
EVALUACION DE APTITUD DE SUELO PARA EL CULTIVO DE FIQUE DE CALDONO, CAUCA, EMPLEANDO GEOPROCESAMIENTO Y TECNOLOGÍAS SIG

Hoover Pinillo Ortiz, hpinilloor@unadvirtual.edu.co

Ayda Soscue Dagua, asoscued@unadvirtual.edu.co

Docente Asesor: John Carlos Ruiz Caicedo, john.ruiz@unad.edu.co

RESUMEN

El municipio de Caldono, Cauca, enfrenta desafíos significativos en la gestión de su suelo, particularmente en relación con el cultivo del fique (*Furcrae macrophylla*), un producto agrícola crucial tanto económica como culturalmente. El objetivo principal del estudio es identificar las zonas más aptas para este cultivo utilizando geoprocesamiento y tecnologías SIG, específicamente el software ArcGIS. La metodología incluye la integración de datos ambientales, edáficos y climáticos, asignando pesos porcentuales a cada componente para asegurar un análisis equilibrado y preciso. El desarrollo del estudio implicó la creación de capas vectoriales y la clasificación de variables en una escala de 1 a 10, lo que permitió una evaluación detallada de la aptitud del suelo. Mediante el análisis en ArcGIS Pro, se generó un mapa de aptitud agrícola que clasifica las áreas de Caldono en términos de su idoneidad para el cultivo del fique. Los resultados muestran una distribución heterogénea de la aptitud del suelo en el municipio, con la

mayoría del territorio clasificado como de alta aptitud, lo que resalta el potencial agrícola de la región. Sin embargo, también se identificaron áreas con baja aptitud que requieren intervenciones específicas para mejorar su productividad. En conclusión, la metodología propuesta proporciona una herramienta efectiva para la planificación agrícola y la gestión sostenible del territorio, con el potencial de ser aplicada en otras regiones con condiciones similares.

PALABRAS CLAVE

Sistemas de información geográfica, Fique, Aptitud de suelo, zonas.

INTRODUCCIÓN

El análisis de aptitud de suelos para la agricultura es una herramienta fundamental para optimizar la producción agrícola y garantizar el uso sostenible de los recursos naturales. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en una tecnología esencial debido a su capacidad para integrar, analizar y visualizar grandes volúmenes de datos espaciales y no espaciales (Vargas, & Céspedes; 2019). Este tipo de herramientas permite la realización de evaluaciones detalladas del suelo, las condiciones climáticas y otros factores ambientales influyentes en la productividad agrícola, lo cual facilita la identificación de áreas propicias para una gran diversidad de cultivos y una mejor toma de decisiones en cuanto a la gestión del territorio y la planificación agrícola (Malczewski, 2004).

El municipio de Caldon, ubicado en el departamento del Cauca, es un territorio ampliamente productivo en materia agrícola, gracias a su rica biodiversidad y condiciones climáticas favorables. No obstante, según el Plan de Desarrollo Territorial (2020-2023), este municipio no cuenta con un Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) actualizado, lo que ha generado desconocimiento normativo y uso inadecuado de los suelos.

Esto subraya la necesidad urgente de determinar las zonas aptas para el establecimiento de sistemas agrícolas para el cultivo de fique, así como identificar zonas de reservas y protección y áreas en situación de riesgo. Hay que tener en cuenta que la producción del fique ocupa el segundo lugar en importancia debido al valor cultural y económico del mismo.

En este estudio, se emplearán técnicas de geoprocésamiento y análisis geoespacial mediante SIG para evaluar la aptitud de los suelos en el municipio de Caldon, Cauca. Esta evaluación se centrará en la zonificación de tierras agrícolas mediante la integración de diversos componentes: ambientales, edáficos y climáticos. El objetivo es identificar las áreas más aptas para la producción agrícola del cultivo de Fique (*Furcrae macrophylla*), promoviendo un desarrollo agrario eficiente y sostenible. La generación de un mapa de aptitud de suelos para la agricultura en el municipio de Caldon proporcionará una herramienta valiosa para la planificación territorial y el uso racional de los recursos naturales, contribuyendo así a la sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola local.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar las zonas de aptitud para el cultivo de fique (*Furcrae macrophylla*) en el municipio de Caldono Cauca para mejorar la planificación agrícola por medio de los geoprocetos en el software ArcGIS.

