
Monitoreo y Seguimiento del Pago por Servicios Ambientales mediante SIG en la conservación de Bosques en el Municipio de Ibagué.

Maria Camila Jaramillo Villota, cod.1.085.286.104, correo mcjaramillov@unadvirtual.edu.co;

Miller Steven Murcia Leitón, cód. 1005.838.809, correo Msmurcial@unadvirtual.edu.co;

Cristian Camilo Carrillo Ríos, cód.. 1.110.579.040, correo ccperezc@unadvirtual.edu.co;

Docente Asesor

Yetfersson Serrato Velosa

yetfersson.serrato@unad.edu.co

RESUMEN

El pago por servicios ambientales (PSA) es una estrategia importante para la conservación y restauración de ecosistemas, y el uso de SIG puede mejorar significativamente su eficacia. Se llevó a cabo una evaluación de un sistema de monitoreo y seguimiento utilizando SIG en el municipio de Ibagué con el fin de evaluar la conservación de los bosques, establecer áreas que son prioritarias y evaluar los cambios en la vegetación y la frontera agrícola. Los resultados mostraron una disminución del 20,8% en la cobertura vegetal entre 2018 y 2024, principalmente debido a la expansión

agrícola y urbana. Los SIG facilitaron la identificación de áreas vulnerables y la priorización de medidas de conservación importantes para la recuperación ambiental del municipio de Ibagué.

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la conservación del medio ambiente se ha convertido en una prioridad global, surgen iniciativas innovadoras como el pago por servicios ambientales (PSA), que buscan no solo preservar, sino también restaurar los ecosistemas naturales. Dentro de este

contexto, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) emerge como una herramienta fundamental para el monitoreo y seguimiento efectivo de proyectos de PSA.

Estos sistemas permiten integrar datos geospaciales con información ambiental y socioeconómica, proporcionando una visión holística que facilita la toma de decisiones informadas y la evaluación de impacto.

El Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (PSA) en Colombia es una estrategia de conservación que incentiva a los propietarios de tierras a mantener o mejorar los servicios ecosistémicos que sus tierras proporcionan, mediante compensaciones económicas. Este programa ha sido implementado en diversas regiones del país para conservar bosques, proteger cuencas hidrográficas y mitigar el cambio climático. Las modalidades del PSA incluyen compensaciones directas a los propietarios por la conservación del bosque, reforestación y manejo sostenible de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Según indica la Gobernación del Tolima Ibagué es la capital del departamento y presenta características geográficas que la hacen especialmente relevante para estudios de conservación ambiental. Situada en la

región andina, la ciudad y sus alrededores comprenden una variada topografía que incluye valles, colinas y áreas montañosas. Esta diversidad topográfica y climática favorece una rica biodiversidad y la presencia de importantes ecosistemas como bosques de niebla y páramos, los cuales son fundamentales para la regulación hídrica y el mantenimiento de la biodiversidad regional.

En este trabajo, exploraremos cómo los SIG pueden ser implementados de manera efectiva para llevar a cabo monitoreos y seguimientos en proyectos de PSA en Ibagué. Analizaremos los beneficios, desafíos y mejores prácticas asociadas con esta integración, así como su potencial para contribuir al logro de objetivos de conservación ambiental y desarrollo sostenible

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar un sistema de monitoreo y seguimiento con SIG para analizar la efectividad del programa de Pago por Servicios Ambientales en la conservación de bosques en el municipio de Ibagué.

Objetivos específicos

- Identificar áreas prioritarias para la conservación de bosques mediante el análisis geoespacial de la distribución de la cobertura forestal.
- Evaluar los cambios temporales en la vegetación utilizando imágenes satelitales y técnicas de análisis espacial.
- Monitorear y analizar el crecimiento de la frontera agrícola y su impacto en la cobertura forestal mediante imágenes satelitales y SIG.
- Desarrollar recomendaciones basadas en datos geoespaciales para mejorar las estrategias de conservación y restauración de bosques.

servicios ambientales que estos ecosistemas proporcionan.

