

Identificación de las Zonas Aptas para el Cultivo de Piña en el Municipio de Lebrija Santander por Medio del Uso de Técnicas de Modelación Espacial Agroambiental

Silvia Patricia Molina Gómez, spmolinag@unadvirtual.edu.co;

Nain David pallares Córdoba, Ndpallaresc@unad.edu.co;

Docente asesor: Luis Alejandro Ospina Sánchez, luisa.ospina@unad.edu.co.

Resumen

El estudio identifica áreas aptas para el cultivo de piña en Lebrija, Santander, Colombia, utilizando modelación espacial agroambiental. Se destacan las condiciones edáficas, climáticas y topográficas favorables, pero se señalan desafíos como la gestión inadecuada de residuos y el uso excesivo de agroquímicos. Se recomienda adoptar prácticas sostenibles y tecnologías avanzadas para optimizar el cultivo, reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad económica y ecológica. La colaboración entre agricultores y autoridades es crucial para implementar estas medidas.

Palabras Claves: Piña, modelación espacial, sostenibilidad, Lebrija, cultivo, agroambiental, tecnologías avanzadas, gestión de residuos.

Abstract

This study identifies suitable areas for pineapple cultivation in Lebrija, Santander, Colombia, using agro-environmental spatial modeling. The region has favorable edaphic, climatic, and topographic conditions, but faces challenges such as inadequate waste management and excessive agrochemical use. It recommends adopting sustainable practices and advanced technologies to optimize cultivation, reduce environmental impact, and enhance economic and ecological sustainability. Collaboration between farmers and authorities is crucial for implementing these measures.

Key Words: Pineapple, spatial modeling, sustainability, Lebrija, cultivation, agro-environmental, advanced technologies, waste management.

Introducción

La agricultura, como actividad fundamental en la economía rural, desempeña un papel crucial en la sostenibilidad ambiental y en el bienestar social de las comunidades. En este contexto, el cultivo de piña (*Ananas comosus*) se destaca en el municipio de Lebrija, Santander, Colombia, no solo por ser una de las principales actividades económicas, sino también por las oportunidades y desafíos que presenta en términos de manejo sostenible del suelo y los recursos naturales. Este artículo tiene como objetivo identificar las zonas aptas para el cultivo de piña en Lebrija utilizando técnicas de modelación espacial agroambiental, una herramienta poderosa para optimizar el uso del suelo y minimizar los impactos ambientales.

El municipio de Lebrija, conocido como "La capital Piñera de Colombia", se enfrenta a una serie de desafíos relacionados con la sostenibilidad del cultivo de piña. La gestión inadecuada de los residuos agrícolas y el uso intensivo de agroquímicos han generado preocupaciones ambientales significativas, como la reducción de la fertilidad del suelo y la contaminación de recursos hídricos. Además, la presión económica sobre los agricultores para mantener estándares de calidad y rendimiento complica aún más la situación, resaltando la necesidad de estrategias de manejo

más sostenibles.

En respuesta a estos desafíos, la modelación espacial agroambiental se presenta como una herramienta innovadora para la identificación de áreas óptimas para el cultivo de piña. Esta metodología permite integrar datos sobre condiciones edáficas, climáticas y topográficas, proporcionando una visión holística que puede guiar decisiones informadas sobre la ubicación de cultivos. Al identificar las áreas más adecuadas, se pueden implementar prácticas agrícolas que maximicen la productividad y minimicen el impacto ambiental, promoviendo una agricultura más sostenible y resiliente.

Este artículo, además de proponer un modelo de entidad-relación para la gestión de los cultivos de piña, desarrolla un conjunto de mapas que reflejan las condiciones ambientales, edáficas y climáticas del municipio de Lebrija. Estos mapas, creados a partir de datos geoespaciales y técnicas de análisis avanzadas, no solo identificarán las áreas más aptas para el cultivo, sino que también servirán como una herramienta estratégica para la planificación y gestión del uso del suelo. El resultado final será un mapa de aptitud del suelo para el cultivo de piña, el cual contribuirá a una mejor gestión de los recursos agrícolas en la región.

Objetivos***Objetivo General***

Identificar las zonas aptas para el cultivo de piña en el municipio de Lebrija, Santander por medio del uso de técnicas de modelación espacial agroambiental

Objetivos Específicos

Crear un modelo entidad – relación de lo necesario para un cultivo de piña en el municipio de Lebrija, Santander.

