

ANÁLISIS DE LOS DRENAJES DOBLES Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DE CAFÉ EN LOS MUNICIPIOS JARDÍN, FREDONIA, CONCORDIA, TÁMESIS Y ANDES DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA CON EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Autores: Alba Estella Sanchez Arismenda

Aesanchezar@Unadvirtual.Edu.Co;

Juan pablo Yandun Giraldo

Jpyansung@Unadvirtual.Edu.Co;

Docente asesor: John Carlos Ruiz Caicedo, John.Ruiz@unad.edu.co

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en evaluar cómo los sistemas de drenaje doble afectan la producción de café en la región de Antioquia, Colombia. Esta investigación es significativa debido a la prominencia de Antioquia en la caficultura nacional y su diversa geografía que favorece la práctica de cultivo de café de alta calidad.

El estudio se basa en identificar las áreas con drenajes dobles en los municipios seleccionados y su posible influencia en el cultivo de café utilizando sistemas de información geográfica (SIG). Entonces, el uso de análisis espaciales y herramientas SIG para delimitar áreas con drenajes dobles, determinar las zonas específicas donde estos drenajes impactan significativamente en el cultivo de café, y recomendar análisis para futuros proyectos agrícolas cercanos a los drenajes dobles.

La metodología empleada en este proyecto implica el uso del software SIG QGIS para realizar un análisis espacial detallado del área de Antioquia. Se ha prestado especial atención a los municipios de Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia, Támesis y Andes, utilizando capas en formato SHP para identificar los drenajes dobles y su relación con las zonas de cultivo de café. El análisis se ha complementado con el método de Mora y Vahrson para una evaluación integral del paisaje, incluyendo

la recolección de datos geospaciales y el análisis de factores hidrológicos a través de SIG.

Los resultados de este estudio subrayan la importancia crucial de los sistemas de drenaje doble en la agricultura de zonas con lluvias intensas como Antioquia. Se ha encontrado que estos sistemas son fundamentales para manejar tanto el agua superficial como del subsuelo, previniendo la saturación del suelo y la lixiviación excesiva de nutrientes, factores clave para la salud y productividad de las plantaciones de café. Además, se ha destacado la relevancia de un equilibrio adecuado en el diseño y mantenimiento de estos sistemas para asegurar la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en la producción de café.

Este proyecto aporta un conocimiento valioso sobre la gestión sostenible de recursos hídricos en la caficultura de Antioquia y ofrece recomendaciones prácticas para mejorar la productividad y sostenibilidad ambiental de esta importante industria en Colombia. La implementación de estas recomendaciones puede tener un impacto significativo en el fortalecimiento de la caficultura en la región, considerando tanto las características físicas del terreno como los desafíos impuestos por el cambio climático.

Palabras Clave: Drenajes Dobles, Cultivo de Café, Antioquia, Sistemas de Información Geográfica, Análisis Espacial, Agricultura Sostenible.

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar las áreas con drenajes dobles en los municipios de Jardín, Fredonia, Concordia, Támesis y Andes del departamento de Antioquia y su posible influencia en el cultivo de café utilizando sistemas de información geográfica

Objetivos Específicos

Utilizar análisis espaciales y herramientas SIG para identificar y delimitar áreas con drenajes dobles cerca a municipios importantes en producción de café

Determinar las zonas específicas dentro de los municipios seleccionados donde los drenajes dobles tienen un impacto significativo en el cultivo de café.

Recomendar análisis para posibles proyectos agrícolas cerca de los drenajes dobles.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación académica se centra en la identificación y análisis de una problemática ambiental crucial: la eficacia de los sistemas de drenaje doble en la producción de café en el departamento de Antioquia, Colombia. Antioquia, reconocida por su destacada contribución a la caficultura nacional, alberga municipios como Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia y Támesis, célebres por sus prácticas de cultivo de café de alta calidad

(García & López, 2021). Estos municipios, enriquecidos por una geografía diversa y condiciones climáticas ideales, no solo impulsan la economía local, sino que también son emblemáticos destinos turísticos que exaltan la cultura del café (Martínez, 2019).

En este contexto, los sistemas de drenaje doble emergen como elementos fundamentales para el manejo del agua superficial y del subsuelo, especialmente en zonas de lluvias intensas (Pérez & Sánchez, 2020). La problemática se centra en hallar un balance entre la prevención de la saturación del suelo y sus enfermedades fúngicas asociadas y la evitación de la lixiviación excesiva de nutrientes, vital para mantener la fertilidad del suelo (Hernández, 2018). Este proyecto se propone analizar el impacto de estos sistemas de drenaje en la sostenibilidad y productividad de las plantaciones de café en Antioquia, enfocándose en aspectos como el manejo de aguas en terrenos inclinados, la variabilidad y el cambio climático, y el diseño y mantenimiento de drenajes (Ramírez & Torres, 2022).