Objetivos Específicos

- Diseñar un modelo lógico para identificar los elementos clave que influyen en la aptitud del suelo para la agricultura en Caldono, Cauca.
- Elaborar un mapa de aptitud de suelos de características agroambientales del municipio de Caldono, Cauca, empleando geoprocetos (álgebra de mapas) en el software ArcGIS Pro.
- Evaluar y priorizar áreas para la implementación del cultivo de fique (*Furcrae macrophylla*) con prácticas agrícolas sostenibles en Caldono, Cauca

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El municipio de Caldono, ubicado en la vertiente occidental de la cordillera central en la zona Andina, específicamente en el sector nororiental del departamento del Cauca, enfrenta una serie de desafíos ambientales y económicos que requieren atención urgente. Situado a una altitud promedio de 1780 m.s.n.m., con una temperatura media de 18 °C

y una precipitación media anual de 2130 mm, Caldono se caracteriza por un relieve ondulado a quebrado y una extensión territorial de 373.98 km² (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023).

Según datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) del año 2012, el 78.11% del territorio municipal presenta conflictos de uso del suelo. Estos conflictos se desglosan en un 36.52% por sobreutilización, un 9.09% por subutilización, un 2.38% por áreas pantanosas, un 0.27% por obras civiles y urbanas, y un 25.55% por otros tipos de conflicto (IGAC, et al., 2012). Estos problemas de uso del suelo indican una gestión inadecuada que pone en riesgo la sostenibilidad ambiental y la productividad agrícola del municipio (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023).

Además, el 5.2% de la población de Caldono reside en la zona urbana, lo que podría determinar la demanda o el incremento de la franja de suelos de expansión municipal, suelo de protección y suburbano. La presión sobre las 5800 hectáreas de bosque natural debido a prácticas agrícolas y quemas indiscriminadas constituye una seria amenaza para la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas locales. Esta deforestación puede tener consecuencias devastadoras a largo plazo si no

se aborda adecuadamente (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023).

A pesar de la variedad de productos agrícolas presentes en la región y su riqueza hídrica, las características agrológicas de los suelos imponen limitaciones significativas a la explotación agrícola. Esta situación obstaculiza el desarrollo económico sostenible del municipio y reduce las oportunidades de ingresos para los agricultores locales. El municipio se destaca por su economía basada en la producción agropecuaria, con cultivos principales como el café, el fique, la caña panelera y una variedad de frutales (Flórez, et al; 2013).

El café, en particular, juega un papel fundamental en la economía del municipio, siendo el principal sistema productivo de la región. A pesar de las limitaciones en las características de los suelos, se observa un cambio en el enfoque de siembra, con una transición del monocultivo hacia asociaciones con otros cultivos y una creciente orientación hacia la producción orgánica (Flórez, et al; 2013). Este enfoque busca mejorar la rentabilidad de los agricultores y reducir el impacto ambiental negativo en el suelo y el agua. Por otro lado, el fique también desempeña un papel importante en la economía

local, con un sistema de comercialización establecido a través de compañías de empaque en Medellín y el Cauca. Sin embargo, las prácticas agrícolas actuales y la presión sobre los recursos naturales requieren una intervención adecuada para asegurar la sostenibilidad a largo plazo (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023).

En un contexto de creciente preocupación por el medio ambiente y la reducción de materiales contaminantes como el plástico, la fibra de fique ha emergido como una alternativa sostenible. Esto ha impulsado el fortalecimiento de los cultivos de fique en la comunidad. Para maximizar su potencial, es imprescindible identificar las áreas óptimas para su desarrollo y establecimiento, no solo para mitigar los impactos económicos negativos, sino también para proteger el ambiente en el municipio.

