
IDENTIFICAR SUELOS EROSIONADOS Y PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD EN EL MUNICIPIO PENNSILVANIA CON LA APLICACIÓN DE SIG

Autores: Nelson Javier Boyacá Castro, Njboyacac@unadvirtual.edu.co

Shirley Mancera Sánchez, Smanceras@unadvirtual.edu.co

Alexandra Aguirre Avilez, aaguirrea@unadvirtual.edu.co

Docente Asesor Yetfersson Arley Serrato Velosa, yetfersson.serrato@unad.edu.co

RESUMEN.

Para identificar suelos erosionados y pérdida de la biodiversidad en el municipio, se utilizaron datos espaciales como imágenes satélites, mapas de suelos y datos climáticos para identificar áreas con riesgo de erosión. Se aplicaron técnicas de geoprocésamiento como la clasificación de imágenes, el análisis de pendiente y la superposición de capas para generar mapas de zonas erosionadas. Los resultados del estudio mostraron que el municipio Pensilvania tiene un alto riesgo de erosión de suelos, especialmente en las áreas montañosas. También se identificaron áreas con pérdida de biodiversidad, principalmente en los bosques tropicales y los humedales. La aplicación de geoprocésos SIG es una herramienta útil para identificar suelos erosionados y áreas con pérdida de biodiversidad.

El estudio realizado puede ser un insumo que permita desarrollar estrategias de manejo ambiental para proteger los recursos naturales del municipio de Pensilvania.

Palabra clave: identificar, análisis, erosión, biodiversidad

Abstract - To identify eroded soils, loss of biodiversity in the Municipality, spatial data such as satellite images, soil maps and climate data were used to identify areas at risk of erosion. Geoprocessing techniques such as image classification, slope analysis and superimposing layers to generate maps of eroded areas. The results of the study showed that Pennsylvania Municipality has a high risk of soil erosion, especially in mountainous areas. Areas with loss of biodiversity were also identified, mainly in tropical forests and wetlands. The application of GIS geoprocesses is a useful tool for identifying eroded soils and areas with biodiversity loss.

The study carried out can be an input that allows developing environmental management strategies to protect the natural resources of the municipality of Pennsylvania.

Keyword: identify, analysis, erosion, biodiversity

INTRODUCCIÓN.

El municipio de Pensilvania, ubicado en el majestuoso departamento de Caldas, Colombia, se enfrenta a dos graves amenazas ambientales: la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad. Estas problemáticas de carácter complejo y consecuencias duraderas ponen en riesgo la integridad de los ecosistemas, la productividad agrícola y el bienestar de las comunidades locales (Motta y Perafán, 2010).

Ante este panorama, surge la necesidad de implementar herramientas y metodologías innovadoras para comprender y abordar estos desafíos de manera efectiva. Es aquí donde la aplicación de geoprocesos SIG se presenta como una aliada invaluable (Vallejo et al., 2021).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen un conjunto de herramientas poderosas para analizar, visualizar y modelar datos espaciales. Al aplicar los SIG en el municipio Pensilvania, podemos identificar con precisión las áreas afectadas por la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad, permitiendo así la toma de decisiones para su manejo y conservación.

Este estudio tiene como objetivo principal utilizar la aplicación de geoprocesos SIG para identificar suelos erosionados y áreas con pérdida de biodiversidad en el municipio Pensilvania. A través de un análisis detallado de datos espaciales como imágenes satelitales, mapas de suelos y datos climáticos, se generarán mapas de riesgo que permitirán comprender la distribución espacial de estos problemas ambientales.

Los resultados de este estudio serán de gran utilidad para las autoridades locales, las organizaciones ambientales y las comunidades del municipio de Pensilvania.

La información generada permitirá desarrollar estrategias de manejo ambiental efectivas, promover prácticas agrícolas sostenibles y proteger la biodiversidad de la región

En definitiva, la aplicación de geoprocesos SIG en el municipio de Pensilvania representa una oportunidad única para comprender y abordar los desafíos ambientales que enfrenta la región. Al trabajar de manera conjunta con las comunidades locales y las autoridades competentes, podemos contribuir a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible del municipio Pensilvania.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar mediante sistemas de información geográfica, la degradación de suelos por erosión y la pérdida de la biodiversidad en el municipio de Pensilvania – Caldas con la identificación de zonas afectadas y su posible solución.

