagen 18**, que la mayoría los usos en la cobertura del suelo quedaron estables, aun así, hubo una disminución de los anteriores 3 años en las plantaciones forestales, herbazales y arbustos de 4% y 5% respectivamente como se nota en la **tabla 3**.

Ilustración 22. Mapa Cobertura de suelos 2023



Fuente: Autor

Finalmente, para el año 2023 mediante la descarga directa de imágenes satelitales Landsat 8, obtenidas de “EOS DATA ANALYTICS” la situación con la cobertura del suelo y el uso, siguen siendo muy equilibrados, sin embargo, se ve evidenciado una gran disminución a la ganadería de un 9%, pero las proporciones son equitativas con respecto a los demás usos.

CARACTERIZACIÓN DE TIPOS DE COBERTURA

Tabla 2. Caracterización de tipos de cobertura del suelo - Área.

Año	2005	2008	2011	2014	2017	2020	2023
Cobertura y uso del suelo / Área	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha
Mosaico cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja	3412	3525	3374	1872	1192	1206	1249
Mosaico de pastos limpios, espacios naturales	624	399	640	1680	1085	1460	1491
Plantaciones forestales	0	0	40	40	719	555	818
Herbazal y arbustos	479	591	462	266	902	686	799
Ganadería	0	0	0	657	617	608	159
Total	4516	4516	4516	4516	4516	4516	4516

Fuente: Autor

Tabla 3. Caracterización de tipos de cobertura del suelo - Porcentaje.

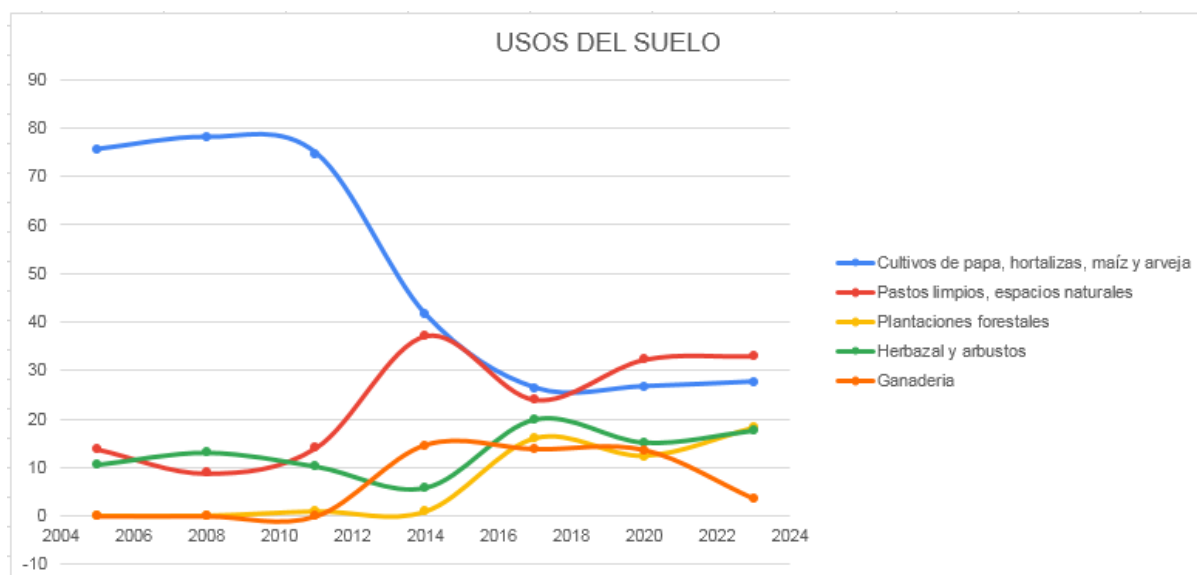
Año	2005	2008	2011	2014	2017	2020	2023
Cobertura y uso del suelo / Porcentaje	%	%	%	%	%	%	%
Mosaico cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja	76	78	75	41	26	27	28
Mosaico de pastos limpios, espacios naturales	14	9	14	37	24	32	33
Plantaciones forestales	0	0	1	1	16	12	18
Herbazal y arbustos	11	13	10	6	20	15	18
Ganadería	0	0	0	15	14	13	4
Total	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Autor

DIAGRAMA DE PORCENTAJE

En el siguiente diagrama, es parte fundamental de cómo es el porcentaje de los usos del suelo a través de los años, los cuales se ve con notoriedad la relevancia de los cultivos en los años 2005, 2008 y 2011 por otro lado se ve que la ganadería como anteriormente se demostró no hubo información la cual se pudiese tener en cuenta por parte de las corporaciones que tenían un análisis de mapas ya realizado.

Ilustración 23. Diagrama usos de suelos por año.



Fuente: Autores

ANÁLISIS DE MARCO LÓGICO

Análisis de estrategias

La evaluación potencial de una zona de amortiguación es caracterizada por presentar desafíos ambientales que impactan la integridad de los ecosistemas circundantes y su capacidad para actuar como amortiguadores ambientales, en la búsqueda se desarrollan estrategias integrales que aborden causas activas y que brinden propuestas de mitigación y promover el uso del suelo sostenible mediante prácticas y gestiones de restauración. Por ende, estas estrategias buscan fomentar la resiliencia asegurando la contribución a la conservación ambiental a largo plazo.

En este caso se plasman estrategias para amenazas compuestas por el cambio climático, erosión del suelo y los cambios que se presentan en el uso del suelo, en donde el enfoque estratégico también tendrá relación a revitalización y fortalecimiento de la zona de amortiguación.

Estrategia 1. Prácticas de manejo sostenible del suelo.

