
EVALUACIÓN DE LA APTITUD DEL SUELO PARA LA AGRICULTURA MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN EL MUNICIPIO DE GACHALÁ, CUNDINAMARCA, A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE UN MODELO ESPACIAL Y EL ANÁLISIS DE SUS COMPONENTES.

Laura Valentina Solano Suárez, lvsolanosu@unadvirtual.edu.co,
Neidys Yeraldin Sanchez Suárez, nysanchezsu@unadvirtual.edu.co,
Francisco Sebastián Guerrero Vivas, fsguerrero@unadvirtual.edu.co,
Tutora asesor: Evangelina Parra Perez, evangelina.parra@unad.edu.co.

RESUMEN

Se determinará la aptitud del suelo para la agricultura del municipio de Gachalá, (Provincia del Guavio) el cual se encuentra ubicado en la zona suroriental de Cundinamarca, su comienzo se localiza a los 4° 42' de latitud norte de la línea del Ecuador y 73° 31' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich. La altitud de este municipio está sobre los 1.712 msnm, su temperatura promedio es de 19 °C. dista de Santafé de Bogotá 120 Km y tiene una superficie de 467 kilómetros cuadrados. (Alcaldía Gachalá, 2021)

Para la evaluación de la aptitud del suelo se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG), inicialmente se realizó un modelo lógico de entidad-relación en el cual se asocian las restricciones técnicas y ambientales, las unidades de trabajo y los beneficiarios de esta actividad, posteriormente, mediante las herramientas SIG se llevaron a cabo geoprosesos y como producto se obtuvieron los componentes edáfico, climático y ambiental del suelo del municipio de Gachalá. En estos mapas se evidencian las zonas óptimas para el establecimiento de diferentes producciones agrícolas clasificadas en principio con rangos cuantitativos y luego,

en colores y términos cualitativos que determinan la viabilidad de un proyecto productivo en las diferentes áreas del municipio de acuerdo con el clima, la precipitación, el tipo de cobertura, la capacidad del suelo, las características edáficas y las restricciones como parques naturales, humedales, embalses, entre otros. Finalmente, se elaboró un modelo espacial donde se unieron las capas vectoriales según el peso o porcentaje de influencia (componentes) y se determinó la aptitud para la agricultura mediante indicadores.

Palabras clave: Aptitud del suelo, agricultura, componentes, indicadores, modelo espacial.

ABSTRACT

The suitability of the soil for agriculture in the municipality of Gachalá, (Guavio Province) will be determined, which is located in the southeastern part of the department of Cundinamarca, its head is located at 4° 42' north latitude of the line of the Equator and 73° 31' longitude west of the Greenwich meridian. It has a height above sea level of 1,712 meters, its average temperature is 19 °C. It is 120 km from Santafé de Bogotá and the municipal area is 467 km. (Alcaldía Gachalá, 2021)

To evaluate the suitability of the soil, Geographic Information Systems (GIS) were used. Initially, a logical entity-relationship model was created in which the technical and environmental restrictions, work units and beneficiaries of this activity are associated. Subsequently, using GIS tools, geoprocesses were carried out and as a product the edaphic, climatic and environmental components of the soil of the municipality of Gachalá were obtained. These maps show the optimal areas for the establishment of different agricultural productions, classified initially with quantitative ranges and then, in colors and qualitative terms that determine the viability of a productive project in the different areas of the municipality according to the climate, the precipitation, type of coverage, soil capacity, edaphic characteristics and restrictions such as natural parks, wetlands, reservoirs, among others. Finally, a spatial model was developed where the vector layers were joined according to the weight or percentage of influence (components) and the suitability for agriculture was determined using indicators.

Keywords: Soil suitability, agriculture, components, indicators, spatial model.

