

ANÁLISIS DE LA APTITUD DE SUELO PARA LA AGRICULTURA EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ, CUNDINAMARCA UTILIZANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Yudy Milena Avila Castro. ymavilaca@unadvirtual.edu.co

Ruth Stella Mendieta Galeano. rsmendientag@unadvirtual.edu.c

Luis Angel Ramirez Morales. laramirezmor@unadvirtual.edu.co

Docente asesor. Yetfersson Arley Serrato Velosa

yetfersson.serrato@unad.edu.co

RESUMEN

El presente estudio de caso analiza los desafíos ambientales en el municipio de Zipaquirá, centrándose en la degradación del suelo debido a prácticas agrícolas insostenibles y la presión sobre los recursos naturales debido a la expansión urbana. El objetivo principal es desarrollar un modelo espacial para el análisis de la aptitud del suelo para la agricultura en el municipio de Zipaquirá utilizando los sistemas de información geográfica (SIG) y el software ArcGIS, teniendo en cuenta factores ambientales, edáficos y climáticos. Se aplicará un modelo entidad-relación y geoprocesos para mapear las condiciones del suelo. Se concluye que esta evaluación es esencial para garantizar una explotación sostenible de los recursos naturales y mejorar la producción agrícola en la región.

PALABRAS CLAVES: Geoprocesos, ArcGIS, Aptitud del suelo, factores ambientales, edáficos y climáticos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un sistema de análisis espacial que evalúe la idoneidad del terreno para la agricultura en la zona de Zipaquirá empleando tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Objetivos específicos

- Diseñar un modelo conceptual que permita identificar las variables ambientales, edáficas y climáticas relevantes para determinar la aptitud del suelo para la agricultura en el municipio.
-

- Establecer los geoprocesos necesarios para el análisis y proceso de la información geográfica recopilada, diseñando mapas ambientales, edáficos y climáticos detallados.
- Evaluar la aptitud del suelo para identificar las limitaciones y zonas adecuadas que permitan orientar las prácticas sostenibles de agricultura.

INTRODUCCIÓN

La aptitud se refiere a la capacidad de aprovechar las condiciones geográficas y sus interacciones con elementos espaciales para realizar acciones específicas dentro de un mismo espacio geográfico. Por lo tanto, cada parte del territorio puede considerarse como un sistema, resultado de la interacción de factores geológicos, climáticos, topográficos, de suelos, agua, vegetación y vida silvestre, junto con la gestión comunitaria. Los estudios de idoneidad del suelo se basan en la zonificación agroecológica, que divide la superficie del suelo en unidades más pequeñas con características similares en términos de idoneidad, potencial de producción e impacto ambiental (FAO, 1997).

En este contexto, se enfoca en el municipio de Zipaquirá, ubicado en el departamento de Cundinamarca, que posee una gran importancia agrícola en la región donde es crucial analizar la aptitud del suelo para la agricultura con el fin de optimizar la producción y garantizar una explotación sostenible de los recursos naturales, en este sentido, el uso de sistemas de información geográfica (SIG) se presenta como una herramienta indispensable para realizar un análisis detallado y preciso de las condiciones del suelo en la zona.

En este caso de estudio, se aborda la evaluación de la aptitud del suelo para la agricultura en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, utilizando los sistemas de información geográfica como herramienta principal, aplicando todos los datos de capas vectoriales en el software ArcGIS, específicamente en el área recortada del municipio, con respecto al análisis de la aptitud del suelo para la agricultura en el municipio de Zipaquirá, se lleva a cabo mediante la exploración de un diseño modelo conceptual que plantea la identificación de la problemática ambiental o caso de estudio, alternativas de solución y un Modelo lógico entidad-relación. También se explica el modelo de aplicación espacial para la aptitud del suelo en la agricultura, con el objetivo de presentar el paso a paso y las herramientas utilizadas para dicha aplicación y construcción del componente ambiental, edáfico y climático. Por último, se desarrollan geoprocesos y modelamientos en el software ArcGIS, proponiendo la construcción de los cuatro mapas y el paso a paso para su elaboración.