La implementación de prácticas de manejo emerge para abordar la amenaza de la erosión del suelo, teniendo claro que la salud del suelo constituye el cimiento principal para la biodiversidad y la resiliencia ecológica, su enfoque entra en la activación de técnicas agrícolas y forestales para salvaguardar la riqueza edáfica y la prosperidad de la conservación ambiental. Para llevar esto a cabo se presentan un plan de implementación:

Tabla 4. Análisis multicriterio - Estrategia 1.

	Desarrollo de prácticas agrícolas y forestales sostenibles para lograr minimizar la erosión del suelo y promover la salud del suelo.	Promoción de técnicas de conservación del suelo (siembra directa, rotación de cultivos y agroforestería).	Educación a la comunidad local sobre la importancia de las buenas prácticas	Incentivos para agricultores que adopten buenas prácticas.
Impacto Ambiental.	5	5	4	4
Presupuesto.	3	3	4	3
Impacto social.	4	4	5	4
Sostenibilidad.	5	5	5	5
Tiempo.	3	3	3	3
Eficacia	4	4	5	4
Subtotal	24	24	26	23
TOTAL 97				

Fuente: Autor

Estrategia 2. Monitoreo continuo del cambio climático y adaptación

Con el aumento de las variaciones climáticas se plantean desafíos significativos para la estabilidad ambiental teniendo un enfoque proactivo basado en la gestión eficiente de estos ecosistemas, así se propone la implementación de sistemas de monitoreo climático para lograr recopilar datos precisos y contextualizados para lograr comprender las complejas interacciones que tiene el cambio climático con la salud del suelo, permitiendo ajustar las prácticas de conservación y tener una posición a las condiciones cambiantes para lograr la resistencia y sostenibilidad a largo plazo, siguiendo las siguientes actividades:

Tabla 5. Análisis multicriterio - Estrategia 2.

	Integración de sistemas de monitoreo del cambio climático y estrategias de conservación	Implementar estaciones meteorológicas para recopilar datos climáticos locales.	Modelos predictivos para entender posibles impactos del cambio climático	Ajuste de respuestas a cambios climáticos identificados.
--	---	--	--	--

	según su variación.			
Impacto Ambiental.	5	4	5	5
Presupuesto.	3	3	3	3
Impacto social.	4	3	4	4
Sostenibilidad.	5	4	5	5
Tiempo.	3	3	3	3
Pertinencia, eficacia y eficiencia.	4	4	4	4
Total	24	21	24	24
93				

Fuente: Autor

Estrategias 3. Ordenación del uso del suelo y restauración.

Con la planificación de las zonas de amortiguación y el cambio en los usos del suelo generado por las diversas actividades humanas, se ha generado un desequilibrio ecológico. donde se quiere proponer desarrollo y conservación de manera simultánea para lograr la evaluación de las áreas vulnerables y lograr establecerla buscando la integridad del suelo e iniciativas de restauración como reforestación y rehabilitación, dicha estrategia nos presenta un compromiso con la restauración activa de ecosistemas.

Tabla 6. Análisis multicriterio - Estrategia 3.

	Establecer políticas de ordenación del uso del suelo que limiten la expansión no planificada y mitiguen los efectos de la erosión.	Realizar evaluaciones del uso del suelo para identificar áreas críticas vulnerables a la erosión.	Implementar medidas de restauración, como reforestación y restauración de ecosistemas, en áreas degradadas.	Establecer regulaciones que limiten la conversión de áreas de amortiguación para usos no sostenibles.
Impacto Ambiental.	5	5	5	5
Presupuesto.	3	3	3	3
Impacto social.	4	4	4	4

Sostenibilidad.	5	5	5	5
Tiempo.	3	3	3	3
Pertinencia, eficacia y eficiencia.	4	4	4	4
Total	24	24	24	24
96				

Fuente: Autor

Con la información anterior se puede identificar y seleccionar la estrategia que mejor se ajusta a las condiciones que permitan el mismo funcionamiento a los objetivos del proyecto, siendo seleccionada la **estrategia 1**, dado que presentó los valores más altos en el análisis de multicriterios de impacto ambiental, impacto social y pertinencia, eficacia y eficiencia, presentando un factor importante para el entorno de estudio como la comunidad en donde se fijó el proyecto, de esta manera contaría como una estrategia viable para desarrollar el proyecto, ya que considera que tiene un total de 97 puntos.

Presentando plasmar un buen análisis de la degradación de los ecosistemas en la zona de amortiguación orientada a una aplicación ambiental, social y económica, para con el área de estudio como con la comunidad aledaña.

Análisis de influencias

Influencia directa en la zona de amortiguamiento del municipio de Tota

En la zona de amortiguamiento del municipio de Tota, que se encuentra alrededor de un área protegida o de posible interés ambiental, por las alteraciones o cambios que pueden generar una influencia directa en la comunidad aledaña al casco urbano, teniendo en cuenta que para un plan de desarrollo es posible la idea que se pueda plantear un ajuste económico, social y ambiental, de manera que se brinde el crecimiento de empleo y turismo a la región de tal manera siendo inclusivo con la sostenibilidad que mejore el aprovechamiento y el uso de los recursos que se presentan en la misma zona de estudio. En cuanto al turismo presenta un gran beneficio social, económico y una intervención ambiental, porque permite el ingreso de los agentes externos, el consumo económico permite un valor agregado a la zona, lo que permite invertir en el crecimiento de la conservación a largo plazo, y promover la protección del medio.

Influencia indirecta en la zona de amortiguamiento del municipio de Tota

Los efectos negativos son los principales agentes en la zona de influencia indirecta, ya que estos tienen efectos significativos en el ecosistema y en la capacidad para la protección de especies que allí se encuentran. Uno de los factores es la cobertura vegetal excesiva en la zona de protección, lo que puede tener consecuencias negativas en la biodiversidad del

medio ambiente, este impacto en la cobertura vegetal, ya que la vegetación es indispensable para la protección como forma de refugio y alimento para los animales, pero si ya aumenta de sobremanera este exceso, puede generar el impacto en la pérdida del hábitat para algunas especies.