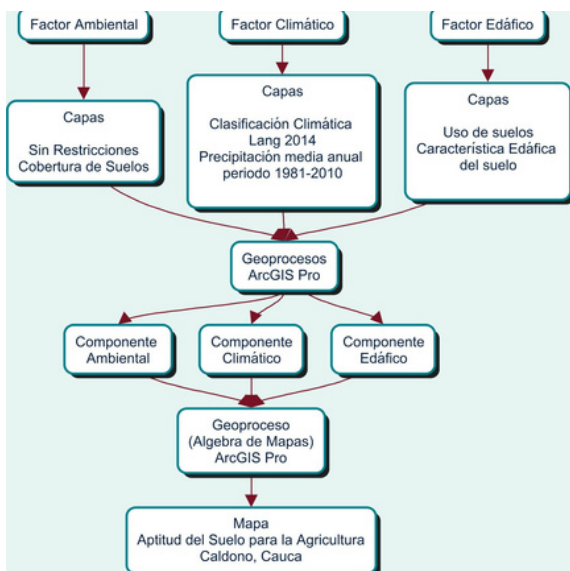
El estudio de esta problemática en Caldonó ofrece una oportunidad única para analizar los desafíos ambientales y económicos que enfrenta la región. Además, permite proponer soluciones y políticas de conservación que promuevan un desarrollo sostenible y equitativo en el municipio. La implementación de técnicas de geoprocésamiento y análisis geoespacial mediante SIG para evaluar la aptitud de los suelos es crucial para identificar las áreas más

adecuadas para la producción agrícola y fomentar un desarrollo agrario eficiente y sostenible.

METODOLOGÍA

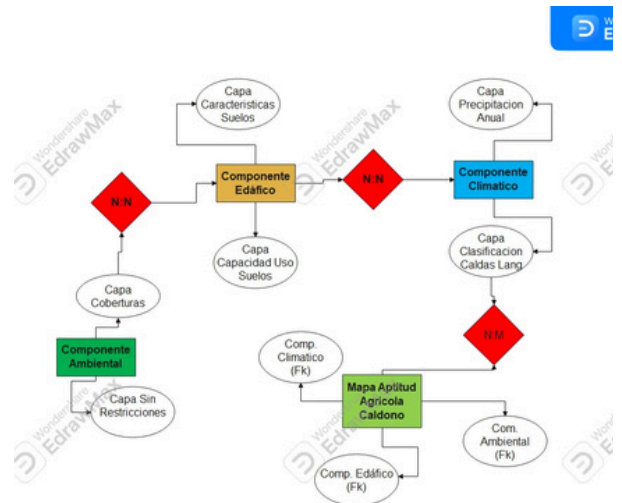
La metodología para el análisis de la aptitud de suelo para el cultivo de Fique en el municipio de Caldone, Cauca se basa en un modelo lógico que emplea geoprocesamiento y tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo principal es identificar las áreas aptas para la implementación de sistemas productivos de Fique. Para ello, se estructuraron tres componentes principales: Ambiental, Edáfico y Climático. A continuación, se detalla el procedimiento metodológico seguido:

Figura 1 Sucesión de Procesos y Análisis de Información en ArcGIS Pro



Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura2. Modelo Entidad – Relación



Fuente: Elaboración Propia, 2024

Tabla 1 Modelo Lógico:

Entidades	Atributos
Municipio Caldone	Código, área
Drenaje Doble	Nombre, estado del drenaje, longitud
Humedales	Área, <u>Nomah</u> , Grado Tran
Cobertura suelo	Código, Nivel 3
Reserva Forestal	Código, non ley2, área ha
Restricciones Técnicas	Código, Nivel 3
Restricciones Ambientales Técnicas	Categoría, área, <u>Nomah</u> , estado del drenaje
Sin Restricciones	Código, calificación
Coberturas de Suelo	Código, calificación
Suelos (Características edáficas)	Código, características, calificación
Capacidad de Uso Suelo	Código, uso recomendado, calificación
Clasificación climática Caldas Lang	Área, caldas Lang, calificación
Precipitación media total anual	Rango, área, calificación

Fuente: Elaboración Propia, 2024

Se definieron tres componentes fundamentales con sus respectivos pesos porcentuales de influencia para el cultivo de Fique, tal como se muestra en la Tabla 2:

METODOLOGÍA

UNAD

ECAPMA

Tabla 2: Peso de Influencia de Componentes sobre la Agricultura

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

Fuente: Elaboración Propia, 2024

Para cada componente, se emplearon capas vectoriales en formato Shapefile (SHP). La composición de cada componente fue la siguiente:

Componente Ambiental: incluye capas de humedales, reservas forestales, drenajes dobles y coberturas de tierras.