INTRODUCCIÓN

La aptitud del suelo está determinada por sus características y su clasificación de acuerdo con los requerimientos necesarios para desarrollar una actividad, comprender la aptitud de la tierra y tomar decisiones informadas sobre su uso implica evaluar la textura, estructura, contenido de nutrientes y otros factores que influyen en su productividad. La FAO ha desarrollado numerosas guías y metodologías para el estudio de suelos, promoviendo prácticas sostenibles y la gestión adecuada de los recursos naturales, la información recopilada a través de estos estudios es crucial para

la planificación agrícola, la conservación del suelo y la seguridad alimentaria a nivel mundial.

La evaluación de la aptitud de suelos es un proceso detallado que implica el análisis de múltiples factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la capacidad del suelo para sustentar distintos usos, entre los factores a considerar se encuentran la textura del suelo (arena, limo, arcilla), su estructura y porosidad, la profundidad efectiva para el enraizamiento de cultivos, así como la presencia de capas freáticas o problemas de salinidad. Además, se evalúa la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, lo cual es crucial para determinar su aptitud para cultivos específicos. Asimismo, se consideran aspectos climáticos y topográficos que puedan influir en el manejo del suelo y su potencial productivo, la evaluación detallada de la aptitud de suelos es fundamental para la planificación territorial, la selección de cultivos apropiados, la implementación de prácticas de conservación del suelo y el desarrollo sostenible de las áreas rurales, este proceso permite tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo, maximizando su productividad y minimizando los impactos ambientales negativos Burgess, et al., (2019).

Para evaluar la aptitud de suelo de Gachalá se utilizarán los Sistemas de Información Geográfica que permiten categorizar la Tierra desde diferentes aspectos, dentro de sus herramientas se encuentran los modelos espaciales, recurso mediante el cual se realizará dicha evaluación. El modelo que se propone se estructura por tres componentes: ambiental, edáfico y climático que tienen un porcentaje de influencia estipulado y la suma de estos valores determinará la clasificación estandarizada del modelo, es decir, rangos de aptitud del suelo en las diferentes áreas exclusivamente para procesos agrícolas.

OBJETIVOS

General

Evaluar la aptitud de suelo para la agricultura mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el municipio de Gachalá, a través del desarrollo de un modelo espacial y el análisis de sus componentes.

Específicos

- Caracterizar los suelos y topografía en el municipio de Gachalá mediante la utilización de ArcGIS Pro.
- Realizar mapeo de las áreas de interés en el municipio de Gachalá mediante los geoprocursos en el SIG, obteniendo como resultado los componentes correspondientes (ambiental, edáfico y climático)
- Elaborar el modelo espacial mediante la unión de las capas vectoriales según el porcentaje de influencia de los componentes.
- Determinar la aptitud del suelo para la agricultura del municipio de Gachalá mediante el análisis del modelo espacial y sus indicadores.

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL PARA EL CASO DE ESTUDIO

En Colombia, la agricultura es un pilar fundamental para el progreso económico y la riqueza de la nación ya que jalona las dinámicas socioeconómicas en muchas regiones del país, es por ello, que se considera esencial abordar los desafíos relacionados con la productividad agrícola, el manejo del suelo y los recursos finitos.

Dado que algunas partes del país cuentan con suelos aptos para la agricultura, su disponibilidad no siempre es clara y, en algunas zonas, se están utilizando de forma inadecuada los recursos, el suelo puede experimentar una variedad de efectos ambientales que cambian sus características. Según González & Rodríguez. (2013), las principales causas de estos problemas son el uso inadecuado del suelo, un aumento en la demanda de sus servicios, falta de planificación en los procesos de ordenamiento territorial, desconocimiento sobre las características del suelo y los usos estipulados de acuerdo con las limitaciones ecosistémicas. Las entidades correspondientes no realizan ningún tipo de análisis para la toma de decisiones en este sector que influye significativamente en el desarrollo de la comunidad, en el caso del municipio de Gachalá es importante hacer estos procesos para conocer cuál es la aptitud del suelo para actividades agrícola, brindando alternativas de solución a las múltiples problemáticas presentes que se relacionan con zonas inadecuadas por pendiente, escorrentía o zonas con procesos erosivos avanzados, también las restricciones ambientales por zonificación estratégica del ecosistema.