CASO ESTUDIO

Análisis de Aptitud del Suelo para la Agricultura en Zipaquirá, Cundinamarca.

IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL O CASO DE ESTUDIO .

Para el estudio del municipio de Zipaquirá departamento de Cundinamarca, se tiene en cuenta analizar aptitud del suelo para la agricultura, por tanto, presenta la siguiente información del municipio como se encuentra situado en el altiplano cundiboyacense, a una altitud aproximada de 2.650 metros sobre el nivel del mar.

Con una extensión territorial de aproximadamente 197 km², representa una porción significativa del departamento de Cundinamarca.

Zipaquirá es conocido por su rica historia, sus recursos naturales y su potencial agrícola. Zipaquirá se encuentra ubicado entre los 4° 50' y 5° 02' de latitud norte y entre los 73° 59' y 74° 05' de longitud oeste. Su topografía varía desde terrenos planos hasta ligeramente ondulados, lo que proporciona una diversidad de condiciones para la agricultura (POT, s.f.).

El sector agrícola en Zipaquirá es crucial para la economía local, con cultivos de papa, zanahoria, cebolla, maíz y otros productos hortofrutícolas. A pesar de desafíos como el acceso limitado a tecnología y asistencia técnica, la ubicación estratégica y la demanda creciente de alimentos frescos resaltan su potencial agrícola. Es necesario un enfoque integral que promueva prácticas agrícolas sostenibles para asegurar el desarrollo continuo del sector y el bienestar de la comunidad (Plan de Desarrollo Municipal de Zipaquirá, 2020-2024).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Zipaquirá, uno de los principales desafíos ambientales es la degradación del suelo debido a prácticas agrícolas insostenibles, como la sobreutilización de tierras y la falta de rotación de cultivos. Esta situación se agrava por la pérdida de cobertura vegetal y la erosión, que comprometen la fertilidad del suelo y amenazan la seguridad alimentaria de la región. Además, la expansión urbana y la infraestructura asociada han generado presión sobre los recursos naturales, provocando la fragmentación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad. A su vez, la contaminación del agua es un problema emergente, especialmente en áreas cercanas a zonas urbanas y actividades industriales, lo que plantea preocupaciones sobre la calidad del agua para consumo humano y la salud pública.

Es fundamental analizar la aptitud del suelo en Zipaquirá para identificar áreas con mayor potencial agrícola y limitaciones ambientales que afecten la productividad. Se utilizarán sistemas de información geográfica (SIG) y datos de instituciones como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para desarrollar un modelo espacial que determine la aptitud del suelo y el potencial productivo.

El municipio de Zipaquirá enfrenta importantes desafíos relacionados con la degradación de la tierra, la expansión urbana y la contaminación del agua que afectan tanto a la agricultura como al medio ambiente, pero el uso combinado de tecnologías como SIG y otras instituciones especializadas puede permitir la evaluación de la idoneidad de la tierra para promover prácticas agrícolas sostenibles para reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente (Vargas y Rodríguez, 2022). Este enfoque integrado es importante para lograr un desarrollo económico y social ambientalmente compatible.

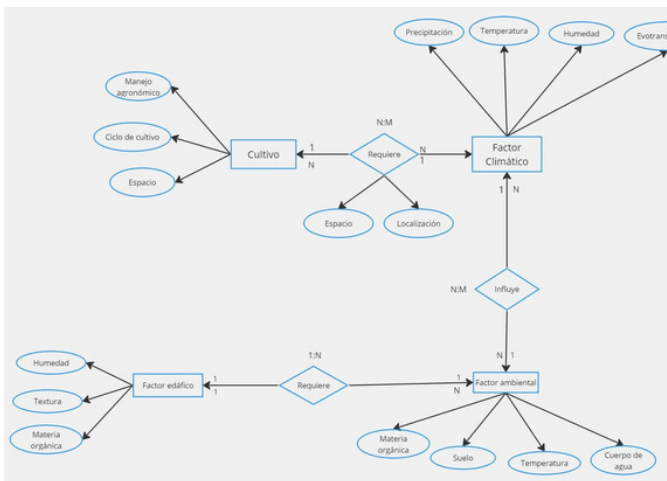
DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO.