Componente Edáfico: incluye capas de características edáficas y capacidad de uso del suelo.

Componente Climático: incluye capas de clasificación climática Caldas-Lang 2014 y datos de precipitación media anual del período 1981-2010.

Una vez cargadas las capas en ArcGIS Pro, se realizaron los respectivos geoprocursos para generar cada componente y, finalmente, obtener el mapa de aptitud de suelos agrícolas para el cultivo de Fique en Caldon.

Clasificación de Variables

Para este modelo, las variables de los indicadores se clasificaron dentro de un rango numérico de 1 a 10, donde los valores cercanos a 10 indican mayor aptitud y los valores cercanos a 1 indican menor aptitud para establecer el cultivo de Fique.

Se asignaron pesos porcentuales específicos a cada indicador dentro de los componentes, como se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3: Peso de influencia de indicadores dentro de cada componente

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

Fuente: Elaboración Propia, 2024

Para realizar las operaciones necesarias, se utiliza el software ArcGIS Pro y la herramienta calculadora ráster. Esta herramienta permite aplicar un modelo matemático y rasterizar las imágenes vectoriales obtenidas de los geoprocursos. Se emplea la fórmula de media aritmética ponderada para calcular el indicador

compuesto (IC) de cada píxel, como se muestra a continuación:

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

Donde

IC= Indicador compuesto del píxel

I=indicador individual de cada componente comprendido en un rango de 1 a 10

W=peso porcentual del indicador

“IC” es el indicador compuesto del píxel (media aritmética), “I” es el indicador individual de cada componente (valores comprendidos entre 1 a 10), por ejemplo, los indicadores del componente climático de las capas de (Precipitaciones – Caldas Lang) y “w” es el peso porcentual asignado al indicador.

Teniendo en cuenta la tabla 5 se realiza una clasificación estandarizada para cada componente donde se puede evidenciar el tipo de aptitud presente en cada uno de ellos, para posteriormente realizar el análisis pertinente para determinar las zonas que presentan suelos aptos para la producción agrícola.

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	Red
Marginal	3 – 4,99	Orange
Baja	5 – 5,99	Yellow
Moderado	6 – 7,99	Light Green
Alta	8 - 10	Dark Green

Fuente: Elaboración Propia, 2024

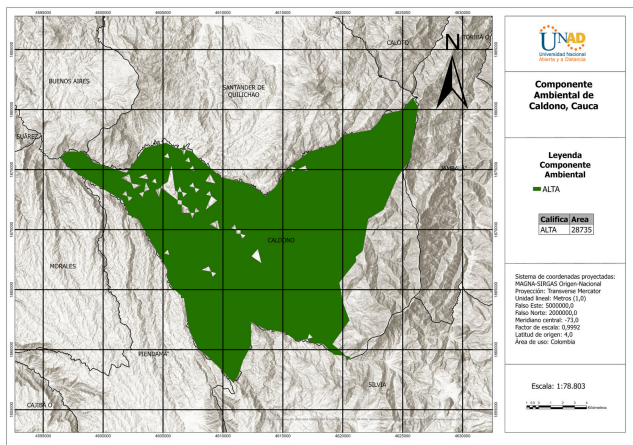
Esta metodología proporciona una estructura clara y precisa para evaluar la aptitud agrícola de los suelos para el cultivo de Fique en el municipio de Caldono, Cauca, mediante el uso de tecnologías SIG y geoprocésamiento.

RESULTADOS

Componente Ambiental

El análisis del componente ambiental se llevó a cabo utilizando capas vectoriales de "Sin restricciones" y "Coberturas de suelos". Estas capas tienen un peso de influencia sobre el establecimiento del cultivo de Fique del 40% y 60%, respectivamente. La clasificación obtenida indica que hay zonas con alta aptitud agrícola para el cultivo de Fique en el municipio de Caldono. Este componente evalúa las condiciones ambientales generales que no presentan restricciones significativas y las diversas coberturas de suelo, fundamentales para la actividad agrícola, que permiten establecer sistemas productivos enfocados en la producción de Fique.