Objetivos Específicos:

Identificar los geoprocesos necesarios para constituir las zonas erosionadas y la pérdida de biodiversidad

Analizar metodologías de impacto antrópico mediante técnicas de modelación espacial ambiental.

Realizar un análisis multicriterio para evaluar las posibles soluciones al problema, teniendo en cuenta los geoprocesos que intervienen.

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El ámbito a analizar en el estudio, es el municipio de Pensilvania departamento de Caldas – Colombia, localizado al oriente del departamento, sobre la ladera oriental de la cordillera Central, a 275 km de la ciudad de Bogotá, con una temperatura promedio anual de 17° C. El municipio de Pensilvania cuenta con área de 51.300 hectáreas de extensión, teniendo en cuenta el entorno geográfico y sus unidades de suelo, es utilizado para la ganadería extensiva, bosques naturales y rastrojo, café tradicional, bosque plantado y cultivos no tradicionales (Consejo municipal para la gestión del riego de desastre, 2012).

Mencionado lo anterior es importante contextualizar sobre las afectaciones causadas por la erosión, por tanto el presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis espacial de la degradación del suelo por erosión y pérdida de la biodiversidad, por acciones como ganadería extensiva, sobre pastoreo, escurrimientos difusos, reptación deslizamientos y desplazamientos de la cortesa superficial de la tierra, malas practicas agronomicas y perdidas de hábitats naturales (Consejo municipal para la gestión del riego de desastre, 2012).

Convirtiéndose en amenaza para el medio ambiente, riesgos sociales, económicas y culturales. Los ecosistemas que han sido mayormente impactos han sido entre estos los bosques y los bosques tropicales secos (Rengifo, 2022).

La utilización de procedimientos de modelación espacial mediante el software (Qgis-ArcGis), nos permite una comprensión más puntualizada de la degradación de los suelos y la pérdida de la biodiversidad.

DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO:

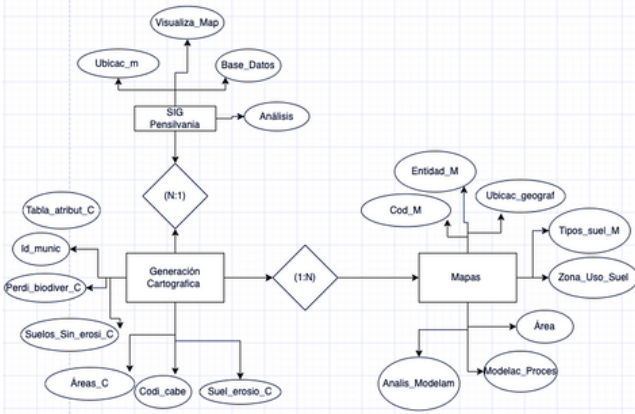
El municipio de Pensilvania cuenta con una extensión urbana de 90 hectáreas correspondiente a la cabecera, cuatro centros poblados o corregimientos, 92 veredas que corresponden a 51.210 hectáreas, el rango de altitud oscila entre 670 - 3800 msnm, El régimen de distribución de lluvias anual se clasifica como bimodal, con dos periodos de lluvia máximos marcados en los meses de abril – mayo y octubre – noviembre y dos periodos extremadamente secos en los meses de julio – agosto, y enero – febrero (Consejo municipal para la gestión del riego de desastre, 2012).

MODELO ENTIDAD RELACIÓN

Este tipo de mapaconceptual describe de manera abstracta y mediante un modelo de red la disposición de datos almacenados, donde podemos evidenciar los conceptos de entidad relación. Entendiendo por entidad el objeto o concepto del mundo real que es distinguido de otros objetos de acuerdo a sus características o propiedades, que se llama atributos, por otro lado las relaciones describen como están relacionados dos o más entidades entres si, que se trabajaran dentro del SIG del problema analizado

La necesidad de implementación de geoprocenos SIG surge principalmente de la necesidad de establecer las áreas afectadas por la degradación del suelo por erosión y pérdida de la biodiversidad en el municipio de Pensilvania, realizar un análisis del territorio, análisis de suelos y su entorno geográfico, para poder implementar estrategias de recuperación de las áreas afectadas.