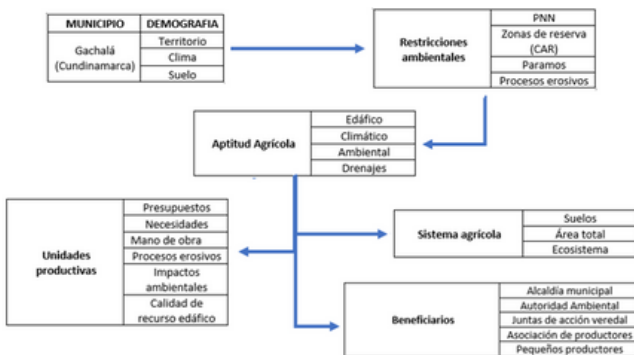
DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO.

a. Modelo lógico de Entidad-Relación.

El desarrollo del análisis para el municipio de Gachalá, Cundinamarca se ejecutó desde la recopilación de los datos reuniendo cada uno, tanto existentes como abiertos relacionados con capas de departamentos, municipios, vegetación, suelo, clima relevantes para la realización del análisis, con la utilización de la herramientas del SIG se realizó la captura de los datos para su debido procesamiento en una base de datos geoespacial, también se realizó el modelo (ER) permitiendo estructurar las

bases de datos mejorando la lógica detrás de los datos geospaciales a procesar, este modelo lógico es fundamental para ya que permite representar de manera clara la relación entre entidades y los datos eficientes bien estructurados para el cumplimiento de los objetivos del estudio planteados en cada uno de los objetivos. (Santos, L. 2014)

Figura 1. Modelo lógico Entidad-Relación Gachalá (Cun)



Nota. Diagrama de flujo que representa las personas como "entidades" y su relación con los objetos y conceptos dentro de un sistema. Elaboración propia (2024).

b. Análisis geoespacial

El modelo espacial propuesto para determinar la aptitud de suelo del municipio de Gachalá consta de 3 componentes: ambiental, edáfico y climático, cada uno cuenta con 2 indicadores principales (capas vectoriales), como se evidencia en la tabla 1 y sus respectivos porcentajes de influencia sobre la agricultura dentro del componente.

Tabla 1. Peso (%) de influencia de indicadores sobre la agricultura dentro de cada componente.

Componente	Capa vectorial	Peso (%) de influencia sobre la agricultura dentro del componente
Ambiental	Sin restricción	60
	Coberturas de suelo	40
Edáfico	Características edáficas	45
	Capacidad de uso	55
Climático	Clasificación climática	45
	Precipitación media total anual (1981-2010)	55

Nota. Adaptada de la Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4. Modelación, zonificación y ordenamiento agroambiental. (UNAD, 2024)

La clasificación de aptitud de cada componente se generó a partir de una tabla con rangos cuantitativos entre uno (1) y diez (10), con sus respectivos criterios (No apto, Marginal, Baja, Moderado, Alta) y colores que permiten la identificación más fácilmente en los mapas, esta clasificación determina si las áreas delimitadas son deseables para procesos agrícolas o si, por el contrario, tiene limitaciones o no es favorable llevar a cabo procesos de este tipo.

Tabla 2. Clasificación estándar para resultados espaciales de componentes y modelo de aptitud para la agricultura.