Modelo lógico entidad – relación

Se presenta un modelo conceptual lógico que facilita la identificación de diversos atributos relevantes en cada entidad asociada al uso del suelo para fines agrícolas, tales como tipos de cultivos, aspectos biofísicos, factores ambientales y edáficos. Cada entidad se distingue por una llave primaria (PK) única y no repetitiva, resaltada en color fucsia en el modelo conceptual. Cuando la relación entre entidades es de uno a muchos (1: N), la llave primaria se convierte en llave foránea (FK) en la entidad "muchos". En casos de relaciones muchos a muchos (N:M), se introduce una subentidad intermedia con dos llaves primarias (PK), transformadas en foráneas (FK)

.Figura 1. Modelo lógico entidad – relación de aptitud del suelo para la agricultura.

Se presenta un modelo conceptual lógico que facilita la identificación de diversos atributos relevantes en cada entidad asociada al uso del suelo para fines agrícolas, tales como tipos de cultivos, aspectos biofísicos, factores ambientales y edáficos. Cada entidad se distingue por una llave primaria (PK) única y no repetitiva, resaltada en color fucsia en el modelo conceptual. Cuando la relación entre entidades es de uno a muchos (1: N), la llave primaria se convierte en llave foránea (FK) en la entidad "muchos". En casos de relaciones muchos a muchos (N:M), se introduce una subentidad intermedia con dos llaves primarias (PK), transformadas en foráneas (FK).



Fuente: Autoría propia 2024

Nota: El modelo (ER) centrado en el municipio de Zipaquirá, establece una interrelación crucial entre los factores ambientales, edáficos y climáticos con los cultivos regionales, considerando sus efectos en los factores mencionados.

PLANTEAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LOS GEOPROCESOS

Modelamientos de la aplicación espacial para la aptitud del suelo en la agricultura

Para llevar a cabo el desarrollo de los geoprocesos, se consideran varios aspectos para la creación de los cuatro mapas que se enfocarán en la aptitud del suelo en el municipio de Zipaquirá.

Entre estos aspectos se incluye la adquisición y utilización de capas vectoriales, las cuales proporcionan datos fundamentales para el análisis geoespacial.

Tabla 1. Propuesta peso de influencia de componentes sobre la agricultura

Componente	Peso (%) Influencia sobre la agricultura
Ambiental	40
Edáfico	35
Climático	25

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014

Se presenta porcentajes de influencia para el caso de estudio, donde el componente ambiental destaca como el de mayor peso en el uso y desarrollo productivo agrícola, mientras que el climático tiene el menor peso. Se debe tener en cuenta que la suma de los tres componentes equivale al 100%. Estos porcentajes son esenciales para llevar a cabo el análisis de aptitud del suelo mediante el método de análisis ráster multicriterio (ver tabla 1).

Tabla 2. Propuesta peso de influencia de indicadores dentro de cada componente

Componente	Capa vectorial	Peso (%) Influencia sobre la agricultura dentro del Componente.
Ambiental	Sin restricción	60
	Coberturas de suelo	40
Edáfico	Suelos (Características edáficas)	45
	Capacidad de uso	55
Climático	Clasificación Climática de Caldas - Lang 2014	45
	Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual durante el periodo 1981-2010	55

Detalle de los componentes relevantes y sus respectivos atributos, junto con el porcentaje de influencia que tienen en la agricultura. Se destaca un mayor peso en el componente ambiental, especialmente en la capa de sin restricción en comparación con la cobertura del suelo, asimismo, se considera la capacidad de uso del suelo para el componente edáfico, y la precipitación media total anual para el componente climático. Estos factores sugieren una mayor influencia en la ordenación del suelo para su aptitud agrícola, estos valores se utilizan para generar mapas temáticos de cada componente a través de un análisis ráster multicriterio (ver tabla 2).