Figura 1: Modelo Entidad - Relación



Fuente. Elaboración propia 2024.

BASE DE DATOS

Para iniciar con la recopilación de la información, se obtiene información vectorial en formato shp descargada en las páginas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), referente a capas de

·Municipios Colombia

·Zonificación de la degradación de suelos por erosión

·Precipitación media total anual promedio

·Cobertura suelos

·Pendientes

·Uso de suelo

·Pérdida de la biodiversidad

·Datos climáticos

RESULTADOS

GEOPROCESOS CON SIG PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE EROSIÓN DEL SUELO:

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas fundamentales para la identificación de áreas de erosión del suelo, ya que permiten integrar y analizar diversos datos espaciales que influyen en este proceso. A continuación, se detallan los geoprocursos utilizados en SIG para determinar áreas con erosión de suelo.

1. Obtención y preparación de datos espaciales:

- Datos de pendiente: se obtienen a partir de modelos digitales de elevación (MDE) como SRTM descargado del geoportel USGS earth explorer. Estos datos se procesan para generar una capa raster o vectorial que represente la pendiente del terreno y curvas de nivel, la equidistancia se realizó cada 100 metros.
- Datos de precipitación: se obtienen de estaciones pluviométricas o mediante interpolación espacial a partir de datos históricos aportados por el IDEAM. Se procesan para generar una capa raster que represente la distribución espacial de la precipitación promedio anual y la distribución se presenta en rangos expresada en milímetros.

- Datos de uso del suelo: se obtienen los datos vectoriales del geo portal Colombia en mapas. Se realizó corte con el municipio de interés de la cobertura del suelo y se re-clasifico en diferentes categorías como territorio artificializado, territorios agrícolas, bosque y áreas se mi naturales y superficie de agua.
- Datos climáticos: se obtienen de la capa vectorial de clasificación climática para Colombia que aporta el IDEAM. El clima es otro factor detonante en procesos erosivos si se asocia con usos no adecuado, para la clasificación climática se tomaron en cuenta la temperatura, la evapotranspiración y la humedad. Para nuestro caso se generó mediante la clasificación de Caldas Lang el cual genero las siguientes clases.
 - *Cálido Húmedo
 - *Frio, húmedo
 - *Frio súper húmedo
 - *Muy frio súper húmedo
 - *Templado húmedo
 - *Templado súper húmedo
- Índice de erodibilidad del suelo (K): representa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado. Se estima en función de las propiedades físicas del suelo como la textura, la estructura, la materia orgánica y la permeabilidad.
- Índice de longitud de pendiente (LS): representa el efecto de la longitud de la pendiente en la erosión. Se calcula a partir de los datos de pendiente utilizando diferentes fórmulas.
- Índice de factor de pendiente (S): representa el efecto de la pendiente en la erosión. Se calcula a partir de los datos de pendiente utilizando diferentes fórmulas.
- Índice de factor de cobertura vegetal (C): representa el efecto de la cubierta vegetal en la erosión. Se estima en función del tipo de cobertura vegetal y su grado de cobertura.

La combinación de alta pendiente, alta precipitación y cultivos no conservacionistas en un área determinada genera un escenario de alto riesgo de erosión del suelo. Esta situación desencadena una serie de procesos que degradan la calidad del suelo y sus funciones ecológicas, con consecuencias negativas para el medio ambiente y la productividad agrícola.

2. Cálculo de índices de erosión

Existen diversos índices de erosión que se pueden calcular utilizando SIG para evaluar la susceptibilidad del suelo a la erosión. Algunos de los índices más comunes son:

- Índice de erosividad pluvial (R): representa la capacidad erosiva de la lluvia. Se calcula a partir de los datos de precipitación utilizando diferentes métodos, como el índice de Fournier modificado o el método de Wischmeier y Smith
-

MAPIFICACIÓN DE LOS FACTORES A EVALUAR EN LA DETERMINACIÓN DE PROCESOS EROSIVOS.

Factor detonante (Distribución de la precipitación).

1. Impacto de la lluvia: en terrenos con alta pendiente, la lluvia adquiere mayor velocidad y energía de impacto al descender por la ladera. Esta energía cinética erosiona la superficie del suelo, desprendiendo partículas y arrastrándolas ladera abajo (Gómez et al., 2011).