Realizar el proceso de modelación espacial agroambiental que expone la aptitud del suelo del municipio de Lebrija, Santander para el cultivo de piña.

Caso de Estudio

El municipio de Lebrija, en el departamento de Santander, Colombia, se destaca como una región de gran importancia para el cultivo de piña (*Ananas comosus*), siendo una de las principales actividades económicas de la zona. Este cultivo es crucial no solo para la economía local sino también para el sustento de muchas familias en la región. Sin embargo, la gestión de residuos agrícolas y el uso de agroquímicos presentan desafíos ambientales significativos. Estos problemas incluyen la reducción de la fertilidad del suelo y la contaminación de recursos hídricos, factores que afectan la sostenibilidad a

largo plazo de esta actividad agrícola (Díaz et al., 2020).

Las condiciones edáficas y climáticas de Lebrija son ideales para el cultivo de piña, que prospera en altitudes entre 800 y 1200 metros sobre el nivel del mar y en suelos con buena aireación y un pH óptimo entre 5 y 5,8. Estas características, junto con la topografía adecuada, permiten un desarrollo eficiente del cultivo. Sin embargo, el manejo adecuado del terreno es crucial para prevenir la erosión y mantener la calidad del suelo, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas (DANE, 2016).

El uso de agroquímicos, particularmente insecticidas químicos, ha sido una práctica común en el cultivo de piña en la región. No obstante, estos productos presentan un problema ambiental significativo debido a su baja degradabilidad, lo que puede llevar a la acumulación de residuos tóxicos en el suelo y el agua. Esta situación no solo afecta la salud del ecosistema local, sino que también tiene implicaciones para la salud humana, a través de la contaminación del agua y los alimentos (Zambrano, 2019).

La gestión de residuos agrícolas es otro desafío crítico. Actualmente, los residuos del cultivo de piña se gestionan a menudo mediante quemadas, una práctica que contribuye a la

contaminación atmosférica y reduce la calidad del suelo. Sin embargo, existen oportunidades para mejorar esta situación mediante la implementación de prácticas más sostenibles, como el compostaje de residuos, que podría mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (Toro, 2014).

A pesar de estos desafíos, el cultivo de piña en Lebrija también presenta importantes oportunidades. La identificación de zonas aptas para el cultivo, utilizando técnicas de modelación espacial agroambiental, puede ayudar a optimizar el uso del suelo y a promover prácticas agrícolas más sostenibles. Esta aproximación no solo mejoraría la rentabilidad de los cultivos, sino que también contribuiría a la mitigación de los impactos ambientales negativos (Cáceres & García, 2022).

Además, la adopción de tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de información geográfica, puede mejorar la gestión de los cultivos de piña. Estas tecnologías permiten un monitoreo más preciso de las condiciones del suelo y el clima, facilitando la toma de decisiones informada y reduciendo el uso innecesario de insumos agrícolas. La integración de estas herramientas en la gestión agrícola podría ser un

podría ser un paso significativo hacia una agricultura más sostenible y eficiente en la región (Cáceres & García, 2022).

La sostenibilidad del cultivo de piña en Lebrija depende de una gestión integrada de los recursos naturales y la implementación de prácticas agrícolas sostenibles. Esto incluye el manejo adecuado de residuos, la reducción del uso de agroquímicos y la conservación de la biodiversidad del suelo. A largo plazo, estas medidas no solo benefician al medio ambiente, sino que también aseguran la viabilidad económica del cultivo, proporcionando beneficios a las comunidades locales y fortaleciendo la economía regional (Toro, 2014).

En conclusión, es esencial que los agricultores, en colaboración con autoridades locales y otros actores, desarrollen estrategias integrales para abordar los desafíos del cultivo de piña en Lebrija. La modelación espacial agroambiental y la adopción de tecnologías avanzadas son herramientas clave para lograr una gestión más sostenible y eficiente de los recursos agrícolas, garantizando así la sostenibilidad económica y ambiental del cultivo de piña en la región (Díaz et al., 2020).

Metodología

Para alcanzar el objetivo de la investigación

se establecieron inicialmente las zonas de restricciones para el cultivo de piña en el municipio de Lebrija, Santander. Estas áreas comprendían zonas con drenajes dobles, humedales, parques nacionales naturales, áreas boscosas, urbanas y mineras, todas ellas identificadas como no aptas para la agricultura intensiva debido a su importancia para la conservación ambiental y la biodiversidad, o debido a las restricciones legales y técnicas. La identificación de estas zonas se realizó mediante el uso de herramientas de geoinformación y análisis espacial, específicamente utilizando el programa QGIS para la modelación espacial de datos, integrando información de múltiples fuentes para asegurar una cobertura completa y precisa.