Clasificación cualitativa	Rango cuantitativo	Color
No apto	1 – 2,99	Rojo
Marginal	3 – 4,99	Naranja
Baja	5 – 5,99	Amarillo
Moderado	6 – 7,99	Verde claro
Alta	8 - 10	Verde oscuro

Nota. Adaptada de la Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4. Modelación, zonificación y ordenamiento agroambiental. (UNAD, 2024)

Para llegar a la fase de clasificación es necesario convertir las capas a archivos ráster requeridas en cada componente y utilizar la herramienta "calculadora ráster", en esta se efectuará la fórmula que indica el peso porcentual de influencia en la agricultura.

$$IC = \frac{(I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 + \dots + I_n \cdot W_n)}{\sum_1^n w}$$

Donde "IC" indica el compuesto del pixel, "I" es un indicador individual de cada componente (valores entre 1 y 10) un ejemplo, los indicadores del componente edáfico corresponden a "suelos (características edáficas) y "capacidad de uso" y "w" es el peso asignado (estipulado en la tabla 1).

Componente ambiental

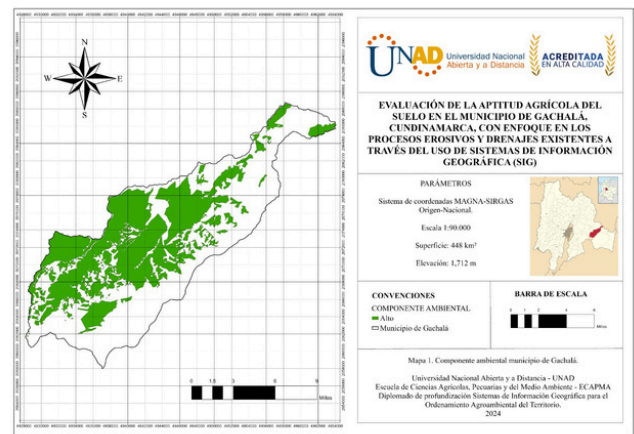
El componente ambiental evalúa la topografía del municipio y el uso determinado del suelo en las diferentes áreas mediante la ejecución de geoprocusamientos. Para la elaboración de este componente se necesitan 2 capas principales: sin restricciones (técnicas y ambientales) y coberturas de suelo.

Para lograr la capa sin restricciones es necesario exportar el municipio únicamente, e integrar las diferentes capas de restricciones (Humedales, embalses, parques nacionales naturales, drenajes, entre otros) es importante verificar que todas las capas estén en el mismo sistema de coordenadas, en este caso, se utilizó el MAGNA-SIRGAS Origen Nacional, luego de integrar las capas de restricciones se incorpora la capa de coberturas de suelo y se realiza un proceso de corte de cada una de las capas teniendo como entidad de recorte el municipio de Gachalá, posteriormente se realiza una simplificación de la capa de coberturas de suelo, mediante la ejecución de la herramienta "disolver" del nivel 3 de la tabla de atributos, después se seleccionan las restricciones de tipo ambiental y legal como: Bosques, tejidos urbanos, ríos, etc., y se

exportan estas entidades a una nueva capa "restricciones técnicas y ambientales". La creación del componente ambiental requiere la combinación de todas las capas con restricciones, con la herramienta "borrar" se generará una nueva capa que delimita las zonas sin restricciones con la cual se podrá clasificar las zonas de acuerdo con los criterios y rangos establecidos.

Figura 2.

Mapa de componente ambiental de Gachalá / Convenciones.



Nota. Mapa ejecutado en ArcGIS Pro, elaboración y diseño propio. (2024)

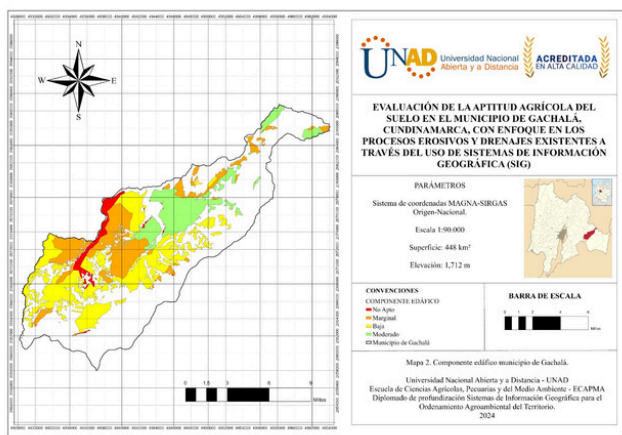
Este mapa evidencia la aptitud del suelo para el componente ambiental, donde se visualiza la zona sin restricciones ambientales y legales de color verde en su totalidad lo que indica que son áreas con aptitud alta para realizar procesos agrícolas, puesto que, la mayor parte de la cobertura pertenece a pastos, arbustales, mosaicos de cultivos, vegetaciones, entre otros., zonas que se consideran óptimas para desarrollar dichas actividades.