2. Esguerrimiento superficial: la alta pendiente limita la infiltración del agua en el suelo, favoreciendo el esguerrimiento superficial. Este flujo de agua sin control arrastra consigo partículas de suelo, especialmente en áreas sin cobertura vegetal o con prácticas agrícolas inadecuadas (Gómez et al., 2011).

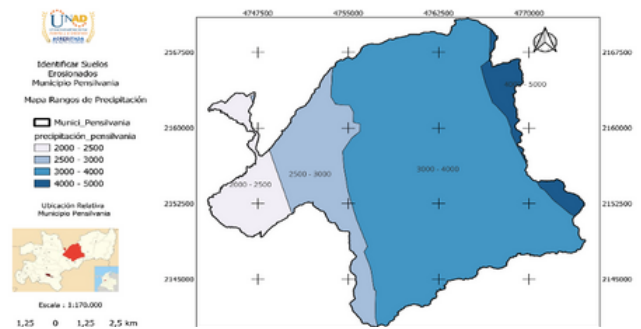
3. Erosión laminar: este tipo de erosión ocurre de manera uniforme y poco visible, removiendo la capa superficial del suelo, rica en materia orgánica y nutriente. Es un proceso gradual que puede pasar desapercibido en sus etapas iniciales (Yaguache et al., 2016).

4. Erosión en surcos: se caracteriza por la formación de surcos o canales en la superficie del suelo, producto de la concentración del flujo de agua. Estos surcos pueden profundizarse con el tiempo, aumentando la pérdida de suelo y la fragmentación del terreno (Yaguache et al., 2016).

5. Erosión por cárcavas: En casos extremos, la erosión en surcos puede evolucionar a cárcavas-

canales profundos que fragmentan el paisaje y dificultan o imposibilitan el uso agrícola

Figura 2: Mapa de Precipitación



Fuente. Elaboración propia 2024.

Factores agravantes (Cobertura del Suelo).

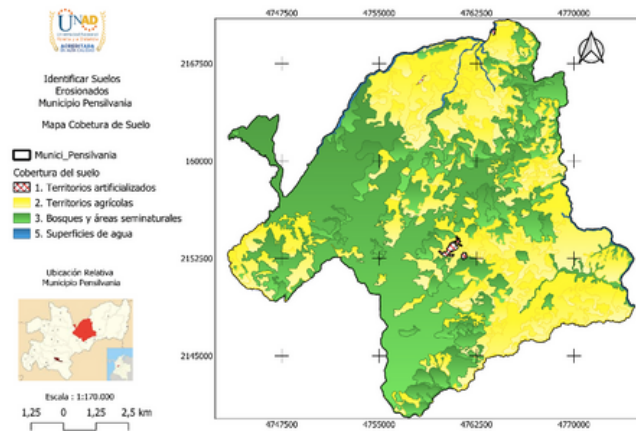
1. Cultivos no conservacionistas: prácticas agrícolas como la labranza intensiva, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, y la ausencia de cobertura vegetal durante el barbecho, incrementan la susceptibilidad del suelo a la erosión (Bidegain et al., 2010).

2. Deforestación: la eliminación de la cobertura vegetal natural expone el suelo a la acción directa de la lluvia y el viento, acelerando los procesos erosivos.

3. Sobrepastoreo: el exceso de ganado en pastos sin manejo adecuado compacta el suelo. Reduce la infiltración de agua y aumenta la erosión eólica (García, 2015).

4. Deslizamientos y desplazamientos de la corteza superficial. Esta forma de degradación del suelo, puede acelerar el proceso de erosión

Figura 3: Mapa Cobertura del Suelo.



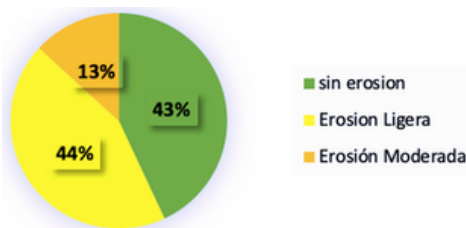
Fuente. Elaboración propia 2024.