Posteriormente, se aplicó una diferencia simétrica para determinar las áreas del municipio que no presentaban restricciones significativas para el cultivo de piña. Este proceso permitió la identificación del "área libre de restricciones", que representaba las zonas potencialmente adecuadas para la agricultura. La precisión en esta etapa fue crucial para asegurar que todas las áreas de interés fueran correctamente identificadas y evaluadas, permitiendo un enfoque focalizado en las zonas con mayor potencial agrícola. Todo esto fue facilitado por las capacidades de análisis espacial

del QGIS, que proporcionó una plataforma robusta para el manejo y procesamiento de los datos geoespaciales.

Sobre estas zonas libres de restricciones, se extrajeron y analizaron los componentes ambiental, edáfico y climático. El componente ambiental incluyó factores como la topografía, la cobertura vegetal y la disponibilidad de recursos hídricos. El componente edáfico se centró en características del suelo como la textura, la fertilidad, el pH y la capacidad de retención de agua, mientras que el componente climático consideró aspectos como la temperatura, la precipitación y la radiación solar. Estos componentes fueron integrados en un modelo de evaluación de la aptitud del suelo, desarrollado también en QGIS, lo que permitió un análisis detallado y una comprensión profunda de las condiciones necesarias para el cultivo de piña en la región.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se categorizaron las zonas según su aptitud para el cultivo de piña, utilizando las clasificaciones de no apta, marginal, baja, moderada y alta. Esta categorización se realizó utilizando un enfoque cuantitativo, donde cada zona fue evaluada en función de un conjunto de criterios predefinidos, y se le asignó una categoría

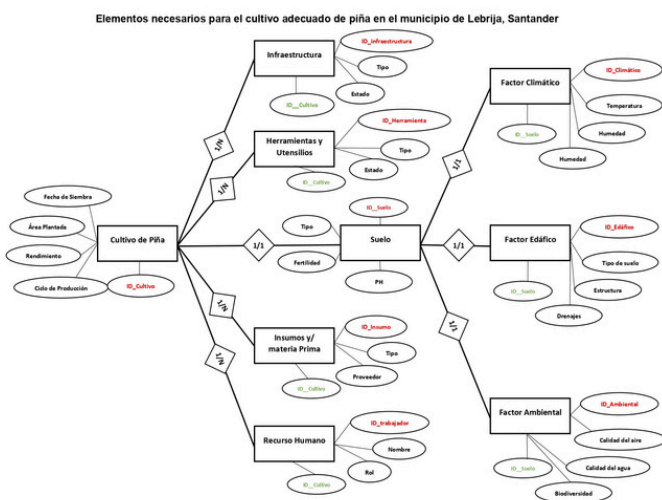
correspondiente. Los resultados fueron mapificados utilizando QGIS, creando representaciones visuales que facilitaron la comprensión de los datos y la toma de decisiones. Estos mapas sirvieron como herramientas fundamentales para guiar a agricultores y planificadores locales en la gestión sostenible del territorio en Lebrija, promoviendo prácticas agrícolas que maximizasen la productividad y minimizasen el impacto ambiental.

Modelamiento y Geoprocesos

Se inició estableciendo el modelo entidad-relación que expone los elementos necesarios para el cultivo de piña en el municipio de Lebrija, Santander.

Figura 1.