Figura 3: Mapa Componente Ambiental

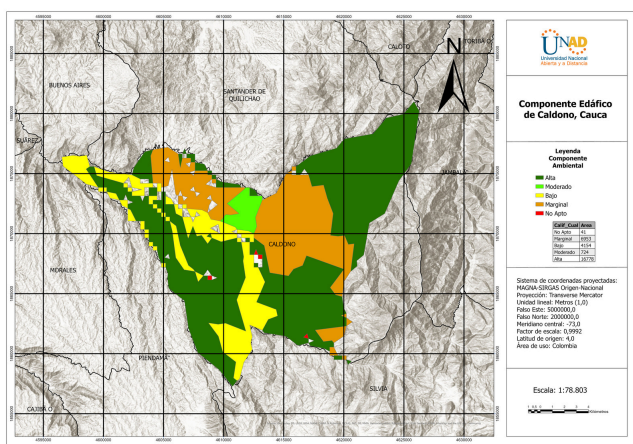


Fuente: Elaboración Propia, 2024

Componente Edáfico

El componente edáfico se construyó a partir de capas vectoriales que representan las "Características Edáficas" y la "Capacidad de Uso de Suelo". Estas capas tienen un peso de influencia del 45% y 55%, respectivamente. El análisis de este componente arrojó la siguiente clasificación de los suelos para el establecimiento de cultivos de Fique en el municipio de Caldoño:

Figura 4: Mapa Componente Edáfico



Fuente: Elaboración Propia, 2024

Tabla 5. Resultados Componente Edáfico

Clasificación Cualitativa	Área (hectáreas)
No Apto	41
Baja	4154
Marginal	6953
Moderado	724
Alta	16.778

Fuente: Elaboración propia, 2024

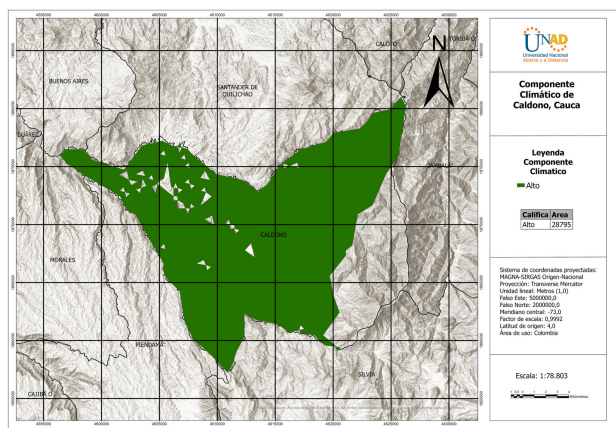
La clasificación edáfica proporciona una visión detallada de las propiedades del suelo, como su composición, estructura y capacidad para soportar diferentes tipos de cultivos. Las áreas clasificadas como "Alta" representan las zonas más aptas para la producción de Fique, mientras que "No Apto" señala áreas con limitaciones significativas.

Componente Climático

El componente climático se analizó utilizando las capas vectoriales de la "Clasificación Climática de Caldas - Lang 2014" y la "Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual" durante el periodo 1981-2010. Estas capas tienen un peso de influencia sobre la agricultura del 45% y 55%, respectivamente. El análisis del componente climático también identificó zonas con alta aptitud agrícola para la producción de Fique en el municipio de Caldoño. Este componente evalúa factores climáticos esenciales como la temperatura y la precipitación, que son cruciales para el

desarrollo de este tipo cultivos, que requieren de grandes cantidades de agua.