Tabla 1 Identificación suelos erosionados

Clasifica áreas - Municipio	hectáreas
Área Municipio	51.300
Área Erosión Ligera	22.441
Área Erosión Moderada	6.765
Suelos sin evidencia de Erosión	22.094

Fuente. Elaboración propia 2024.

Figura 4: Gráfica de cobertura suelos



Fuente. Elaboración propia 2024.

Factor condicionante (pendientes).

La pendiente del terreno juega un papel fundamental en la erosión del suelo, actuando como un factor determinante en la velocidad y el poder erosivo del agua que fluye sobre la superficie. A continuación, se detallan los principales mecanismos por los cuales la pendiente influye en la erosión del suelo:

1. Aumento de la velocidad del agua:

en terrenos con mayor pendiente, el agua de lluvia o riego que fluye por la superficie adquiere mayor velocidad debido a la fuerza de la gravedad. Esta mayor velocidad cinética del agua aumenta su capacidad para arrastrar y transportar partículas de suelo, intensificando el proceso de erosión (Villar et al., 2013).

2. Reducción del tiempo de infiltración:

en pendientes pronunciadas, el agua tiene menos tiempo para infiltrarse en el suelo debido a su rápido escurrimiento superficial. Esto limita la capacidad del suelo para absorber el agua, lo que incrementa la cantidad de agua que fluye por la superficie y, por lo tanto, la erosión (Villar et al 2013).

3. Mayor energía de impacto:

las gotas de lluvia que caen sobre terrenos inclinados impactan contra la superficie del suelo con mayor energía cinética debido a la pendiente. Esta energía de impacto aumenta la capacidad erosiva de las gotas de lluvia, desprendiendo y arrastrando partículas de suelo con mayor facilidad.

4. Menor estabilidad del suelo:

en terrenos con pendiente, la fuerza de la gravedad ejerce una mayor presión sobre el suelo, lo que puede provocar su desestabilización y facilitar el desprendimiento de partículas por la acción del agua o el viento (Villar et al., 2013).

5. Formación de surcos y cárcavas:

el flujo de agua en terrenos inclinados tiende a concentrarse en surcos y canales, los cuales se profundizan con el tiempo debido a la erosión continua. Estos surcos y cárcavas pueden evolucionar a estructuras más grandes y complejas, intensificando la erosión del suelo (Gómez et al., 2011).

6. Influencia en la cobertura vegetal:

la pendiente también puede afectar la cobertura vegetal del suelo. En terrenos inclinados, las plantas tienen mayor dificultad para establecerse y crecer debido a la inestabilidad del suelo y el mayor riesgo de erosión. La cobertura vegetal desempeña un papel crucial en la protección del suelo contra la erosión, por lo que su disminución en terrenos inclinados agrava el problema.

La pendiente interactúa con otros factores que influyen en la erosión del suelo, como la precipitación, el tipo de suelo, la cobertura vegetal y las prácticas de manejo del suelo. La combinación de estos factores determina la severidad de la erosión en un área determinada.

La pendiente es un factor crucial que amplifica los procesos erosivos del suelo, aumentando la velocidad y el poder erosivo del agua que fluye sobre la superficie. La comprensión de este factor es fundamental para implementar estrategias efectivas de manejo del suelo y prevenir la degradación del suelo en áreas con pendientes pronunciadas.

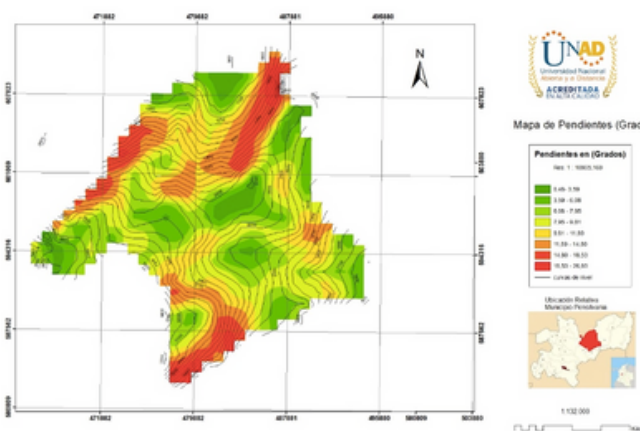
Identificación de áreas de erosión

- Umbrales: Se establecen un solo umbral de erosión
- Con los Geoprocesos se establece la superposición de capas para contrastar las áreas del alta pendiente con zonas de alta precipitación y cobertura de suelos con actividad agrícola generando zonas con una alta susceptibilidad a erosión

Elaboración del mapa de erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad

Finalmente se genera un mapa de erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad que muestra las áreas con mayor riesgo de erosión y pérdida de biodiversidad. Estos mapas pueden ser utilizados para diversos fines, como la planificación del uso del suelo, la implementación de medidas de conservación de suelos y la evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo.