Modelo entidad-relación cultivo de piña

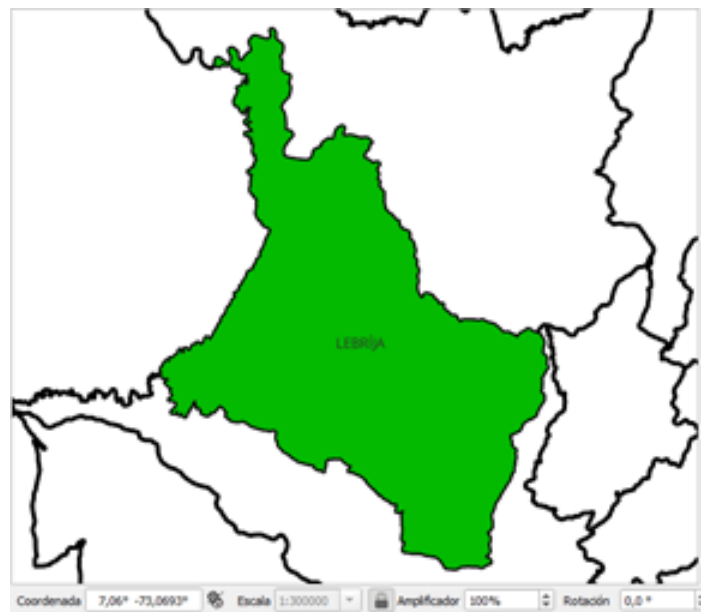


Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se empezó la modelación espacial agroambiental, delimitando la zona sobre la que se haría el estudio, en este caso, el municipio de Lebrija, Santander.

Figura 2.

Delimitación del municipio de Lebrija, Santander



Fuente: Elaboración propia.

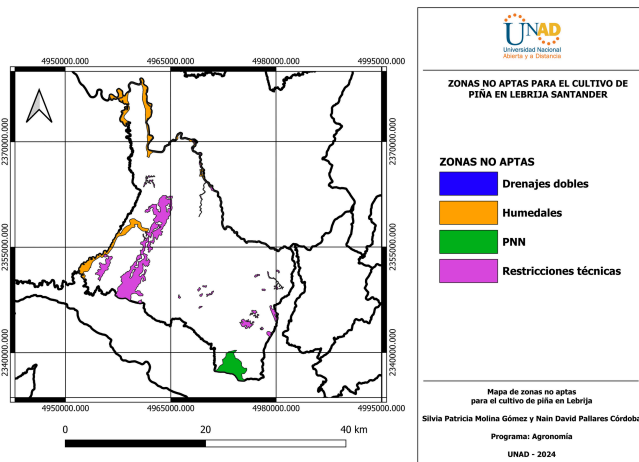
Posteriormente, se integran y cortan a la medida del municipio, todas las capas de restricciones ambientales y técnicas donde no podría establecerse un cultivo de piña.

Con la unificación de las restricciones y haciendo una diferencia con la delimitación del municipio, se puede extraer la capa “sin restricciones” la cual se utilizó junto con la capa de cobertura de suelos de la zona sin restricciones

para hacer el componente ambiental; primer elemento necesario para establecer la aptitud del suelo para el cultivo de piña en Lebrija Santander.

Figura 3.

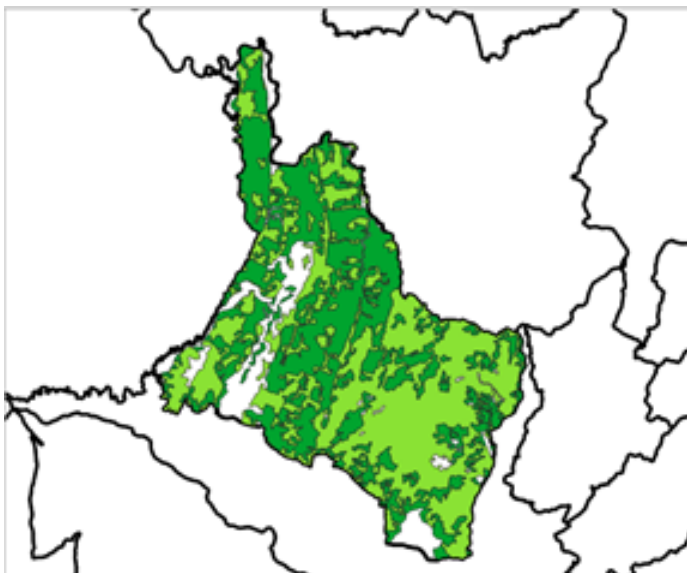
Restricciones técnicas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.