Componente edáfico

Para obtener el mapa del componente edáfico se realizaron los pasos de geoprocusamiento en el software ArcGIS Pro, inicialmente se integraron las capas de "suelos (características edáficas)" y "capacidad de uso", para que este proceso fuera más sencillo se integró la capa del municipio "sin restricciones" luego, se utilizaron las herramientas descritas en el componente anterior y se ejecutó el cálculo de acuerdo con los pesos (%) estipulados para cada indicador, los diferentes análisis permiten comprender que el municipio se encuentra en jurisdicción de la autoridad ambiental CORPOGUAVIO, junto con territorios a cargo de Parques Nacionales Naturales, zonas de reserva forestal protegida y ecosistemas estratégicos.

Figura 3.

Mapa de componente edáfico de Gachalá / Convenciones.



CONVENCIONES	
COMPONENTE EDÁFICO	
■	No Apto
■	Marginal
■	Baja
■	Moderado
	Municipio de Gachalá

Nota. Mapa ejecutado en ArcGIS Pro, elaboración y diseño propio. (2024)

La composición del mapa edáfico para el municipio de Gachalá se clasifica en rangos cuantitativos que se representan por convenciones (no apto, marginal, baja y moderada) observando las características heterogéneas que tiene el municipio debido a la posición geográfica, justo sobre la cordillera oriental según Ochoa et al. (2010) los suelos de clasificación taxonómica andisoles son ricos en contenido de materia orgánica, propiedades físicas favorables para la variedad de cultivos los cuales están presentes en el municipio siendo estas formaciones de origen calcáreo y de cenizas volcánicas, sin embargo, se muestran áreas MODERADAS que están justo en las zonas donde hay menos pendiente y terreno quebrado.

Las zonas NO APTAS pueden relacionarse con afectaciones por procesos erosivos, debido que el municipio según datos abiertos del IDEAM presenta más días de lluvia que lo normal para un sistema bimodal de clima como el que tiene Colombia, por ello en este territorio se cuenta con drenajes dobles y sencillos importantes que aportan el encauzamiento y uso del agua como fuente de energía eléctrica, por medio de la hidroeléctrica del Guavio, al costo de tener el componente edáfico deteriorado, desequilibrio de los ecosistemas en todo el municipio como se muestra en el mapa, Ávila (2016).

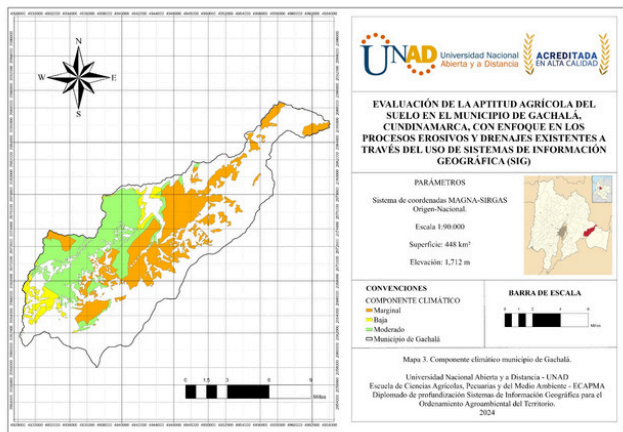
Componente climático

Para la obtención de este mapa se integraron las capas de "clasificación climática de Caldas - Lang 2014" y de "precipitación media total anual promedio multianual durante el periodo 1981-2010" y la capa elaborada en el componente ambiental del municipio de Gachalá denominada "sin restricciones", posteriormente se utilizaron las mismas herramientas sugeridas en los otros

componentes y se determinó mediante los ráster el cálculo con los pesos (%) descritos en la **tabla 1**, 45% y 55% respectivamente.