Figura 5. Mapa Pendientes.



Fuente. Elaboración propia 2024.

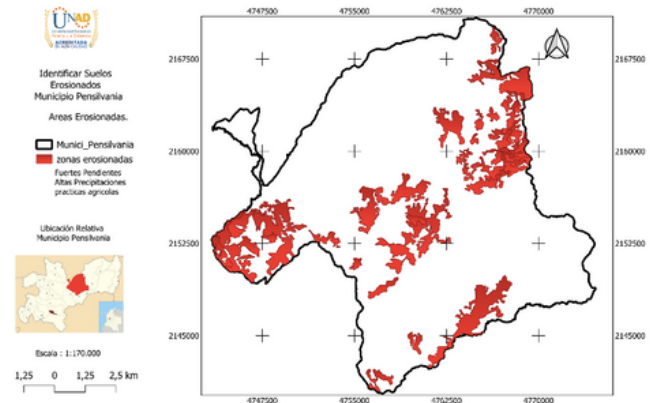
Consideraciones adicionales

Es importante destacar que la identificación de áreas de erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad, utilizando SIG requiere de conocimientos en geoprocésamiento, modelado ambiental, además la calidad del mapa final dependerá de la calidad y disponibilidad de los datos espaciales utilizados.

Consecuencias de zonas con procesos erosivos y pérdida de la biodiversidad.

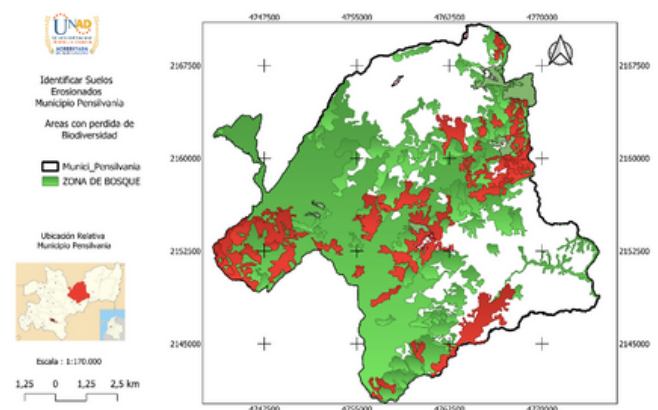
1. Pérdida de fertilidad: La erosión del suelo remueve la capa superficial rica en materias orgánicas y nutrientes, disminuyendo la capacidad productiva del terreno.
2. Disminución de la capacidad de retención de agua: La pérdida de suelo altera la estructura del suelo, reduciendo su capacidad para almacenar agua y aumentando el riesgo de sequías (García, 2015).
3. Extinción de especies: la pérdida de la biodiversidad provoca destrucción de los hábitats e extinción de especies
4. Sedimentación de ríos y cuerpos de agua: Los sedimentos arrastrados por la erosión contaminan ríos y lagos, afectando la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.
5. Inundaciones y deslizamientos de tierra: La erosión puede alterar el drenaje natural del terreno, aumentando el riesgo de inundaciones y deslizamientos en zonas con alta pendiente.
6. Pérdida de biodiversidad: La erosión del suelo altera el hábitat de diversas especies, afectando la biodiversidad y los servicios eco sistémicos que brinda el suelo (García, 2015).

Figura 6: Mapa Zonas Erosionadas.



Fuente. Elaboración propia 2024.