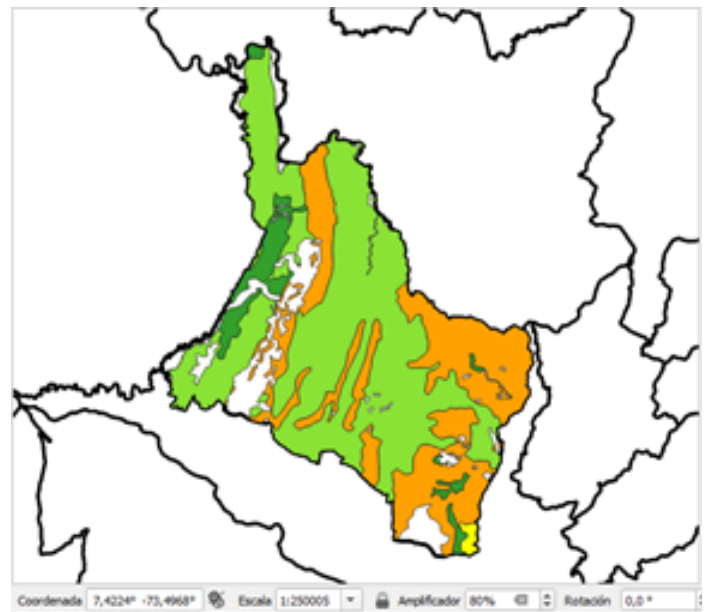
Componente ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a crear el componente edáfico agregando las capas de suelos y de capacidad de uso del suelo, aplicando la fórmula establecida de manera genérica para lograr así el resultado esperado.

Figura 5.



Fuente: Elaboración propia.

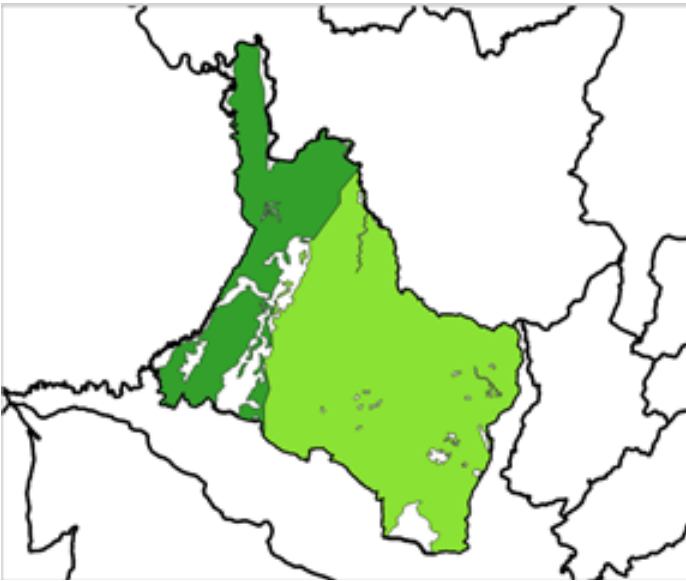
Completando este segundo paso y obteniendo el segundo elemento para poder establecer la aptitud del suelo, se procede a crear la capa del componente climático, ítem faltante para la realización del proceso final que da como resultado la aptitud del suelo.

Luego de haber realizado los procesos para determinar el componente ambiental, el componente edáfico y el componente climático, se

cuentan con todos los elementos para hacer el respectivo cálculo de la aptitud del suelo del municipio de Lebrija, Santander para el cultivo de piña.

Figura 6.

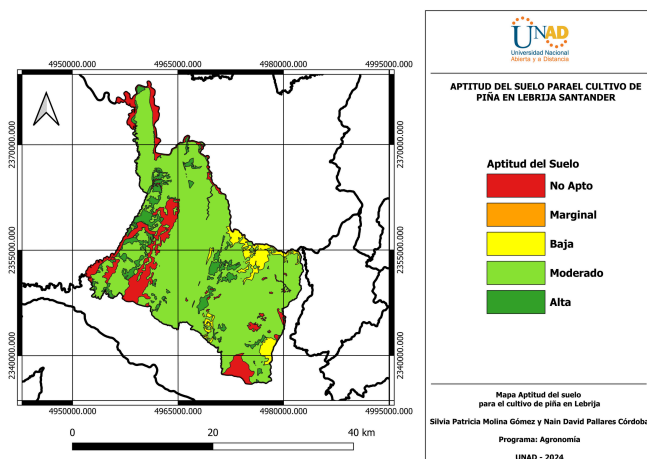
Componente Climático



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Aptitud del suelo del municipio de Lebrija Santander para el cultivo de piña



Fuente: Elaboración propia.

De esa manera se establecen las zonas aptas para el cultivo de piña en el municipio de Lebrija, Santander.