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014

Tabla 3. Calificación (de 1 a 10) de las variables del indicador o capa “Cobertura del suelo”

Cobertura	Calificación
Arbustal	8
Cuerpo de agua artificial	7
Cultivos permanentes arbustivos	10
Herbazal	9
Mosaico de cultivos	10
Mosaico de cultivos y espacios naturales	5
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5
Mosaico de pastos con espacios naturales	5
Mosaico de pastos y cultivos	10
Pastos arbolados	8
Pastos enmalezados	8
Pastos limpios	10
Plantación forestal	10
Tierras desnudas y degradadas	1
Vegetación secundaria o en transición	5
Zonas de extracción minera	4

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014

Proporciona indicadores con calificaciones numéricas que van de uno (1) a diez (10), reflejando el rango óptimo para el desarrollo de proyectos agrícolas, los valores próximos a diez indican una calificación deseable, mientras que aquellos cercanos a uno representan suelos menos favorables para la producción. Estos datos son fundamentales para la organización y clasificación de los píxeles en el análisis (ver tabla 3).



Formula 1. IC para raster

$$IC = \frac{I1 * W1 + I2 * W2 + \dots + In * Wn}{\sum_1^n W}$$

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014

El modelo matemático mencionado corresponde a una fórmula lineal ponderada que permite el cálculo de los píxeles mediante el uso de la "media aritmética ponderada". Los indicadores individuales de cada componente, tal como se detallan en la tabla 1, se multiplicarán por sus respectivos pesos porcentuales, luego se sumarán y, finalmente, se dividirán por la suma total de los pesos para calcular el indicador compuesto (IC). En esta fórmula, "IC" representa el indicador compuesto del píxel (media aritmética), mientras que "I" denota el indicador individual de cada componente, cuyos valores oscilan entre 1 y 10.

Tabla 4. Clasificación estandarizada para los resultados espaciales de componentes, modelo aptitud para la agricultura.

Clasificación Cualitativa	Rango Cuantitativo	Color
No Apto	1 – 2,99	
Marginal	3 – 4,99	
Baja	5 – 5,99	
Moderada	6 – 7,99	
Alta	8 – 10	

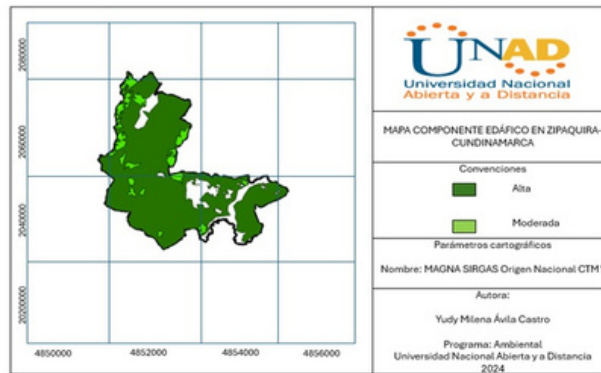
Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014

El proceso implica la clasificación de los píxeles de las capas en diferentes rangos, esto se logra mediante una reclasificación de cada mapa del componente, lo que permite visualizar y distinguir los resultados espaciales a través del uso de colores específicos. En este esquema de clasificación, el color rojo representa suelos no aptos para fines agroforestales, el naranja indica suelos marginalmente aptos con ciertas limitaciones que pueden reducir la productividad, el amarillo señala suelos con una clasificación baja debido a múltiples limitaciones para proyectos agrícolas, el verde claro indica suelos con limitaciones moderadamente graves, lo que permite el establecimiento de cultivos pero requiere mayores insumos, y el verde oscuro representa suelos altamente aptos para producciones agroforestales sostenibles.