De la misma manera, este exceso puede generar impacto en la calidad del suelo y la calidad del agua, por el consumo desmesurado del recurso hídrico, lo que reduce los niveles de agua subterránea y la alteración de los modelos de flujo tanto en la zona de amortiguamiento como en la zona de protección, lo que a su vez genera la disminución para el consumo humano y la fauna silvestre.

Por otro y no menos importante, los cambios climáticos también se ven afectados por la cantidad de precipitación que entre menor sea, la vegetación puede aprovechar toda la humedad disponible del lugar, de la misma manera la actividad humana, tiene una influencia indirecta por las actividades agrícolas y ganaderas sin ningún tipo de aprobación interviniendo a la introducción de especies que no son nativas en la zona de estudio.

Resumen narrativo

Para llevar a cabo la sección se da detalle del fin, actividades, productos y los resultados del proyecto, como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resumen Narrativo.

RESUMEN NARRATIVO
FIN
1. Incremento al manejo y disposición de los recursos de información satelital y digitales.
2. Aumento de estrategias sociales, ambientales y económicas sostenibles en el municipio de Tota.
3. Beneficios a la conservación y aprovechamiento ambiental de la zona.
PROPÓSITO
Representación de una estrategia evaluativa que permita una óptima valoración ante el potencial de una zona de amortiguación para la conservación ambiental mediante análisis multiespacial y uso de imágenes satelitales Landsat en el municipio de Tota, Boyacá
COMPONENTES
1. Análisis del entorno Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal.
2. Identificación de las coberturas de suelos de la zona de amortiguación del municipio de Tota
3. Generación de estrategias para la gestión de biodiversidad de la zona de amortiguación del municipio de Tota
ACTIVIDADES

1.1 Estudio bibliográfico de información secundaria encontrada en fuentes de información (sobre imágenes landsat)
1.2 Proceso de reconocimiento y extensión del proyecto.
1.3 Procesamiento de imágenes satelitales.
1.4 Análisis y Caracterización de cobertura de suelos.
2.1 Registro bibliográfico (Entorno ecológico del municipio de Tota).
2.2 Estudio bibliográfico (Plan de desarrollo nacional, departamental y político del municipio de Tota).
2.3 Registro bibliográfico (Uso de suelos del municipio, actual y principal).
2.4 Desarrollo de encuestas a la población presente en la zona de amortiguación del municipio de Tota.
3.1 Estudio bibliográfico (Identificar aspectos sociales, tecnológicos y ecológicos del municipio de Tota).
3.2 Estudio bibliográfico (Normatividad vigente - Aspectos ambientales y evaluaciones sostenibles).
3.3 Análisis de la información recolectada sobre la zona de amortiguación del municipio de Tota
3.4 Desarrollo de estrategias para la correcta gestión ambiental de la zona de amortiguación del municipio de Tota

Fuente: Autor

Análisis de involucrados

Para llevar a cabo la identificación de involucrados se determinan aquellos actores externos e internos que influyen directamente en el progreso evolutivo, ya sea que se obtenga una respuesta positiva o negativa en el desarrollo del mismo. Para ello se da la implementación de este análisis con el fin lograr la identificación de grupos y dar la correcta proyección de los actores principales donde se destacan colaboradores, desarrolladores y entidades gubernamentales locales las cuales entran a ser parte de los afectados directamente en la ejecución de la evaluación, bien sea de manera positiva o negativa; seguido a ello se lograra la identificación de servidores digitales, consultores aliados y diversas fuentes que logren proveer información para el buen desarrollo y complemento al estudio. Para luego proceder con la identificación de grupos externos donde hace parte el sector turístico, entidades gubernamentales nacionales ya que dichos mencionados no se encontrarán involucrados de forma directa en la ejecución y evaluación de la zona y por ende no logran tener una influencia directa del mismo, lo anteriormente mencionado se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 8. Análisis de involucrados.

Grupo	Interés	Problemas percibidos	Mandatos y recursos.
Comunidad local	• Evaluación ambiental. • Conservación y evaluación de	• Escasa información. • Variación en fuentes de	• Contratación • Acuerdos al servicio prestado • Asistir

	ecosistemas.	información.	capacitaciones
Consultores aliados	• Incremento de evaluaciones. • Aumento de participación en el mercado	• Plazos de entrega	• Acuerdos a nivel de servicio
Proveedores	• Obtención de información. • Guía en ejecución de procesos. • Canales digitales para evaluación.	• Mal funcionamiento del servicio. • Demora en recepción de información.	• Contratación • Acuerdo a nivel de servicio.
Entidades públicas	• Aumento oportunidad laboral • Aumento relaciones laborales • Estabilidad en trabajo • Mayor conocimiento y experiencia	• Generación de quejas y reclamos	• Contratación • Planificación y gestión en procesos

Fuente: Autor

Tabla 9. Análisis de involucrados.

Grupo	Estrategia
Comunidad/Clientes	Anunciar nuevas estrategias y tecnologías para el producto y servicio.
Consultores aliados	Garantizar cambios que incluyan el servicio de promoción al estudio realizado dentro del contrato.
Colaboradores	Generar y desarrollar apropiación para el buen desarrollo del servicio.
Proveedores	Informar cambios en el proceso garantizando la continuidad del servicio.
Entidades públicas	Vigilar procesos y gestión de calidad de cerca.

Fuente: Autor

Indicadores

En esta sección se establecen los indicadores del proyecto los cuales son las especificaciones cuantitativas y cualitativas para medir el logro de un objetivo, aceptada colectivamente por los involucrados en el proyecto como adecuada para lograr el objetivo correspondiente. En la Tabla X se especifican los indicadores que se utilizarán para la evaluación cuantitativa y cualitativa del proyecto.