Resultados

El análisis de la aptitud del suelo para el cultivo en el municipio de Lebrija se realizó considerando componentes ambientales, edáficos y climáticos. El componente ambiental abarca factores como la cobertura vegetal, la biodiversidad y la conservación de recursos naturales, que influyen en la capacidad del suelo para soportar actividades agrícolas sin deteriorar el entorno. El componente edáfico se refiere a las características del suelo, incluyendo textura, composición, fertilidad y pH, que son cruciales para el crecimiento saludable de los cultivos. Por último, el componente climático evalúa la temperatura, precipitación y radiación solar, factores esenciales para determinar las condiciones de crecimiento.

Luego de integrar estos componentes, se identificaron diversas zonas con diferentes niveles de aptitud para la agricultura en Lebrija. Estas zonas se clasificaron en cinco categorías: Alta, Moderada, Baja, Marginal y No apta, según su idoneidad para el cultivo. La categoría Alta abarca 550,329 km², representando el 10% del área total del municipio. Esta zona tiene condiciones

ideales de suelo y clima, lo que la hace altamente productiva para el cultivo de piña.

La zona Moderada cubre un área de 4199,84 km², equivalente al 76,3% del área total del municipio. Aunque presenta buenas condiciones para el cultivo, esta área requiere algunas mejoras, como la gestión del agua y el control de la erosión, para optimizar su productividad. La Baja aptitud se encuentra en un área de 249,73 km², lo que constituye el 4,5% del área total. Esta zona presenta limitaciones significativas, como suelos pobres en nutrientes y problemas de drenaje, que dificultan el cultivo sin intervenciones agronómicas intensivas.

La categoría Marginal ocupa un área de 20,40 km², representando solo el 0,37% del territorio. Estos suelos tienen serias restricciones que los hacen poco viables para la agricultura, siendo más apropiados para usos alternativos como la silvicultura o la conservación.

Finalmente, la zona No apta abarca 496,19 km², es decir, el 9% del área total. Esta categoría incluye áreas con restricciones significativas para la agricultura, como drenajes dobles, humedales, parques nacionales naturales, zonas boscosas, urbanas o mineras, donde el uso agrícola es impracticable o está prohibido por razones de conservación ambiental.

Los resultados subrayan la importancia de una planificación cuidadosa y el manejo sostenible del suelo en Lebrija. La gran extensión de tierras con aptitud alta y moderada para la agricultura destaca el potencial del municipio para la producción agrícola, particularmente de cultivos como la piña. Sin embargo, las áreas con baja, marginal o no aptitud indican la necesidad de implementar medidas de conservación y gestión para evitar la degradación del suelo y promover un uso sostenible de los recursos.

Conclusiones

El estudio realizado en el municipio de Lebrija, Santander, ha demostrado que una parte significativa del territorio es apta para el cultivo de piña, destacando la importancia de la modelación espacial agroambiental para la identificación de zonas adecuadas. La integración de datos sobre condiciones edáficas, climáticas y topográficas permitió una evaluación exhaustiva, revelando que el 10% del área es altamente apta para la agricultura. Estas áreas ofrecen condiciones ideales de suelo y clima, lo que sugiere un alto potencial productivo para el cultivo de piña en la región.

Las áreas clasificadas con aptitud moderada, que abarcan el 76,3% del municipio, indican que, aunque existen buenas condiciones

para el cultivo, se requieren intervenciones para optimizar el uso del suelo. Estas intervenciones pueden incluir mejoras en la gestión del agua y medidas de control de erosión, cruciales para mantener la productividad agrícola a largo plazo. Este hallazgo subraya la importancia de las prácticas de manejo sostenible para maximizar el rendimiento sin comprometer la calidad del suelo.

Las zonas identificadas con baja y marginal aptitud, representando el 4,5% y 0,37% del área total respectivamente, presentan desafíos significativos para la agricultura. Estas áreas suelen tener limitaciones severas como suelos pobres en nutrientes y problemas de drenaje. La viabilidad de estas zonas para la agricultura intensiva es limitada, y se recomienda explorar usos alternativos como la silvicultura o la conservación del suelo, que pueden ofrecer beneficios ecológicos y económicos.

La categoría de áreas no aptas, que cubre el 9% del territorio, incluye regiones con restricciones importantes para la agricultura, tales como zonas de drenajes dobles, humedales, parques nacionales naturales, y áreas urbanas o mineras. Estas zonas son esenciales para la conservación ambiental y requieren protección continua para mantener su biodiversidad y funciones ecológicas. Este resultado destaca la

necesidad de una planificación territorial que equilibre el desarrollo agrícola con la conservación ambiental.