La problemática principal radica en la necesidad de monitorear y evaluar la efectividad de los programas de pagos por servicios ambientales en la conservación de bosques. Es importante identificar áreas prioritarias para la conservación, además poder evaluar la distribución de la cobertura forestal, analizar los cambios temporales en la vegetación y cuantificar el impacto de las acciones de conservación en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. El monitoreo y seguimiento efectivos son fundamentales para garantizar que los recursos asignados a estos pagos se utilicen de manera eficiente y que se logren los objetivos de conservación forestal.

CASO DE ESTUDIO O**PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

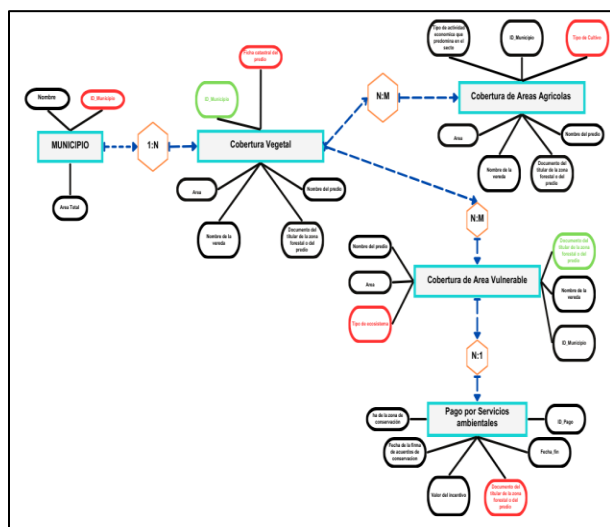
Los bosques son vitales para la biodiversidad, el ciclo del agua, la regulación del clima y el bienestar humano, sin embargo, enfrentan amenazas como la deforestación, la degradación y el cambio climático. Los pagos por servicios ambientales es una estrategia de conservación que busca incentivar a propietarios de tierras para que conserven sus bosques a través de pagos económicos por los

MODELO DE ENTIDAD-RELACIÓN

El modelo de entidad y relación inicia con la entidad del municipio de Ibagué. Dentro del municipio de Ibagué, pueden identificarse múltiples entidades relacionadas con coberturas vegetales. A partir de estas coberturas vegetales, es posible distinguir entidades específicas de áreas agrícolas y coberturas vegetales vulnerables. El análisis de estas entidades nos permite determinar las áreas finales en las que se pueden

implementar el seguimiento al proyectos de pago por servicios ambientales.

Figura 1. Gráfico de Modelo de entidad relación PSA.



Autoría propia (2024)

Enlace para visualizar modelo con mejor resolución:

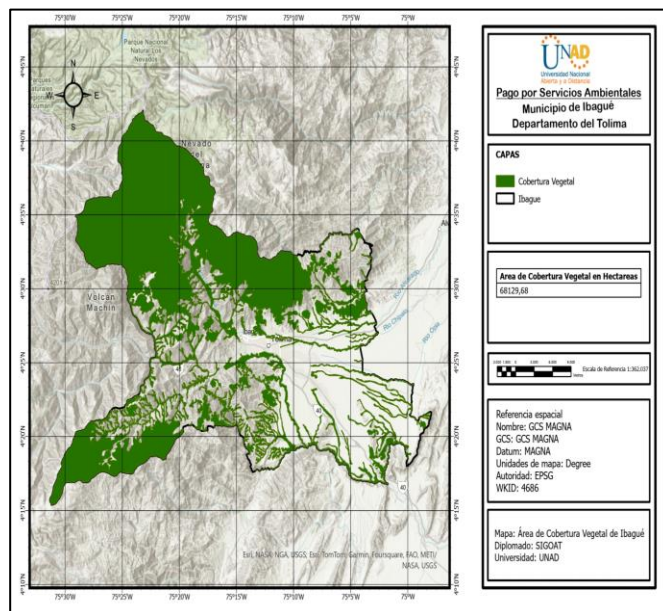
https://www.canva.com/design/DAGBjgSno6s/nqdHMTgsP5iGVVUC4QAC0Q/edit?utm_content=DAGBjgSno6s&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