Los sistemas de drenaje doble son fundamentales en la agricultura, especialmente en regiones con lluvias intensas como Antioquia. Estos sistemas ayudan a manejar tanto el agua superficial como del subsuelo, previniendo la saturación del suelo y evitando la lixiviación excesiva de nutrientes, esenciales para la fertilidad del suelo (Calderón, Y. C., 2021).

La implementación de modelos espaciales y el análisis de factores hidrológicos a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) son cruciales para entender el flujo de agua y su impacto en las áreas de cultivo. Estos modelos pueden proporcionar información valiosa para mejorar las prácticas de drenaje y la gestión del agua en la agricultura de café (Universidad Javeriana, 2021).

Los materiales y métodos aplicados incluyen un estudio detallado del área de Antioquia, con especial atención a los municipios de Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia, Támesis y Andes. Se aplicará el método de Mora y Vahrson para un análisis integral del paisaje, complementado con la recolección de datos geoespaciales y el análisis de factores hidrológicos a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Mora & Vahrson, 2017). Además, se implementarán modelos espaciales para simular el flujo de agua y su impacto en las áreas de cultivo (Castro & Gómez, 2020). A través de este estudio, se espera contribuir significativamente al conocimiento sobre la gestión sostenible de recursos hídricos en la caficultura de Antioquia, aportando soluciones prácticas y efectivas para mejorar tanto la productividad como la sostenibilidad ambiental de esta importante industria en Colombia (Duque & Alzate, 2021).

IDENTIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El departamento de Antioquia, Colombia, se destaca por su significativa contribución a la caficultura nacional. La región es hogar de municipios como Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia y Támesis, conocidos por sus prácticas de cultivo de café de alta calidad. Estos municipios se benefician de una geografía diversa y condiciones climáticas ideales, siendo fundamentales no solo para la economía local sino también como destinos turísticos que celebran la cultura del café.

Un problema significativo en el cultivo de café en Antioquia es el manejo inadecuado de los residuos del proceso de producción, como las aguas mieles y la pulpa de café. El mucílago presente en las aguas mieles

tiene un alto grado de contaminación, lo que puede afectar negativamente a los suelos y fuentes hídricas. Sin un manejo adecuado, estos residuos pueden llevar a la lixiviación excesiva de nutrientes y a la saturación del suelo, lo que a su vez puede inducir a enfermedades fúngicas en las plantas de café. Para abordar estos problemas, se han implementado sistemas de tratamiento de aguas mieles y procesadoras de pulpa de café en Antioquia, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental del sector cafetero (juanpaz.net, 2023).

La eficacia de los sistemas de drenaje doble en la producción de café. Aunque estos sistemas son cruciales para manejar el agua superficial y del subsuelo, especialmente en zonas con lluvias intensas, enfrentan desafíos significativos. La problemática gira en torno a encontrar un equilibrio entre prevenir la saturación del suelo (y las enfermedades fúngicas relacionadas) y evitar la lixiviación excesiva de nutrientes, crucial para mantener la fertilidad del suelo.

El cambio climático es otro factor crítico que afecta la producción de café en Antioquia. Con el incremento simultáneo de la temperatura y la precipitación debido al calentamiento global, se espera una disminución en la producción de café y un aumento en los problemas fitosanitarios debido al incremento de la humedad relativa. La variabilidad climática puede afectar la disponibilidad de agua, lo que agrava el problema de la lixiviación de nutrientes y la saturación del suelo. Además, se proyecta que para el año 2050, la superficie apta para el cultivo de café podría disminuir significativamente, lo que tendría un impacto considerable en los caficultores de la región (lapatria.com, 2023).

Este proyecto busca analizar el impacto de los sistemas de drenaje doble en la sostenibilidad y productividad de las plantaciones de café en Antioquia respecto a los desafíos que pueden surgir y se puedan manejar al identificar a este tipo de drenajes

SE VUELVE MUY IMPORTANTE CUANDO

La eficacia de los sistemas de drenaje doble en plantaciones de café en terrenos inclinados y en áreas de alta variabilidad climática es crucial. Según estudios de la Universidad de Antioquia, el diseño adecuado de estos sistemas debe considerar factores como la topografía, el tipo de suelo y el patrón climático de la región. Un mantenimiento regular y evaluaciones detalladas son necesarios para asegurar que estos sistemas sean eficientes en la prevención de la lixiviación excesiva de nutrientes y la saturación del suelo, que pueden conducir a enfermedades fúngicas en las plantas de café (Universidad de Antioquia).