El uso de QGIS como herramienta de modelación espacial fue crucial en este estudio, permitiendo la integración y análisis de datos complejos para la toma de decisiones informadas. La visualización de los resultados a través de mapas facilitó la identificación clara de las zonas aptas para el cultivo y proporcionó una base sólida para futuras estrategias de uso del suelo. La precisión y accesibilidad de estas herramientas subrayan su valor en la planificación agrícola y la gestión de recursos naturales.

Recomendaciones

Para mejorar la sostenibilidad del cultivo de piña en Lebrija, es crucial adoptar prácticas agrícolas más sostenibles. Esto incluye la implementación de rotaciones de cultivos que puedan mejorar la fertilidad del suelo y reducir el riesgo de plagas y enfermedades. Además, el uso de fertilizantes orgánicos en lugar de agroquímicos convencionales puede ayudar a mantener la salud del suelo, reducir la contaminación y mejorar la calidad de los productos agrícolas.

Se recomienda también la adopción de tecnologías avanzadas, como sensores de suelo y sistemas de información geográfica (SIG), para el

monitoreo continuo de las condiciones del suelo y el clima. Estas herramientas pueden proporcionar datos en tiempo real, permitiendo a los agricultores ajustar sus prácticas de manejo de manera más precisa y eficiente. La capacitación en el uso de estas tecnologías es fundamental para su efectiva integración en las prácticas agrícolas diarias.

Es importante fomentar la gestión adecuada de residuos agrícolas, como los residuos del cultivo de piña. En lugar de quemar estos residuos, que es una práctica común pero insostenible, se sugiere el uso de técnicas de compostaje. El compostaje no solo reduce la cantidad de residuos, sino que también produce abono orgánico que puede mejorar la fertilidad del suelo y reducir la necesidad de fertilizantes químicos, promoviendo una agricultura más ecológica.

La conservación de áreas no aptas para la agricultura, como humedales y parques nacionales, debe ser una prioridad. Estas zonas son cruciales para la biodiversidad y ofrecen importantes servicios ecosistémicos, como la regulación del agua y la conservación del suelo. Se recomienda la implementación de políticas de protección ambiental que restrinjan las actividades agrícolas y otras intervenciones humanas en estas

áreas.

La colaboración entre agricultores, autoridades locales y organizaciones ambientales es esencial para el desarrollo de estrategias de gestión sostenible de los recursos agrícolas. Esta cooperación puede facilitar la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, la adopción de nuevas tecnologías y la conservación de recursos naturales. Además, las políticas públicas deben apoyar estas iniciativas, proporcionando incentivos y recursos para la transición hacia una agricultura más sostenible.

Finalmente, se recomienda la continua investigación y monitoreo de las condiciones agrícolas en Lebrija. Las dinámicas climáticas y de suelo pueden cambiar con el tiempo, y es importante adaptar las prácticas agrícolas a estas variaciones para asegurar la sostenibilidad a largo plazo. La inversión en investigación agrícola, educación y capacitación es esencial para mantener la competitividad de la agricultura en la región y para proteger el medio ambiente.

Video Sustentación

<https://drive.google.com/drive/folders/12YdSjY58FjwiwZ3OX3z15e0TJqYzLvmF?usp=sharing>

Bibliografía

Cáceres Salas, A. V., & García Ardila, N. S. (2022). Potencial de aplicación de la Agricultura

4.0 para la producción de piña en Santander
(Trabajo de grado en modalidad de monografía).
Unidades Tecnológicas de Santander.

Departamento Administrativo Nacional de
Estadística. (2016). Boletín mensual: Insumos y
factores asociados a la producción agropecuaria
(Núm. 54). DANE.

Díaz Lizarazo, D. L., Galindo España, G.
M., Correa, S. N., Gómez, U. E., & Gómez
Forero, D. T. (2020). Análisis de la estructura
económica y ambiental de los residuos del cultivo
de la piña en una zona de Lebrija, Santander.
Universidad Pontificia Bolivariana.

Toro Beleño, L.F. (2014). Análisis de la
gestión empresarial agrícola en el municipio de
Lebrija, Santander. Ediciones Universidad
Nacional. ISBN: 978-958-8646-86-5.

Zambrano Monsalve, B. Y. (2019). Análisis
de cambios en las propiedades fisicoquímicas y
microbiológicas de un suelo cultivado con piña y
sometido a la fumigación con insecticida químico
y biológico en el municipio de Lebrija, Santander
(Trabajo de grado,