Desarrollo Geoprocesos y Modelamientos en software ArcGIS.

Se realiza un estudio en el municipio de Zipaquirá utilizando el software ArcGIS para analizar las metodologías de impacto ambiental y paisajístico. El objetivo principal es evaluar la aptitud del suelo para la agricultura. Se plantea la creación de cuatro mapas con este propósito. Se inicia el proceso elaborando los componentes ambientales, edáficos y climáticos, culminando con el mapa de aptitud del suelo. Se recorta el área de estudio correspondiente a Zipaquirá en Colombia, utilizando el Sistema de Referencia de Coordenadas Magna Singas / Origen Nacional CTM12.

Desarrollo del geoproceso componente ambiental. Figura 2. Mapa Ambiental

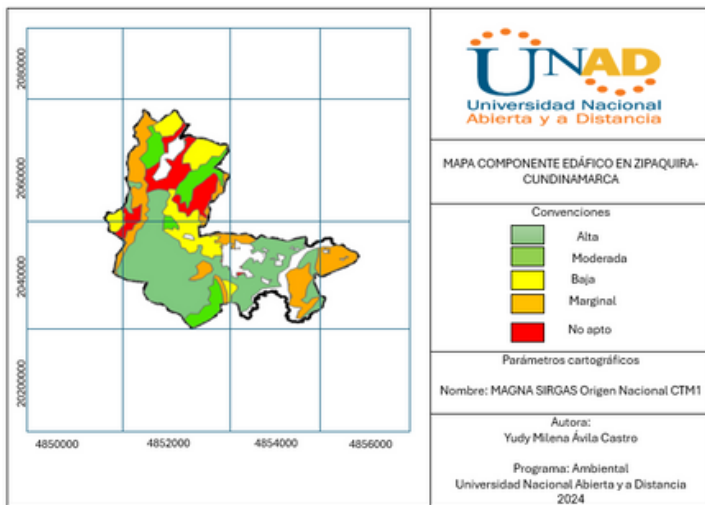


Fuente: Autoria propia 2024

Desarrollo del geoproceso componente edáfico.

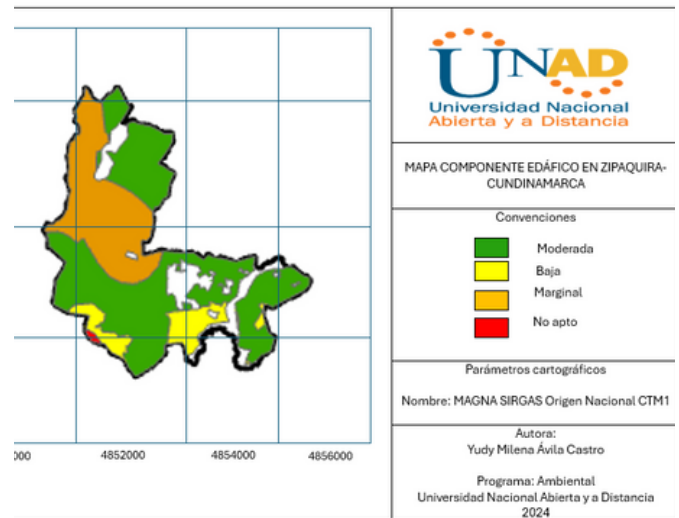
Una vez descargados los archivos de suelos y capacidad de uso del departamento de Cundinamarca del IGAC en formato Shp, se procede en ArcGIS a crear las capas de suelos y capacidad de uso sin restricciones mediante el geoproceso de corte. Se utilizan las características relevantes de las capas y se simplifican para la agricultura. Se aplica el geoproceso "Dissolver" con puntajes de calificación para identificar zonas favorables y desfavorables para la agricultura. Se rasterizan y calculan imágenes vectoriales con una fórmula ponderada. Luego, se reclasifican para obtener el mapa final del componente edáfico que muestra áreas con restricciones técnicas y ambientales, junto con áreas de capacidad de uso de suelos. Se emplea una capa vectorial que abarca desde "No Apto" hasta "Alta" para representar la idoneidad de diferentes tipos de agricultura en el municipio, incluyendo áreas de conservación ambiental. Las áreas con características edáficas de nivel alto indican una mayor idoneidad para la agricultura.