Estas perspectivas refuerzan la importancia de un manejo integral del agua en la caficultura de Antioquia, considerando tanto las características físicas del terreno como los retos impuestos por el cambio climático. Es esencial que los sistemas de drenaje doble sean diseñados y mantenidos con un enfoque en la sostenibilidad y adaptabilidad a las condiciones locales para garantizar la productividad y sostenibilidad de las plantaciones de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar un análisis detallado de la influencia de los sistemas de drenaje doble en la producción de café en Antioquia, se empleó el programa QGIS. Este software de Sistema de Información Geográfica permitió realizar un análisis espacial detallado de la región.

Inicialmente, se hicieron recortes en el departamento de Antioquia para identificar las áreas específicas de interés. Posteriormente, se enfocaron en los municipios de Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia, Támesis y Andes, considerados clave en la producción de café debido a sus características geográficas y climáticas.

Se utilizaron capas en formato SHP para identificar con precisión los drenajes dobles en estas áreas. La capa SHP permitió visualizar la ubicación y el trazado de estos sistemas de drenaje, así como su relación con las zonas de cultivo de café. Se ajustó la opacidad de cada capa para facilitar la identificación de la ubicación exacta de los drenajes, permitiendo una visualización clara de su interacción con el paisaje y las áreas de cultivo.

Este enfoque metodológico proporcionó una comprensión profunda de cómo los sistemas de drenaje doble afectan la producción de café en Antioquia y permitió hacer recomendaciones para mejorar la gestión del agua en estas áreas.

Área De Estudio

Antioquia, con su capital Medellín, la segunda ciudad más grande de Colombia, destaca por su significativa contribución a la caficultura nacional. Ubicado estratégicamente en el noroeste

colombiano, abarca 63,600 km², incluyendo zonas tanto de la región Andina como del Caribe, lo que lo dota de una diversidad geográfica ideal para la producción de café.

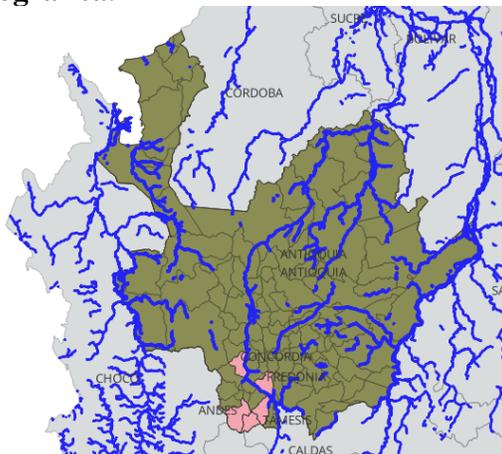
Figura 1 Recorte mapa departamental – ANTIOQUIA -



Nota: Elaboración propia. 2023

Luego representamos los drenajes en azul

Figura 2 Representación drenajes dobles en sistemas de información geográfica.



Nota: Elaboración propia. 2023

Los municipios de Jericó, Jardín, Fredonia, Concordia y Tamesis son reconocidos por sus prácticas de cultivo de café de alta calidad, gracias a su terreno fértil y condiciones climáticas óptimas. Andes, conocido como la "capital cafetera" del suroeste de Antioquia, sobresale con más de 10,000

hectáreas dedicadas al café, reflejo de su rica herencia agrícola y su robusta economía basada en este cultivo. Estas zonas, marcadas por sus paisajes pintorescos y arquitectura colonial, no solo son fundamentales para la economía local, sino que también se han convertido en atractivos destinos turísticos que celebran la rica cultura del café paisa. Y que en relación con los drenajes, son aquellos que mas lejos se encuentra lo que nos puede ayudar a identificar zonas ideales para la producción de este cultivo.

Metodología pura para otros proyectos

Preparación de Datos y Herramientas SIG
 Selección de Software SIG: Utilizar un software SIG como QGIS o ArcGIS, que permita manejar y analizar datos espaciales complejos.

Recolección de Datos Geoespaciales
 Obtener datos geoespaciales relevantes de Antioquia, incluyendo mapas topográficos, imágenes satelitales, y datos de uso del suelo. Es fundamental asegurarse de que los datos sean actualizados y precisos.

Identificación y Mapeo de Áreas de Estudio

Localización de Municipios: Utilizando las herramientas SIG, localizar los municipios de Jardín, Fredonia, Concordia, Tamesis y Andes en el mapa.

Delimitación de Áreas de Estudio:
 Delimitar las áreas de interés alrededor de estos municipios, considerando las zonas donde se practica el cultivo de café.

Análisis de Drenajes Existentes:
 Mapeo de Drenajes Actuales: Identificar y mapear los sistemas de drenaje existentes en estas áreas. Esto puede incluir drenajes naturales y artificiales.