Tabla 10. Indicadores.

Indicador	Realizable	Medible	Relevante	Independiente	TOTAL
Investigar metodologías para el estudio del potencial	1	0	0	1	2
Materiales necesarios para la adquisición de información	1	1	1	1	4
Efectividad de metodologías para la evaluación de potencial	1	0	1	1	3
Presupuestos necesarios para la evaluación del potencial	1	1	1	1	4
Capacitaciones a personas interesadas en el proyecto	1	0	0	0	1
Desarrollo de proyecto	1	1	0	1	3
Foros ambientales para la concientización de personas interesadas	0	0	0	1	1

Encuestas para el cliente	1	1	0	1	3
Realizar entrevistas con grupos focales	1	1	0	1	3
Realizar estudio mercantil	1	0	0	0	1
Verificar tipos de clientes que tengan interés en el proyecto	0	0	0	1	1
Posibilidades de éxito del proyecto	1	1	1	1	4

Fuente: Autor

Tabla 11. Indicadores.

	RESUMEN NARRATIVO	NOMBRE DE INDICADOR	INDICADOR DEFINIDO	QUÉEN	DÓNDE	CUÁNTO	CÓMO	CUÁNDO
FIN	1. Incremento al manejo y disposición de los recursos de información satelital y digitales.	Evaluación de la información de imágenes satelitales Landsat para el análisis de coberturas vegetales	Caracterización de coberturas de suelos de la zona de influencia del municipio de Tota	Autores	Usta, Tunja	Conocimiento del 100% de las coberturas presentes en la zona de amortiguación en el municipio de Tota	Análisis de información	Meses de Junio y Julio del 2023

	2. Aumento de estrategias sociales, ambientales y económicas sostenibles en el municipio de Tota.	Análisis de estrategias económicas , sociales y ambientales desde un punto de vista sostenible	Caracterización de las condiciones actuales de la población presente en la zona de amortiguación del municipio de Tota	Comunidad municipio de Tota	Municipio Tota	Crecimiento igual o mayor del 50% de estrategias sostenibles en Tota	Encuestas a la comunidad	Meses de Agosto y Septiembre del 2023
	3. Beneficios a la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad de la zona.	Revisión de bibliografía en la que se estudien estrategias de gestión de los recursos naturales ambientales	Conocer las características específicas de la zona de estudio y los beneficios relacionados al implementar estrategias nuevas para la gestión ambiental presente en la zona de amortiguación del municipio de Tota	Autores	Usta, Tunja	Conocer al 50%-80% de estudios relacionados	Revisión bibliográfica de productos relacionados y articulación con la problemáticas ambientales actuales , para ejecutar la formulación de esta estrategia económica sostenible	Meses de Enero y Febrero del 2024

PROPÓSITO	Representación de una estrategia evaluativa que permita una óptima valoración ante el potencial de una zona de amortiguación para la conservación de la biodiversidad mediante análisis multiespacial y uso de imágenes satelitales Landsat en el municipio de Tota, Boyacá	Formulación de estrategias para la gestión de ambiental presente en la zona de amortiguación dentro de un ecosistema como el presente en el municipio de Tota	Se plantea la formulación de una estrategia categorizada como sostenible a fin de aportar al crecimiento en el municipio y a la conservación de la biodiversidad presente en la zona de estudio	Autores	Usta, Tunja	Desarrollo del 100% de la formulación de estrategia a sostenible	Revisión bibliográfica de productos relacionados	Mes de Febrero del 2023
COMPONENTES	1. Análisis del entorno Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal.	Matriz PESTEL	Identificación del entorno del proyecto, a fin de realizar una planificación estratégica de este	Autores	Usta, Tunja	Conocer el 100%	Realización de la matriz PESTEL	Meses de Febrero y Marzo del 2023

	2. Identificación de las coberturas de suelos de la zona de amortiguación del municipio de Tota	Análisis de imágenes Landsat con metodología a Corine Land Cover	Conocimiento de la metodología Corine Land Cover con el fin de identificar las diferentes coberturas vegetales presentes en la zona de amortiguación del municipio de Tota	Autores	usta, Tunja	Conocer el 100%	Procesamiento de imágenes Landsat	Meses de Febrero y Marzo del 2023
	3. Generación de estrategias para la gestión ambiental de la zona de amortiguación del municipio de Tota	Revisión de bibliográfica	Se evalúa la información recolectada y las imágenes procesadas con el fin de hacer un análisis y discriminación específica, estableciendo así las estrategias de	Autores	usta, Tunja	Implementar el 50%-80% de las estrategias establecidas	Evaluación de información obtenida	Meses de Octubre y Noviembre del 2023

			gestion de la biodivers idad					
--	--	--	---------------------------------------	--	--	--	--	--

Fuente: Autor

Medios de verificación

Esta sección nos indica de donde obtendremos nuestra información en relación a los indicadores, así lograr identificar las posibles fuentes existentes en donde se podrá verificar mediante inspección visual y justificarlo para volver a integrarnos a su verificación.