Figura 4.

Mapa de componente climático de Gachalá / Convenciones.



CONVENCIONES	
COMPONENTE CLIMÁTICO	
■	Marginal
■	Baja
■	Moderado
	Municipio de Gachalá

Nota. Mapa ejecutado en ArcGIS Pro, elaboración y diseño propio. (2024)

En esta mapa se han identificado áreas de poligonización con múltiples características, con una clasificación Marginal, Baja y Moderada respectivamente, lo cual muestra las limitaciones en las actividades agropecuarias debido a la no viabilidad de estas áreas las cuales coinciden con el área inundada de la hidroeléctrica existente y procesos erosivos de esta zona, a pesar de esto se puede inferir que las actividades agrícolas son viables en las áreas moderadas dado que estas condiciones marginales pueden ser suplidas por técnicas modernas de conservación de suelos y actividades específicas para mejorar la productividad.

Aptitud del suelo para la agricultura

Para obtener el modelo espacial de aptitud del suelo para la agricultura en el municipio de Gachalá se unieron las capas de los componentes ambiental, edáfico y climático previamente elaborados, se exportaron como ráster para poder ejecutar la fórmula que permite el análisis mediante una valoración multicriterio. Los valores de influencia de cada componente están descritos en la tabla 3, designados de acuerdo con la influencia que tiene el uso y el desarrollo productivo de actividades agrícolas sobre el suelo, estos porcentajes deben sumar en totalidad 100%

Tabla 3.

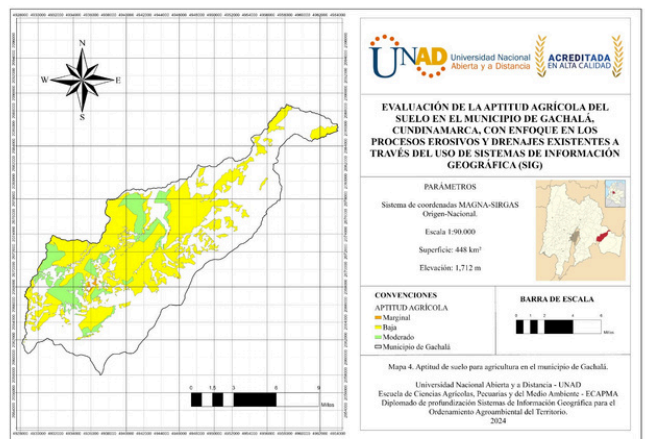
Peso (%) de influencia de los componentes para el modelo espacial de aptitud del suelo para la agricultura.

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

Nota. Adaptada de la Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4. Modelación, zonificación y ordenamiento agroambiental. (UNAD, 2024)

Figura 5.

Modelo espacial de aptitud del suelo para la agricultura de Gachalá / Convenciones.





Nota. Mapa ejecutado en ArcGIS Pro, elaboración y diseño propio. (2024)

En este mapa se evidencia una clasificación de tres (3) indicadores únicamente; Marginal (color naranja) aparece en una proporción mínima y representan las áreas con insuficiente aptitud para establecer producciones agrícolas, el indicador Baja (color amarillo) se visualiza con mayor participación en el mapa y aunque este representa las áreas con poca aptitud se logran desarrollar actividades de agricultura en delimitaciones específicas siempre y cuando se realicen procesos de recuperación (si es posible) y el indicador Moderado (color verde claro) se encuentra en un porcentaje promedio representado las zonas con aptitud significativa para realizar procesos productivos en el municipio de Gachalá.