GEOPROCESOS UTILIZADOS

En la aplicación de ArcGIS se utilizaron varias capas tipo shapefile como base para llevar a cabo varios geoprocenos. En primer

lugar, se exportó la capa de la zona del municipio de interés. Posteriormente, se cargaron las capas de reservas forestales, páramos, humedales y parques nacionales, y se realizó el Geoprocenos de recorte o "clip". Luego se cargó la capa de cobertura de suelos y se efectuó otro recorte con la capa del municipio. Se aplicó un geoproceno denominado "disolver" para extraer la información geográfica de interés, y se eliminó la información no relacionada con los bosques de la tabla de atributos. Se combinaron todas las capas para obtener el mapa de cobertura vegetal.

Figura 2. Mapa de cobertura vegetal en el municipio de Ibagué.

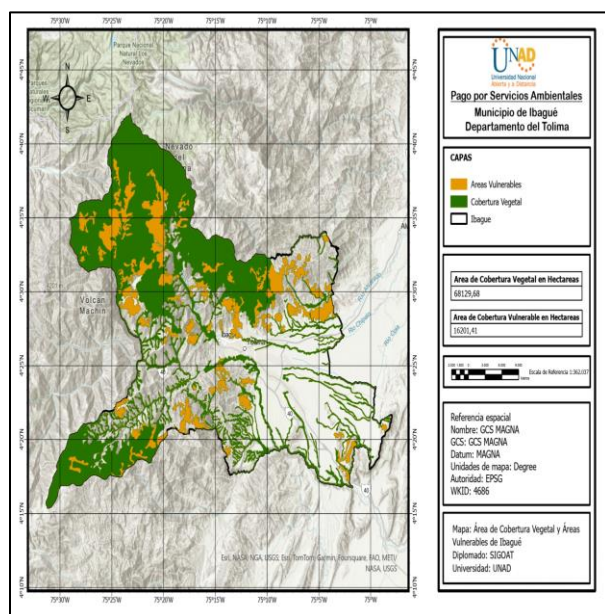


Autoría propia. (2024)

A partir de este primer mapa, debemos identificar las zonas de bosques que son

vulnerables debido a diversas causas, como las actividades agrícolas, ganaderas, industriales o fenómenos climáticos. Para ello, exportamos la información relacionada con bosques intervenidos en la tabla de atributos de la capa de cobertura vegetal, como bosques secundarios o fragmentados. Luego, mediante el geoproceto de unión, combinamos todas las capas exportadas. Como resultado, obtenemos las coberturas vegetales vulnerables que requieren la intervención de programas de pago por servicios ambientales.

Figura 3. Mapa de cobertura vegetal y áreas vulnerables en el municipio de Ibagué

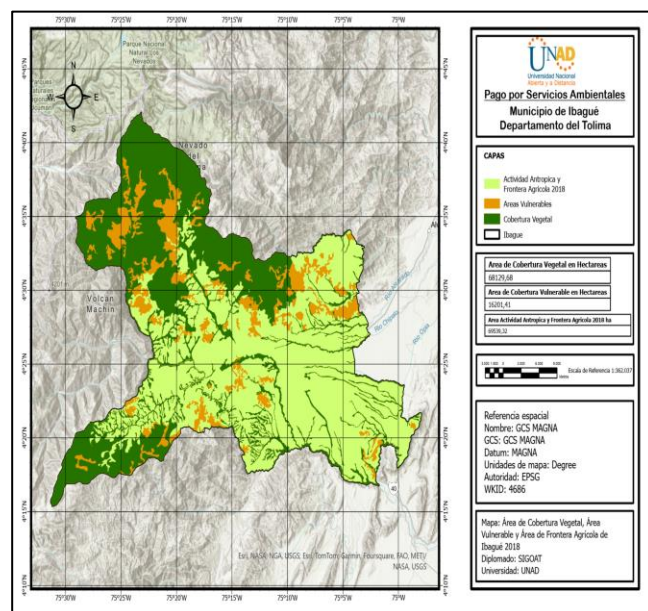


Autoría propia. (2024)