Figura 3. Mapa edáfico



Fuente: Autoría propia 2024

Figura 5. Mapa climático



Fuente: Autoria propia 2024

Desarrollo del componente climático

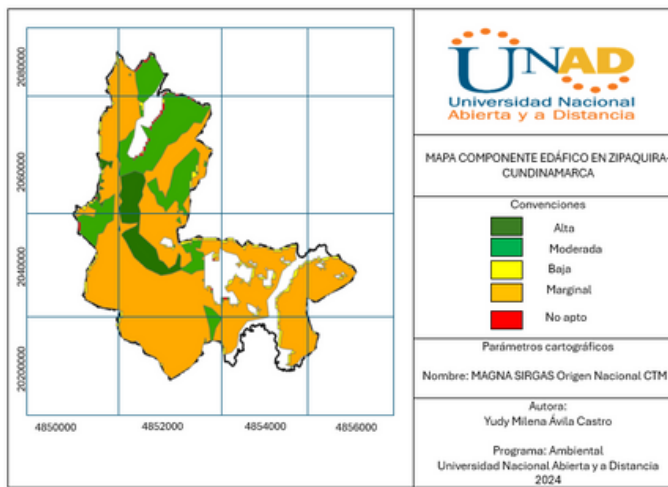
Se rasterizaron y se aplicó un análisis multicriterio con un peso del 55% a la precipitación y un 45% a la clasificación climática. Se generó el componente climático y se reclasificó para asignarle una clasificación estandarizada. Posteriormente, se ajustó la simbología del mapa. Se obtuvieron niveles de aptitud climática que van desde No Apto hasta Alta, con predominancia de niveles Moderado. Las capas reflejan áreas con diferentes tipos de clima en el municipio.

Para determinar el componente climático en Zipaquirá, se utilizó información de clasificación climática y precipitación media anual, recortadas con la capa sin restricciones. Tras asignar calificaciones y realizar un análisis multicriterio, se obtuvo el componente climático con niveles de aptitud que van desde No Apto hasta Alta, destacando la predominancia de niveles Moderado en el área. Las capas representan áreas con variedad de climas en el municipio, como frío árido, frío semihúmedo, frío seco.

Desarrollo del geoproceto de la aptitud del suelo para la agricultura.

En el estudio de la idoneidad agrícola de los terrenos en el municipio de Zipaquirá, se consideraron áreas sin restricciones ambientales y técnicas. Se aplicó un análisis de evaluación de criterios múltiples, compuesto por tres componentes (medio ambiente, suelo y clima), asignando pesos porcentuales a los impactos agrícolas según una fórmula específica. Los datos obtenidos se utilizaron en una ecuación de la calculadora ráster para generar un mapa de idoneidad del suelo, que luego se reclasificó utilizando una tabla estandarizada.

Figura 6. Mapa de Aptitud del Suelo para la Agricultura



Fuente: Autoría propia 2024

La generación del Mapa de Aptitud del Suelo para la Agricultura implica la integración de información proveniente de los mapas ambientales, edáficos y climáticos, estos mapas categorizan las áreas según su aptitud para la agricultura en niveles de Marginal, Moderado y Alta, se observa que la mayor parte de la actividad agrícola en el municipio se concentra en áreas con niveles Moderado y Alta de aptitud agrícola. Sin embargo, se identifica un problema significativo en las áreas clasificadas como Marginales, donde la concentración de actividades agrícolas es notablemente menor, el hallazgo sugiere que las zonas catalogadas como Marginales enfrentan desafíos específicos que limitan su potencial para la agricultura, lo que podría ser indicativo de condiciones edáficas, climáticas u otros factores adversos que requieren atención y estrategias de mejora para impulsar la productividad agrícola en estas áreas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la aptitud del suelo en el municipio de Zipaquirá emerge como un componente crucial para garantizar la productividad agrícola, fomentar el desarrollo rural sostenible y mitigar los impactos ambientales asociados a la actividad agrícola aprovechando las herramientas y la información disponibles, se puede impulsar una estructura productiva y organizada que beneficie tanto a la economía local como a la calidad de vida de la comunidad.