De acuerdo con el CID (2000) el municipio de Gachalá tiene como actividad principal económica la agricultura, destacando cultivos como el maíz, la yuca, el plátano, el frijol y la caña panelera que tienen como destino en su mayoría el autoconsumo, por lo que se supone que estas producciones mayoritariamente se encuentran en zonas de aptitud baja y moderado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En cuanto al análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuando se trabaja con capas vectoriales en ArcGIS que contienen información

sobre restricciones ambientales (humedales, páramos, reservas, capacidad de uso del suelo, entre otras) es fundamental asegurar la estandarización de datos y la consistencia en la proyección espacial, proporcionar metadatos detallados para comprender la calidad de los resultados, utilizar simbología clara para representar cada tipo de característica, realizar análisis espaciales para identificar patrones e interacciones, y documentar adecuadamente los procesos realizados. Estas prácticas promueven un manejo efectivo y responsable de la información agroambiental en ArcGIS.

El modelo espacial permite identificar y relacionar este tipo de datos con el fin de proporcionar herramientas para una mejor planificación de ordenamiento agroambiental del territorio, en este caso del municipio de Gachalá donde se llevan a cabo múltiples actividades no solo agrícolas sino también pecuarias en zonas donde el suelo evidencialmente no es apto o no cuenta con los requerimientos para establecer producciones que demandan características edáficas y climáticas específicas.

El municipio de Gachalá, Cundinamarca cuenta con un porcentaje promedio para la agricultura, en este caso se deben hacer procesos de recuperación de los suelos en las zonas de aptitud baja, como rotación de cultivos, sistemas silvopastoriles, entre otros. El mapa de aptitud del suelo pretende aportar al plan de ordenamiento agroambiental del territorio y beneficiar a la Alcaldía y los productores principalmente, brindando datos y herramientas sobre el uso de suelo y la conservación del ecosistema.

La mapificación es crucial para el análisis agrícola y permite a las entidades y agricultores tomar

decisiones sobre qué zonas son considerables para establecer cultivos, además el manejo de ArcGIS nos permite orientar sobre las zonas aptas para la implementación de técnicas de modelación espacial agroambiental y así mejorar la eficiencia en la gestión de recursos.

Es importante usar el suelo adecuadamente, el cuidado de este según el plan de ordenamiento agroambiental implica la implementación de prácticas sostenibles que preserven la calidad y fertilidad del suelo. Esto incluye el uso adecuado de técnicas de labranza, rotación de cultivos, control de erosión, manejo integrado de plagas y fertilización equilibrada. El objetivo es garantizar la productividad a largo plazo, minimizando el impacto negativo en el suelo y promoviendo un equilibrio entre la actividad agrícola y la conservación del medio ambiente.

REFERENCIAS

Ávila Pedraza, E. Á. (2016) Friabilidad de los suelos: Influencia de la mineralogía de la fracción arcilla y su relación con otras propiedades edáficas. Estudio de caso: Suelos cultivados en caña de azúcar del Valle del Cauca (Colombia) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Burgess, P.J., Graves, A., García de Jalón, S., Palma, J.H.N., Dupraz, C., van Noordwijk, M. (2019). Modeling agroforestry systems. In: Mosquera-Losada M.R., Prabhu, R. (Eds) Agroforestry for Sustainable Agriculture 209-238. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/333696631_Modelling_agroforestry_systems

Centro de Investigación para el Desarrollo (CID). (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial

Municipio de Gachalá. Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/14351/14392-1.pdf>

Conzález, M. E. P., & Rodríguez, M. P. G. (2013). Aplicaciones de la teledetección en la degradación de suelos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2024). Agrología. Potencial de uso del suelo. <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Ochoa, G., Malagón, D., Palacios, E., & Oballos, J. (2010). Caracterización morfológica, química y mineralógica de suelos de la región andina venezolana. Revista geográfica venezolana, 51(1), 31-44.

Santos, L. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, 4(3), 28-32. Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

ENLACE SUSTENTACIÓN

https://www.youtube.com/watch?v=NjCYL_-2G50