Tabla 12. Medios de verificación

NOMBRE DE INDICADOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	MÉTODO DE RECOLECCIÓN	RESPONSABLE	MÉTODO DE ANÁLISIS	FRECUENCIA
Evaluación de la información de imágenes satelitales Landsat para el análisis de coberturas vegetales	Metodología Corine Land Cover	Revisión bibliográfica	Autores	Elección y verificación de documentos recolectados	Mensual
Análisis de estrategias económicas, sociales y ambientales desde un punto de vista sostenible	Departamento administrativo nacional estadístico (DANE)	Encuestas	Comunidad municipio de Tota	Conteo y cálculo porcentual para cada capacitación	Una sola vez
Revisión de bibliografía en la que se estudien estrategias de gestión de los recursos naturales ambientales.	Repositorios y revistas científicas	Revisión bibliográfica y trabajo de campo	Autores	Elección y verificación de documentos recolectados	Una sola vez

Formulación de estrategias para la gestión de la biodiversidad presente en la zona de amortiguación dentro de un ecosistema como el presente en el municipio de Tota	Revisión e identificación de variables implicadas en artículos relacionados	Revisión bibliográfica	Autores	Elección y verificación de documentos recolectados	semanal
Matriz PESTEL	Plan de desarrollo departamental y nacional	Revisión bibliográfica	Autores	Estudio del entorno	Una sola vez
Análisis de imágenes Landsat con metodología Corine Land Cover	Proceso de producción	Pesaje en proceso de producción	Autores	Elección y verificación de documentos recolectados	Una sola vez
Revisión de bibliográfica	Metodología Corine Land Cover	Pesaje en proceso de producción	Autores	Elección y verificación de documentos recolectados	Una sola vez

Fuente: Autor

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Terminado el análisis y desarrollo de la investigación mediante el uso de herramientas computacionales y matrices adaptadas, se determinó que el área de influencia presenta gran variedad de actividades antrópicas y otras naturales, las cuales llegan a afectar de manera negativa la zona del páramo Bijagual debido que dentro del páramo cuenta con presencia de agricultura extensiva. Estas diversas actividades generan influencia en la vegetación nativa y fauna presente dentro del páramo, puesto que estas actividades son aptas para el uso del páramo.

En este sentido, las áreas que presentan mayor potencial para la conservación ambiental son aquellas que aún logran conservar su cobertura vegetal nativa, siendo así áreas de importancia para la regulación del ciclo del agua, protección del suelo y provisión de hábitat para fauna y flora del sector.

Es por ello que los análisis multi espaciales son una herramienta útil para la evaluación del potencial edáfico de la zona de amortiguación del páramo Bijagual, y dichos resultados del presente estudio logran ser utilizados para poder formular diversas estrategias de conservación ambiental para así permitir protección y conservación de este ecosistema.

LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio se basó en una amplia información bibliográfica y en el análisis de imágenes satelitales Landsat, es por ello que se recomienda realizar estudios de campo para lograr una información que complemente el presente documento, adicional se presentan unas recomendaciones y estrategias en cuanto a:

1. Implementar análisis de suelos para lograr caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes zonas de amortiguación, conjunto a diversas mediciones del suelo como textura, materia orgánica, capacidad de retención de agua, fertilidad del suelo y la evaluación de presencia de contaminantes en el suelo.
2. Implementación de un monitoreo ambiental para lograr evaluar la evolución del estado del suelo en el tiempo, donde también se logre medir variables de temperatura, humedad del suelo, evapotranspiración y calidad del agua.
3. Dar cumplimiento al plan de manejo ambiental para la zona de amortiguación del páramo Bijagual trabajando de la mano con las comunidades locales para la buena gestión del páramo, brindando capacitaciones a los actores y trabajadores locales en técnicas de agricultura sostenible y ganadería. Adicionalmente, trabaja en el desarrollo de estrategias de pago por servicios ambientales para incentivar la conservación y protección del páramo.
4. El trabajo cooperativo entre las diferentes instituciones que trabajan en la buena gestión del páramo en cuanto al desarrollo de proyectos de investigación conjunta divulgando información de resultados ante autoridades ambientales y población local, logrando promover la educación ambiental sobre la importancia del páramo Bijagual.
5. Con las buenas técnicas de agricultura van de la mano el uso correcto de fertilizantes según su zona o pendiente. Además, aplicando rotación de ganadería para la conservación del suelo y aplicando sistemas de drenaje óptimos según la actividad realizada.

Ante las anteriores recomendaciones es importante la realización de un seguimiento y evaluación de la implementación de cada técnica y/o proceso, logrando dar ajustes en la marcha según la función del resultado que se quiere lograr.

CONCLUSIONES

Al momento de hacer la evaluación del potencial edáfico en la zona de amortiguación del municipio de Tota, mediante el desarrollo de las imágenes satelitales Landsat y la descarga de archivos por corporaciones, se ha evidenciado que a lo largo del tiempo se han visto cambios significativos en la cobertura del suelo, tanto en el sector agrícola, ganadero y la biodiversidad dentro de la zona de estudio.

De la misma manera, estos servicios ecosistémicos siempre han sido los mismos, gran parte de los años estudiados demuestra que no se ha evidenciado una construcción de

infraestructura que haga cambios extremos en el potencial edáfico, de esta manera la conservación ambiental para la zona de amortiguación necesita ciertos límites y recomendaciones que se tengan en cuenta para que no solo sea usado en la zona de amortiguación sino en un futuro al páramo Bijagual-Mamapacha.

Cuando se analizan los usos de imágenes multi espaciales en los años que se consideraron, se encontraron varias inconsistencias que fueron clave para la obtención de datos tanto del área de extensión como del porcentaje en los usos del suelo, debido a que gran parte de la información suministrada por las corporaciones no tienen en cuenta la ganadería en el estudio que se realizó para los años 2005, 2008, 2011 y 2014, de esta manera con la herramienta ArcGIS los mapas se encontraba en gran parte sectorizados en polígonos secuenciales en grandes cantidades de área y no repartidos.

Por otro lado, esto se debe a que las imágenes satelitales “Landsat 7” de las cuales recopilamos la información, no son en total acertadas por diferentes aspectos como el tiempo de obtención de toma de imágenes, el límite de observación por la clase de nubosidad, imágenes dañadas, de igual forma “Landsat 8” salió en el 2013 el cual tenía mejoras en información en cuanto a bandas espectrales con mejores resoluciones con detección de nubes de las cuales se guió para los años 2017, 2020 y 2023, que a su vez se ve evidenciado en los mapas por cada año.