Para abordar esta problemática de manera efectiva, es esencial implementar medidas integrales que promuevan prácticas agrícolas sostenibles, tales como la rotación de cultivos, la conservación del suelo y el uso eficiente del agua además, se requiere un enfoque de planificación urbana que considere la conservación de áreas verdes y la protección de cuencas hidrográficas con el fin de fortalecer la gestión ambiental a nivel local, con la participación de la comunidad y el respaldo de instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales, será fundamental para enfrentar los desafíos ambientales en el municipio de Zipaquirá y promover un desarrollo sostenible que asegure la calidad de vida de sus habitantes y la preservación de los recursos naturales para las generaciones venideras.

Adicionalmente, la evaluación de la aptitud del suelo para la agricultura en Zipaquirá constituye un paso crucial para una explotación sostenible de los recursos naturales y la optimización de la producción agrícola en la región para el uso de sistemas de información geográfica como herramienta principal para este análisis permite una evaluación detallada y precisa de las condiciones del suelo en la zona, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de manejo adecuadas.

Referencias bibliográficas

Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA. (2014). Tablas de pesos de influencia.

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36445>

Alcaldía Municipal de Zipaquirá (2020-2024). Plan de Desarrollo Municipal de Zipaquirá. <https://www.zipaquiracundinamarca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-2020--2024>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (s.f.). Sistema de Información Geográfica (SIG) del IGAC. <https://www.igac.gov.co>

Martínez, E., et al. (2019). Presión urbana y fragmentación de ecosistemas. *Journal of Environmental Studies*, 25(3), 78-91.

Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Zipaquirá (POT). (s.f.). Alcaldía Municipal de Zipaquirá. <https://www.zipaquiracundinamarca.gov.co/metas-objetivos-e-indicadores/plan-de-ordenamiento-territorial-361636>

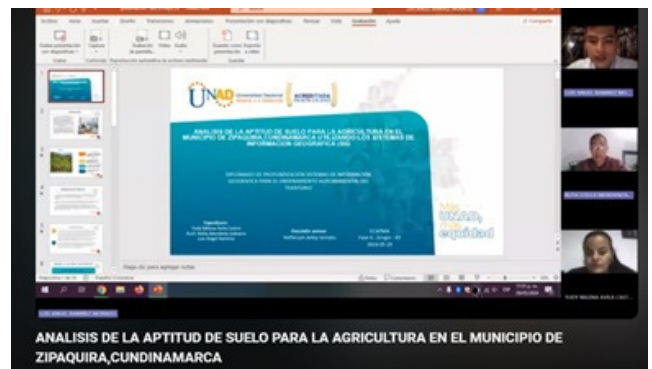
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1997). Evaluación de la aptitud de la tierra para la agricultura en el trópico húmedo. *FAO Soils Bulletin*, No. 62. Pág 1-2.

http://edafologia.ugr.es/programas_suelos/practgest/olivar/suelos/soil12/fao.htm

Smith, A. (2018). *Prácticas agrícolas sostenibles*. Editorial Agronomía Moderna.

Vargas, L., & Rodríguez, S. (2022). Tecnologías para el análisis de la aptitud del suelo. *Revista de Agricultura Sostenible*, 14(1), 23-36

ENLACE VIDEO SUSTENTACION (SIG) .



<https://youtu.be/qEBoTMoO9zQ?feature=shared>