Para identificar a quienes se les va a socializar el programa de pagos ambientales y facilitar la monitorización temporal

debemos identificar primero las actividades o fenómenos son los causantes de la pérdida de la capa forestal, para esto tomamos la capa de coberturas vegetales y realizamos el geo proceso de borrar o erase con la capa del municipio

Figura 4. Mapa de cobertura vegetal, áreas vulnerables y frontera agrícola para el año 2018 en el municipio de Ibagué.

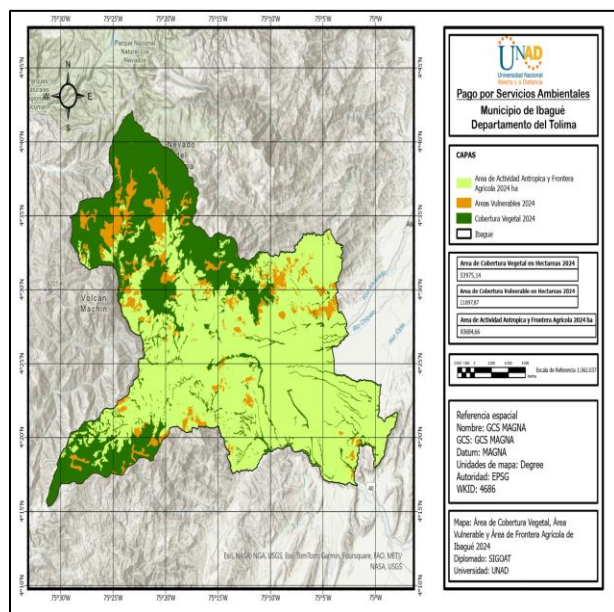


Autoría propia. (2024)

Se identifica que el principal foco de deforestación son la agricultura y actividades urbanas, ya que buscan expandirse hacia zonas de interés ambiental. Por eso, es importante el programa de pagos por servicios ambientales, que busca disminuir la deforestación y recuperar zonas intervenidas. Con los geoprocetos anteriores y con las capas de coberturas vegetales y zonas de

vulnerabilidad y agregamos la capa de frontera agrícola de 2024.

Figura 5.. Mapa de cobertura vegetal, áreas vulnerables y frontera agrícola para el año 2024 en el municipio de Ibagué.



Autoría propia. (2024)

Observamos que la frontera agrícola ha crecido y que por lo tanto las actividades agrícolas han intervenido zonas forestales de importancia en el municipio

RESULTADOS

En el municipio de Ibagué, la frontera agrícola ha crecido paulatinamente debido al aumento de la demanda de alimentos, impulsado por el crecimiento poblacional. Este fenómeno ha llevado a la expansión hacia zonas de interés forestal, fragmentando

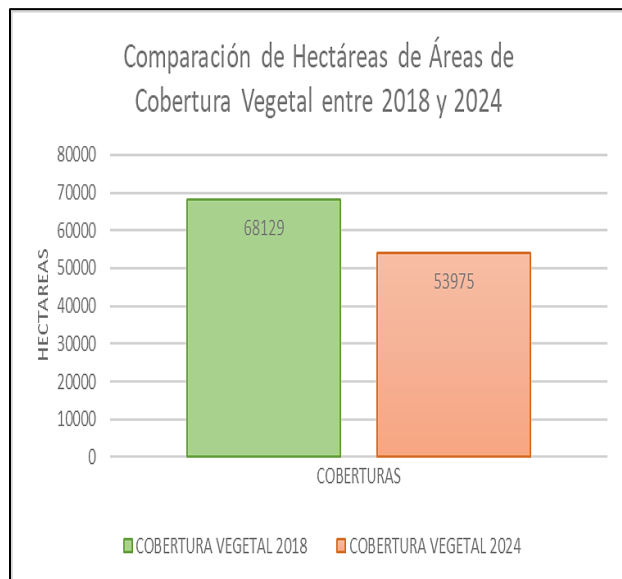
varios tipos de ecosistemas y reduciendo la biodiversidad.

La aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la monitorización de la frontera agrícola y las coberturas vegetales es de vital importancia para el desarrollo del programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Estos sistemas han permitido identificar zonas de vulnerabilidad forestal, indicando en qué áreas el programa debe dar prioridad para mejorar la conservación.

El análisis temporal de las imágenes satelitales mostró un crecimiento significativo de la frontera agrícola entre 2018 y 2024. Las actividades agrícolas se han expandido hacia zonas forestales, ejerciendo presión sobre estos ecosistemas. Además, la expansión agrícola ha llevado a la fragmentación de bosques y otros tipos de coberturas vegetales. Esto ha tenido un impacto negativo en la biodiversidad, afectando a las especies nativas y reduciendo la conectividad entre diferentes áreas forestales.

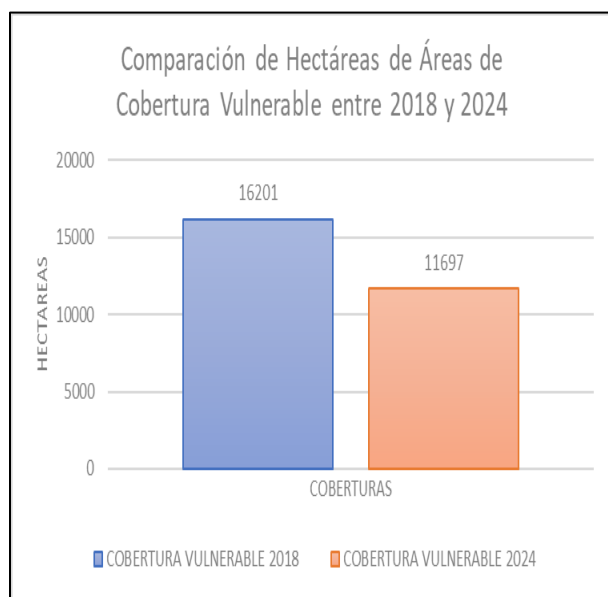
Utilizando geoprocursos como recortes, disoluciones y uniones en ArcGIS, se identificaron las zonas forestales más vulnerables debido a la intervención humana. Estas zonas fueron priorizadas para la implementación del programa de PSA.

Figura 6. Gráfico de columnas comparativas de las hectáreas que contenía la capa de cobertura vegetal en el año 2018 y 2024.



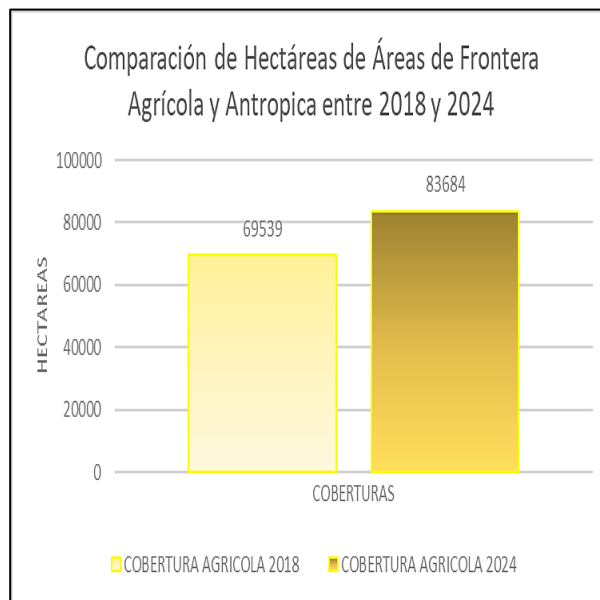
Autoría propia (2024)

Figura 7. Gráfico de columnas comparativas de las hectáreas que contenía la capa de cobertura vulnerable en el año 2018 y 2024.