De esta manera, la caracterización a los tipos de cobertura del suelo se identificaron 5 tipos que a lo largo de 20 años han estado presentes en el suelo de la zona de amortiguación, los cuales son cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja, pastos limpios y espacios naturales, plantaciones forestales, herbazales y arbustos, y finalmente ganadería, en donde el año 2008 presenta la mayor extensión y porcentaje de todo el territorio a través de los años para cultivos con un 3525 hectáreas con un 78%, y la que presenta la menor fue ganadería, ya que por las consideraciones anteriormente nombradas no se determinó ganadería en los años 2005, 2008 y 2011.

En cuanto a las recomendaciones planteadas para la protección del páramo son de imperativo ambiental, social y económico, donde estas van a permitir la conservación ambiental del páramo Bijagual a largo plazo. De igual forma es fundamental destacar que la protección de este ecosistema no solo va a beneficiar a las comunidades aledañas que dependen de él, sino también va a contribuir a la sostenibilidad ambiental regional y bienestar de futuras generaciones puesto que se manejan con un enfoque integral y participativo.

REFERENCIAS

- Achicanoy, J., Rojas, R., & Sánchez, J. (2018) Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. Dialnet. 21(1), 41-58. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687507>
- Acosta, J., & Jaramillo, J. (2020). Delimitación de zonas de amortiguamiento de páramos en Colombia: estado del arte y perspectivas. Revista de Geografía Agrícola.

- Alonso, V., Ayala, M., & Chamas, P (2020). Compensaciones por pérdida de biodiversidad y su aplicación en la minería. Los casos de la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia y el Perú. Medio Ambiente y Desarrollo. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/194afbe8-262d-49db-a9a3-c40b1e043ee2/content>
- Boussema, S. B. F., Allouche, F. K., Ajmi, R., Chaabane, B., & Gad, A. A. (2023). Assessing and monitoring the effects of land cover changes in biodiversity. Case study: Mediterranean coastal region, Sousse, Tunisia. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 26(1), 185-196. Obtenido de <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023EJRSS..26..185B/abstract>
- Carranza, P. (2017). Memoria Científicas del III Congreso Internacional de Ingeniería, ambiental, forestal y ecoturismo. Obtenido de <https://repositorio.cidecuador.org/handle/123456789/152>
- Chețan, M. A., Dornik, A., & Urdea, P. (2018). Analysis of recent changes in natural habitat types in the Apuseni Mountains (Romania), using multi-temporal Landsat satellite imagery (1986–2015). Applied geography, 97, 161-175. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622817308494>
- Contreras, D. F., & Rodriguez, J. D (2021). Propuesta de delimitación de la zona de amortiguamiento para el Complejo de Páramos Tota-Bijagual-Mamapacha, Boyacá, con fines de conservación ecosistémica. Obtenido de <https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/download/12251/9082/53305>
- Corpoboyacá (2020) obtenido de <https://www.corpoboyaca.gov.co/>
- Corpoboyaca (2023). Tota - Bijagual - Mamapacha. Obtenido de <https://www.corpoboyaca.gov.co/sirap-n/zona-32/>
- Corpochivor (2020) Obtenido de <https://www.corpochivor.gov.co/>
- Corporinoquia (2020) Obtenido de <https://corporinoquia.gov.co/es/>
- Del Coro, M., & et al (2019). Las condiciones de la biodiversidad: diagnóstico y política pública. Crisis ambiental en México, 123. Obtenido de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/Crisis-Ambiental.pdf#page=125>
- Earthexplorer (2020). Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Encinas, Banks & et (2019). Análisis de imágenes Landsat para la determinación de cambios de uso del suelo en un área de preservación ambiental (APA) en la zona de influencia de la ciudad de Brasília (Brasil). Obtenido de <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1327>
- EOS Data Analytics (2020) Obtenido de <https://eos.com/>
- Ezaidi, S., Aydda, A., Kabbachi, B., Althuwaynee, O. F., Ezaidi, A., Haddou, M. A., ... & Kim, S. W. (2022). Multi-temporal Landsat-derived NDVI for vegetation cover degradation for the period 1984-2018 in part of the Arganeraie Biosphere Reserve (Morocco). Remote Sensing Applications: Society and Environment, 27, 100800. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938522001082>
- Gómez Zúñiga, S. (2018). La ecología política de las FARC-EP: Un análisis de las territorialidades, prácticas y discursos de la insurgencia frente a la naturaleza. Obtenido de <https://repositorio.javeriana.edu.co/handle/10554/36554>
- IDEAM (2023). METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