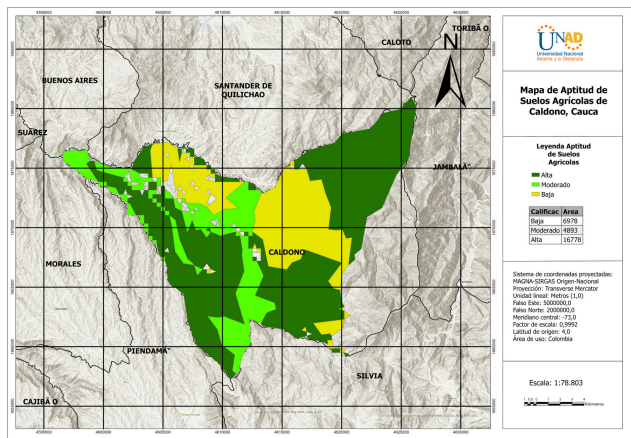
Figura 5: Mapa Componente Climático



Fuente: Elaboración Propia, 2024

Mapa de Aptitud Agrícola

Figura 6: Mapa de Aptitud Agrícola de las Tierras del Municipio de Caldoño



Fuente: Elaboración Propia, 2024

El mapa de aptitud agrícola se generó combinando los componentes ambiental, edáfico y climático, asignando un peso de influencia del 40%, 35% y 25%, respectivamente. La clasificación resultante de la aptitud de los suelos para establecer sistemas productivos de Fique, junto con sus áreas

correspondientes en hectáreas, es la siguiente:

Tabla 6. Resultados Mapa de Aptitud Agrícola

Clasificación Cualitativa	Área (hectáreas)
Baja	6978
Moderado	4893
Alta	16778

Fuente: Elaboración Propia, 2024

Este mapa final proporciona una visión integral de las zonas más aptas para la producción de cultivos de Fique en el municipio de Caldoño, facilitando la planificación y gestión sostenible de las actividades agrícolas. Las áreas clasificadas como "Alta" son las más propicias para la agricultura, mientras que las zonas "Baja" y "Moderado" requieren evaluaciones más detalladas para determinar las posibles limitaciones y oportunidades de mejora.

Los resultados de nuestro análisis de la aptitud de los suelos agrícolas para establecer el cultivo de Fique en el municipio de Caldoño, Cauca, revelaron una distribución heterogénea de las tres categorías de aptitud: baja, moderada y alta.

Aptitud Baja: Se encontró que aproximadamente el 24.28% del área total del municipio presenta una aptitud clasificada como baja. Esta categoría está asociada con

suelos que pueden tener limitaciones significativas para el cultivo debido a factores como la textura inadecuada, la baja fertilidad o problemas de drenaje.

Aptitud Moderada: Cerca del 17.02% del área del municipio se clasificó como de moderada aptitud. Estas áreas presentan condiciones intermedias en términos de aptitud agrícola y pueden requerir algunas mejoras o prácticas de manejo específicas para optimizar su productividad.

Aptitud Alta: La mayoría del área del municipio, aproximadamente el 58.70%, se clasificó como de alta aptitud. Estas áreas son adecuadas para una amplia gama de cultivos en especial la producción de Fique. Dichos suelos son fértiles, presentan buena textura y tienen un buen drenaje.

DISCUSIÓN

La distribución espacial de las diferentes categorías de aptitud de los suelos para el cultivo de Fique en Caldon, Cauca, refleja la complejidad de los factores que influyen en la productividad agrícola en la región.

Las áreas identificadas como de baja aptitud pueden ser el resultado de una combinación de factores, incluida la textura del suelo, la

fertilidad, el drenaje deficiente y la topografía desfavorable. La presencia de suelos arcillosos o pedregosos, con niveles bajos de nutrientes o propensos a encharcamiento, puede limitar severamente las opciones de cultivo y requerir medidas de manejo intensivas para su mejora (Anderson & Ingram, 1993; FAO, 2006).

Si bien las áreas de baja aptitud pueden presentar desafíos significativos, también representan oportunidades para la implementación de prácticas de manejo del suelo y la tierra que pueden mejorar su productividad a largo plazo. Estrategias como la aplicación de enmiendas orgánicas, la construcción de terrazas para controlar la erosión y la implementación de sistemas de drenaje mejorado pueden ayudar a transformar estas áreas en tierras más fértiles y productivas (Altieri, 2002; Tilman, 1999).

El enfoque en las áreas de alta aptitud no debe descuidar la importancia de mantener la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agrícolas. Es fundamental implementar prácticas de manejo que promuevan la conservación del suelo, la biodiversidad y la gestión sostenible del agua, incluso en las áreas de mayor aptitud. Además de los factores del suelo, es crucial tener en cuenta las condiciones

climáticas y la topografía al evaluar la aptitud de las tierras agrícolas. Las áreas con pendientes pronunciadas pueden ser susceptibles a la erosión, mientras que las variaciones climáticas pueden afectar la disponibilidad de agua y los patrones de cultivo. Integrar estos aspectos en la planificación agrícola puede ayudar a garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción (Pimentel & Kounang, 1998; Rosenzweig & Parry, 1994).