Figura 7: Pérdida de Biodiversidad



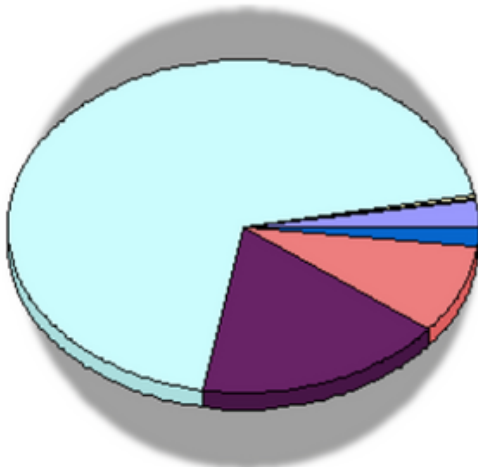
Fuente. Elaboración propia 2024.

Tabla 2. Pérdida de Biodiversidad.

clasificación	AREA
Perdidabiodiversida - Bosque denso	155,487
Perdidabiodiversida -Plantación	77,83
Perdidabiodiversida - Bosque abierto	620,555
Perdidbiodiversida - Bosque galería	17,392
Perdida de biodiversida -Bosque	3,394
Perdida de biodiversida - Bosque	22,022
Perdida de biodiversida - Bosque Fr	3,019

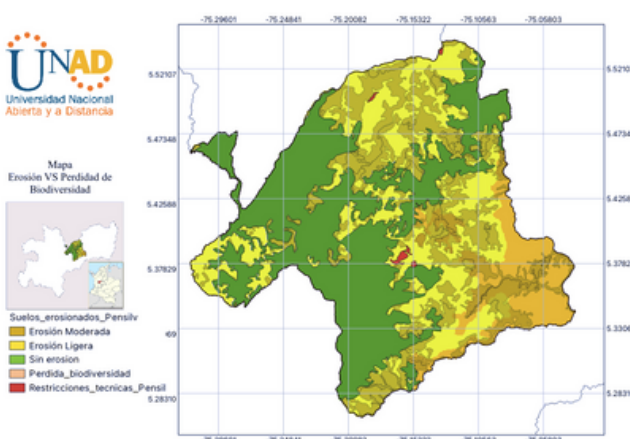
Fuente. Elaboración propia 2024.

Figura 8: Gráfica de pérdida de Biodiversidad



Fuente. Elaboración propia 2024.

Figura 9: Erosión VS pérdida de Biodiversidad



Fuente. Elaboración propia 2024.

En este mapa podemos apreciar las dos problemáticas presentadas en el municipio de Pensilvania, en cuanto a las zonas de degradación de suelos por erosión vs pérdida de la biodiversidad, resaltando la importancia de los sistemas de información geográfica SIG ejecutados en los software, obteniendo imágenes que nos ayudan a interpretar la información y junto a las tablas de atributos identificar las áreas afectadas, las cuales pueden ser implementadas como base de datos para posteriores investigaciones y ayuda en la toma de decisiones en planes de ordenamiento territorial

CONCLUSIONES

La evidencia que representamos anteriormente demuestra que la utilización e implementación de sistemas de información geográfica (SIG), en el software (QGIS- ArcGIS) y las técnicas de evaluación multicriterio, nos permite evaluar diversas soluciones al tema de la identificación de suelos erosionados y pérdida de la biodiversidad, usando considerables metodologías de los análisis multicriterio para poder obtener las áreas más óptimas del problema presentado y así facilitar las respectivas tomas de decisiones, logrando mejorar así el tratamiento de la información utilizada en las variables geoespaciales de tipo vectorial o de tipo ráster (pendientes, precipitación, temperatura, etc), donde nos permite simplificar la información alfanumérica obtenida en una estructura de datos más simple, convirtiéndose en una herramienta fundamental para gestión del territorio de estudiado, además de lo anterior puede ser utilizada como base para la ayuda de toma de decisiones por los entes territoriales en estudios de planificación, gestión y distribución del territorio.