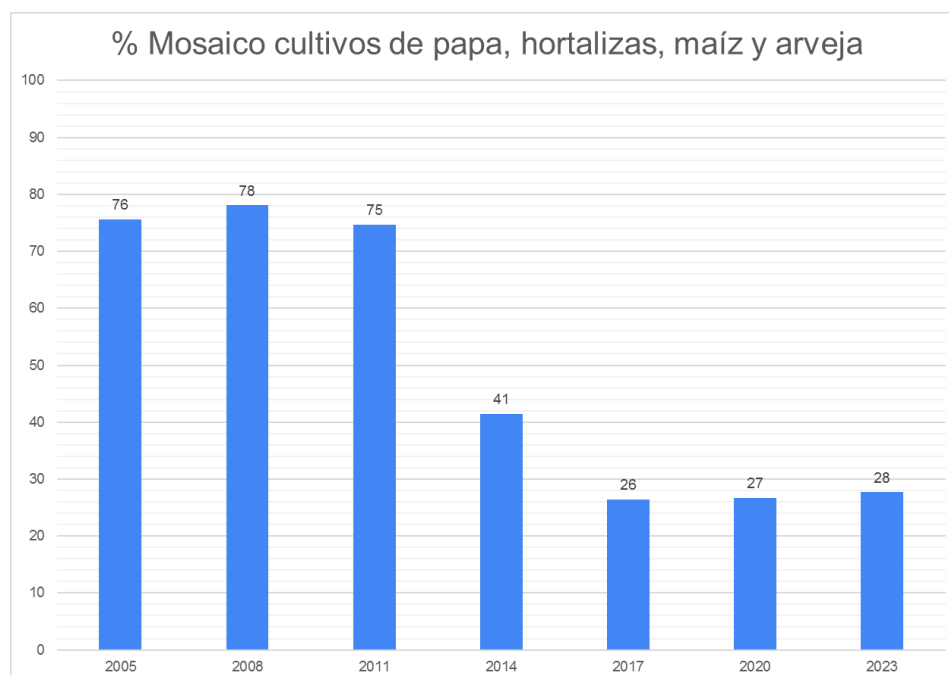
- Infante, H., Bonilla, J. (2021). Análisis Multiespacial de radiación solar incidente en las provincias de Boyacá, para la implementación de proyectos de energía fotovoltaica. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35145>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2020) Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2020) obtenido de <https://www.humboldt.org.co/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2020). Obtenido de <https://www.igac.gov.co/>
- Lesmes, M. C., & Morera, S. (2017). Zonificación de áreas de amortiguamiento en la Cuenca del Lago de Tota (Análisis multivariable). In Congreso Estudiantil de Ingeniería Geográfica (9: 2017, Octubre 5: Bogotá, Colombia). Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2017. Obtenido de: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1468>
- Lim, C. H., Choi, H. A., Vuolo, F., Jo, H. W., Lee, S., Lee, S. G., & Lee, W. K. (2020). Quantifying impact of deforestation using multi-satellite and multi-spatial models in North Korea. In 40th Asian Conference on Remote Sensing: Progress of Remote Sensing Technology for Smart Future, ACRS 2019. Obtenido de: <https://pure.korea.ac.kr/en/publications/quantifying-impact-of-deforestation-using-multi-satellite-and-mul-3>
- Logroño, S., et al (2020). El alcance de la teledetección satelital utilizando modelos estadísticos y físicos y sus beneficios en áreas contables. Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1142/1761>
- Moran, J. J., et al (2022). Importancia de páramos y frailejones. Boletín informativo. Obtenido de <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/3025/3280>
- Matossian, B., Vejsbjerg, L. (2021). Bordes. Palabras clave para el estudio de las fronteras. Obtenido de https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/7026/1/2020_Matossian%20y%20Vejsbjerg_Borde.pdf
- Moyano, A., & Rusinque, L (2020). CONECTIVIDAD DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS A TRAVÉS DEL PAISAJE DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/326429823.pdf>
- Sánchez, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/13370/pdf>.
- Puga, C (2022). DISEÑO DE ESTRATEGIAS PARA CONSERVACIÓN DEL PÁRAMO EN LAS PARROQUIAS DE ANGOCHAGUA Y MARIANO ACOSTA MEDIANTE ANÁLISIS DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO. Universidad técnica del norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12129>
- Ramírez, M, (2017). Uso de Modelos Lineales Generalizados (MLG) para la interpolación espacial, utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia. Perspectiva Geográfica, 22(2), 105-121. Obtenido de <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/5600>
- Soto, L, (2018). Algunas reflexiones normativas sobre los páramos en Colombia. Ambiente Jurídico, (23), 83-98. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7257732.pdf>

- Suarez, N.(2020). Análisis espacio temporal del uso del suelo y sus efectos en el clima local y la oferta hídrica en la cuenca del río Canalete, Córdoba – Colombia. obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/ae68b9e0-492b-43e8-b3d0-4b78bf861953>
- Toure, S. I., Stow, D. A., Shih, H. C., Weeks, J., & Lopez-Carr, D. (2018). Land cover and land use change analysis using multi-spatial resolution data and object-based image analysis. Remote Sensing of Environment, 210, 259-268. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.023>
- Yang, G., Li, Y., Huang, T., Fu, B., Tang, J., Zhang, X., & Wu, J. (2021). Multi-scale evaluation of ecological restoration effects in the riparian zone using Landsat series images from 1980 to 2019. Ecological Indicators, 132, 108342. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092664102100113N>
- Zabala, F., & Urbina, N. (2021). Respuestas de la diversidad taxonómica y funcional a la transformación del paisaje: relación de los ensamblajes de anfibios con cambios en el uso y cobertura del suelo. Revista mexicana de biodiversidad, 92. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532021000100333&script=sci_abstract

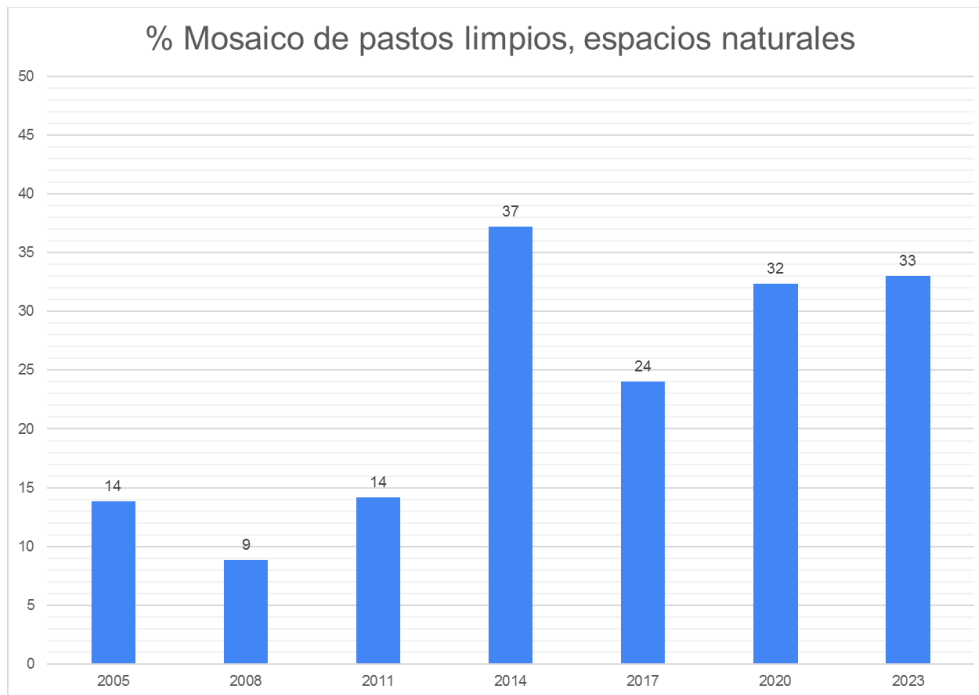
ANEXOS.