En resumen, este estudio proporciona una base sólida para la comprensión de la aptitud de los suelos agrícolas en el municipio de Caldon, Cauca, y destaca la importancia de abordar de manera integral los factores biológicos, físicos y climáticos que influyen en la productividad agrícola. Los resultados y las discusiones presentadas aquí pueden servir como punto de partida para futuras investigaciones y para informar la toma de decisiones en materia de planificación agrícola y gestión de recursos naturales en la región.

CONCLUSIONES

La evaluación de la aptitud de los suelos agrícolas para el cultivo de Fique en el municipio de Caldon, Cauca, mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), revela una distribución heterogénea de las

categorías de aptitud, con la mayoría del área clasificada como de alta aptitud.

Las áreas de baja aptitud presentan desafíos significativos, incluidos suelos con textura inadecuada, baja fertilidad y problemas de drenaje, que pueden limitar la productividad agrícola.

Se identificaron oportunidades de mejora en las áreas de baja aptitud a través de la implementación de prácticas de manejo del suelo y la tierra, como la aplicación de enmiendas orgánicas y la construcción de sistemas de drenaje mejorados.

La sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agrícolas deben ser consideradas en la planificación y gestión de tierras, incluso en áreas de alta aptitud, para garantizar la conservación de recursos naturales y la viabilidad a largo plazo de la agricultura.

RECOMENDACIONES

Desarrollar programas de capacitación y asistencia técnica para los agricultores en el manejo sostenible del suelo, incluyendo prácticas de conservación y manejo integrado de plagas y enfermedades.

Promover la diversificación de cultivos en áreas de alta aptitud para reducir la presión sobre los

recursos naturales y aumentar la resiliencia frente a eventos climáticos extremos.

Realizar estudios adicionales para evaluar el impacto del cambio climático en la aptitud de los suelos agrícolas y desarrollar estrategias de adaptación y mitigación adecuadas.

Mejorar la infraestructura de riego y drenaje en áreas con limitaciones de agua y problemas de encharcamiento para aumentar la eficiencia del uso del agua y prevenir daños por inundaciones.

Establecer sistemas de monitoreo y evaluación periódicos para seguir de cerca la evolución de la aptitud de los suelos agrícolas y ajustar las estrategias de manejo en consecuencia.

BIBLIOGRAFIA

- Altieri, M. A. (2018). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. CRC Press.
- Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1994). *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. CAB International.
- FAO. (2006). *Guidelines for Soil Description* (4th ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flórez Zambrano, A. N., Rodríguez Vásquez, A. F., Siachoque Bernal, R. F., & Fonseca Fino, F. (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios caso norte del departamento del Cauca.
- IGAC (2012). *Atlas de la propiedad rural en Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi & CEDE Universidad de Los Andes. Bogotá D.C., Colombia: IGAC.
- Lal, R. (2001). Soil Degradation by Erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519-539.
- Malczewski J (2004) GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progr. Planning* 62:3-65.
- Pimentel, D., & Kounang, N. (1998). Ecology of Soil Erosion in Ecosystems. *Ecosystems*, 1(5), 416-426.
- PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL 2020-2023. (s. f.). <https://www.caldonocauca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-territorial-20202023>
- Pretty, J., Toulmin, C., & Williams, S. (2012). Sustainable Intensification in African Agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 5-24.

Rosenzweig, C., & Parry, M. L. (1994). Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature*, 367(6459), 133-138.

Tilman, D. (1999). Global Environmental Impacts of Agricultural Expansion: The Need for Sustainable and Efficient Practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5995-6000.

Vargas Curaca, E. R., & Céspedes Paredes, R. (2019). Clasificación de suelos según la aptitud de riego en la estación experimental Patacamaya. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 72-80.

LINK VIDEO SUSTENTACION

YouTube: https://youtu.be/ZKJ_eNTJ-wg