Debido a la facilidad que se obtiene con este tipo de herramientas y metodología, así como sus diversos criterios y valores propios de la zona de estudio, municipio de Pensilvania, en el análisis de la información, podemos concluir que la investigación puede ser utilizada por los entes encargados del municipio en el tema de planificación del territorio, y a su vez identificar zonas adecuadas para el desarrollo de proyectos como áreas para cultivos, semibosques con fines comerciales, reforestación, áreas para la reserva de flora, fauna y nacimientos de agua, con este tipo de SIG utilizado, puede garantizar la correcta y adecuada planificación de manera responsable y sostenible con el territorio, logrando recupera las zonas afectadas por la erosión y la pérdida de la biodiversidad, creando el desarrollo óptimo del territorio a largo plazo

RECOMENDACIONES

1. Considerando la información que tiene este trabajo y en función de sus resultados se plantean varias recomendaciones para mitigar el problema plantado como, el cuidado de la flora y fauna, la siembra de semibosques y la reforestación.
2. Recopilar la información del trabajo aquí presentado en una base datos ya que contiene información reunida de gran importancia y hace parte de estudios previos de la zona del municipio de Pensilvania, considerándola como un aporte y referencia para consultas en investigación en el área.
3. Implementar medidas de conservación de las áreas susceptibles a degradación de suelos por erosión y pérdida de la biodiversidad, para mantener su capacidad productiva a largo plazo y sus servicios ecosistemicos

4. Implementar campañas de sensibilización de la comunidad en el cuidado de la biodiversidad, he implementar programas de reforestación por parte de la alcaldía municipal y los entes encargados, ya que los bosques desempeñan una función de regulación del ciclo hidrológico y prevención de la erosión de los suelos, proporcionando hábitat adecuados para plantas, animales e insectos y suministros alimentarios

5. Se recomienda realizar estudios más detallados para determinar las causas específicas de la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad en el municipio de Pensilvania. También se recomienda implementar medidas de manejo ambiental para proteger los recursos naturales del municipio.

BIBLIOGRAFIA

Bidegain, M. P., Préchac, F. G., Hill, M., & Clérici, C. (2010). La erosión de suelos en sistemas agrícolas. Valorización y conservación de la biodiversidad en Uruguay. 89, 67. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Garcia-Prechac/publication/303750742_Intensificación_Agricola_oportunidades_y_amenazas_para_un_pais_productivo_y_natural/links/5750565108ae968db72a17/Intensificacion-Agricola-oportunidades-y-amenazas-para-un-pais-productivo-y-natural.pdf#page=65

Consejo municipal para la gestión del riesgo de desastres CMGRD. (2012). Plan municipal de gestión del riesgo de desastres

García-Chevesich, P. A. (2015). Control de la Erosión y Suelos Degradados. Outskirtspress. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/ccd1af3f-7787-487f-a7bf-71d19be04bd5>

Gómez, Á., Schnabel, S., Lavado, F. (2011). Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la Península Ibérica. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, (67), 339-358. <https://www.bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/download/1312/1235>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2014). Instructivo Zonificación Climática. IGAC. <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/2014/I40100-05%20-14%20V1%20Zonificacion%20climatica.pdf>

Motta, N., Perafán, A. (2010). Historia ambiental del Valle del Cauca: geoespacialidad, cultura y género. Universidad del Valle. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BD2nEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Gonz%C3%A1lez,+N.+M.+> (2010).+Historia+ambiental+del+Valle+del+Cauca:+geoespacialidad,+cultura+y+g%C3%A9nero.+Universidad+del+Valle.&ots=jIYZxX6GhR&sig=xgsImfNozjGPA8O14q18U5b6Rc8

Rengifo-Rengifo, I., Muñoz-Gomez, F., Toro-Trochez, O, (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(2), 29-44. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1738>

Vallejo, F., Salazar, M., Giraldo, R. (2021). Ciudadanía Ambiental y escalamiento de la agroecología en la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca, Colombia. Revista Luna Azul, (52), 126-144. <https://www.redalyc.org/journal/3217/321770043007/321770043007.pdf>

Villar, B., Tosquy, O., López, E., Esquivel, E., Valentín, A., Palacios, G. (2013). Impacto de la pendiente y tres sistemas de producción sobre el escurrimiento, la erosión y el rendimiento de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16(3), 497-504. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93929595019.pdf>

Yaguache, L., Rodrigues, V., Blanco, L., Hurtado, J. (2016). Análisis de la erosión laminar en cuatro tipos de cobertura vegetal, con ayuda de la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) en la microcuenca del río Pimenta. Revista GEOESPACIAL, 13(1), 30-39. https://www.academia.edu/download/50268812/Geoespacial_131_final.36-45.pdf

Enlace de sustentación

<https://youtu.be/4nyEnwoj1PM>