Diagramas según uso tipo de suelo.

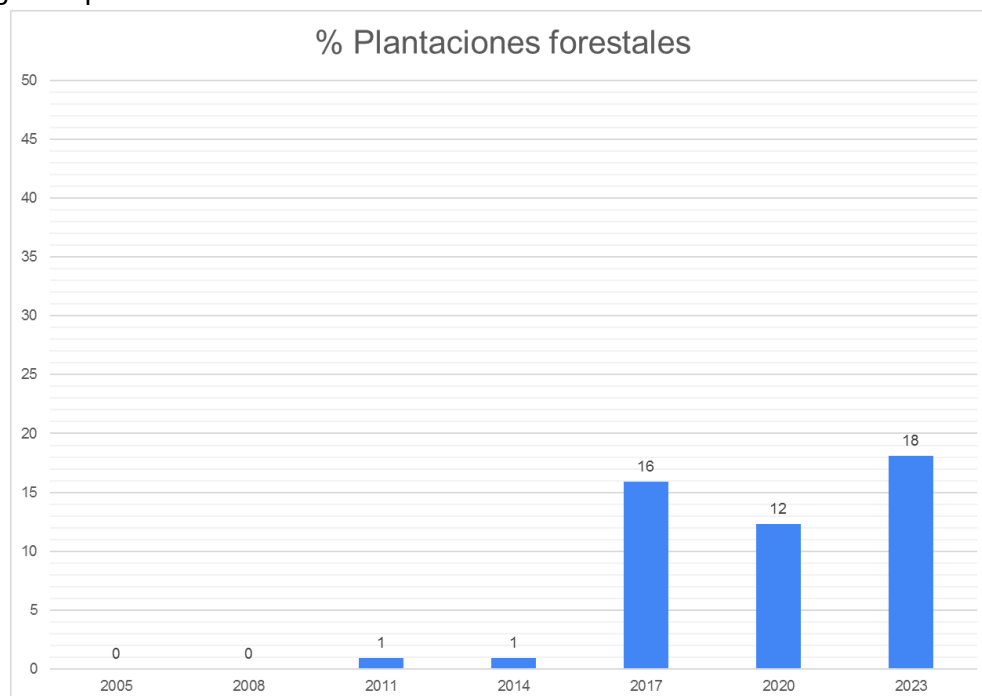
1. Diagrama Mosaico cultivos de papa, hortalizas, maíz y arveja.



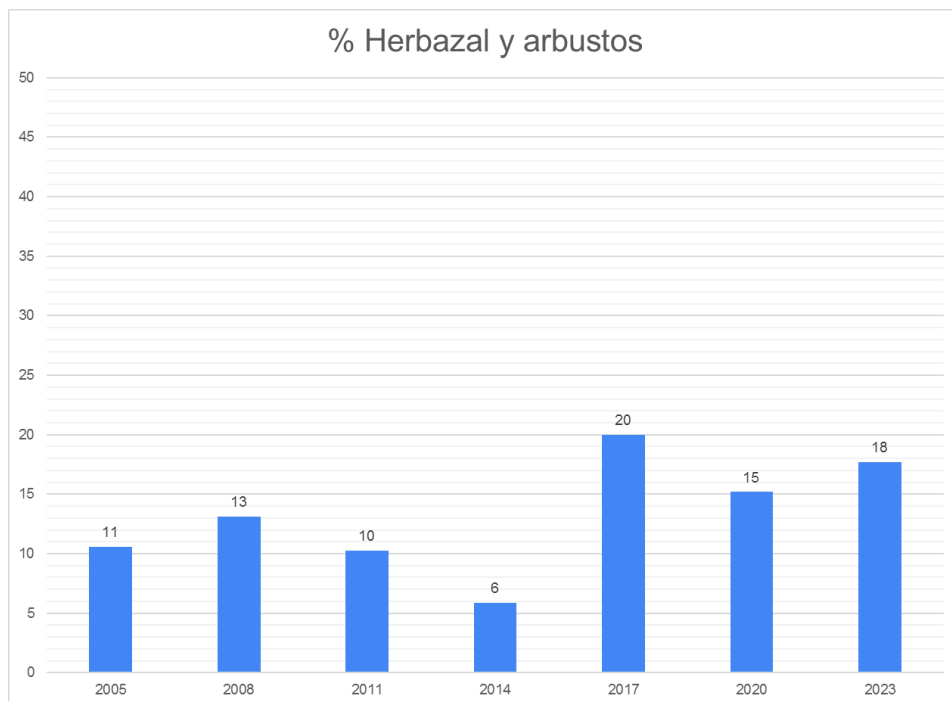
2. Diagrama mosaico de pastos limpios, espacios naturales.



3. Diagrama plantaciones forestales.



4. Diagrama herbazal y arbustos.



5. Diagrama de ganadería.