Autoría propia (2024)

Figura 8. Gráfico de columnas comparativas de las hectáreas que contenía la cobertura de frontera agrícola y antrópica en el año 2018 y 2024.



Autoría propia (2024)

Los resultados indicaron que se observa una disminución de 14,154 hectáreas en la cobertura vegetal. Esta reducción del 20.8% indica una significativa pérdida de áreas boscosas, lo cual puede ser atribuido a la expansión de actividades agrícolas y urbanas. La cobertura vulnerable disminuyó en 4,504 hectáreas, una reducción del 27.8%. Aunque parece positivo, esta disminución puede indicar una transformación de estas áreas en tierras agrícolas o urbanas, en lugar de una mejora en la conservación. Se evidencia un

incremento de 14,145 hectáreas en las áreas dedicadas a actividades agrícolas y antrópicas, un aumento del 20.3%. Este crecimiento es paralelo a la reducción en la cobertura vegetal, sugiriendo que la expansión agrícola y urbana está directamente afectando las áreas forestales. las áreas de bosques secundarios y fragmentados requieren una intervención urgente. Estas zonas fueron identificadas como prioritarias para las actividades de conservación bajo el programa de PSA.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar imágenes satelitales de alta resolución y técnicas de teledetección para monitorear los cambios en la cobertura forestal para el programa de Monitoreo y Seguimiento del Pago por Servicios Ambientales (PSA) mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el municipio de Ibagué, asegurando la identificación precisa de áreas de reforestación y deforestación.

Priorizar las áreas identificadas como más vulnerables en los análisis SIG para la implementación urgente de actividades de conservación y restauración y así desarrollar planes de manejo específicos para estas

zonas, enfocándose en la reforestación y la restauración de ecosistemas fragmentados.

Incrementar los incentivos económicos ofrecidos a los participantes del programa, asegurando que sean competitivos frente a las ganancias potenciales de la conversión de tierras forestales a usos agrícolas o urbanos.

CONCLUSIONES

Los SIG son herramientas esenciales para el monitoreo y seguimiento del programa de PSA, permitiendo una gestión más eficiente y efectiva de los recursos destinados a la conservación forestal.

La expansión agrícola en Ibagué ha tenido un impacto significativo en la reducción de la cobertura vegetal, lo que destaca la necesidad de intervenciones urgentes para la conservación de los bosques.

Implementar estas recomendaciones puede mejorar la efectividad del programa de PSA, contribuyendo significativamente a la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental en el municipio de Ibagué.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, S. E., & Ferretti, V. (2018).
"Geoprocesos avanzados en SIG para
la conservación de ecosistemas".
Revista Internacional de Geografía,
25(3), 45-60.

Fundación Natura. (2022). "Pago por
servicios ambientales en Colombia:
Evaluación de su efectividad".
Boletín de Conservación, 17(2), 78-
95.

Instituto de Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales (IDEAM).
(2023). "Informe anual de la
deforestación en Colombia 2023".
Bogotá, Colombia: IDEAM.
Recuperado de
[https://www.ideam.gov.co/informe-
deforestacion-2023](https://www.ideam.gov.co/informe-deforestacion-2023)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible. (2021). Programa
Nacional de Pagos por Servicios
Ambientales 2021. Oficina de
Negocios Verdes y Sostenibles.
Recuperado de
[https://www.minambiente.gov.co/wp-
content/uploads/2021/11/Programa-
Nacional-de-Pagos-por-Servicios-
Ambientales-2021-.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/Programa-Nacional-de-Pagos-por-Servicios-Ambientales-2021-.pdf)

Gobernación del Tolima. (n.d.). Municipio
de Ibagué. Recuperado de
[https://www.tolima.gov.co/tolima/in-
formacion-general/turismo/1888-
municipio-de-ibague](https://www.tolima.gov.co/tolima/informacion-general/turismo/1888-municipio-de-ibague)

ENLACE DE SUSTENTACION

[https://www.youtube.com/watch?v=P43R7f
A8N1I](https://www.youtube.com/watch?v=P43R7fA8N1I)