Identificación de Drenajes Dobles:
 Utilizando la combinación de imágenes satelitales y mapas topográficos, identificar específicamente los drenajes

dobles, que manejan tanto el agua superficial como del subsuelo.

Análisis Espacial y Overlay de Capas:
Overlay de Capas: Superponer diferentes capas de datos, como ubicaciones de cultivos de café, tipos de suelo, y sistemas de drenaje, para entender cómo interactúan estos elementos.

Análisis de Influencia de Drenajes:
 Examinar cómo los drenajes dobles existentes pueden estar afectando las áreas de cultivo de café, especialmente en términos de manejo de agua y prevención de problemas como la saturación del suelo o la lixiviación de nutrientes.

Evaluación y Conclusiones:
Evaluación de Efectividad del Drenaje:
 Determinar si los drenajes dobles actuales son eficientes para las necesidades de los cultivos de café en estas regiones.

Identificación de Áreas de Mejora:
 Identificar áreas donde podrían requerirse mejoras o implementación de nuevos sistemas de drenaje doble.

Tabla 1 - MODELO DE ENTIDAD RELACIÓN FRENTE A LOS DRENAJES DOBLES Y LOS CULTIVOS DE CAFÉ EN LOS MUNICIPIOS MENCIONADOS

Atributos	Relaciones
ID_Municipio, Nombre, Ubicación, Área	Tiene varios cultivos de café, Tiene varios sistemas de drenaje
ID_Cultivo, Nombre Plantación, Tamaño, Tipo_Café	Pertenece a un municipio, Afectado por varios sistemas de drenaje
ID_Drenaje, Tipo, Ubicación, Capacidad	Afecta varios cultivos de café, Ubicado en un municipio
ID_DatosClima, Fecha, Tipo_Precipitación, Intensidad	Afecta a los sistemas de drenaje, Impacta en los cultivos de café

ID_Análisis, Fecha, Herramienta_SIG_Usada, Resultados	Analiza datos de cultivos de café, Utiliza datos de sistemas de drenaje y datos climáticos
--	---

Nota: Elaboración propia

Análisis modelo entidad relación

El 'Municipio' actúa como una entidad central en este modelo, vinculándose directamente con las entidades 'Cultivo de Café' y 'Sistema de Drenaje'. Esto refleja la importancia de la localización geográfica en la agricultura y cómo un municipio puede albergar múltiples entidades de interés.

Relaciones Multifacéticas del Cultivo de Café y Sistema de Drenaje: Los 'Cultivos de Café' y los 'Sistemas de Drenaje' presentan una relación bidireccional compleja. Mientras que cada cultivo pertenece a un municipio específico, también puede ser afectado por múltiples sistemas de drenaje. Del mismo modo, cada sistema de drenaje se ubica dentro de un municipio, pero puede influir en varios cultivos de café.

Rol del Análisis SIG

El 'Análisis SIG' se vincula con todas las otras entidades, subrayando su papel integral en la interpretación y análisis de datos geoespaciales. Esta entidad sintetiza información de las áreas de cultivo, los sistemas de drenaje y los datos climáticos, demostrando la importancia del análisis geoespacial en la agricultura moderna.

Interconexiones y Flujo de Datos

El modelo muestra un flujo de datos interconectado, donde el análisis SIG y los datos climáticos ofrecen información crucial que impacta en la eficacia de los sistemas de drenaje y, por ende, en la salud y productividad de los cultivos de café.

garantizar un cultivo de café exitoso y sostenible.

Un sistema de drenaje efectivo puede ayudar a prevenir la lixiviación excesiva de nutrientes. Sin embargo, un drenaje excesivo puede también llevar a una pérdida de nutrientes esenciales y a una disminución de la fertilidad del suelo. Un equilibrio adecuado es crucial para la sostenibilidad de las plantaciones de café. Los cultivos de café a menudo se encuentran en terrenos inclinados. Los drenajes dobles pueden reducir la velocidad del agua de escorrentía, lo cual es importante para prevenir la erosión del suelo. Los drenajes dobles pueden ofrecer una mayor resiliencia al manejar de manera más eficiente tanto los excesos de agua durante las tormentas como las sequías prolongadas.

Este mapa permitiría a los agricultores, planificadores y científicos identificar áreas óptimas para el cultivo de café, basándose en el manejo del agua, la calidad del suelo, el acceso a recursos, los riesgos de contaminación y las condiciones climáticas. Sería una herramienta valiosa para tomar decisiones informadas sobre dónde y cómo cultivar café de manera sostenible y eficiente

Figura 4. Municipios clave



Nota: Elaboración propia. 2023

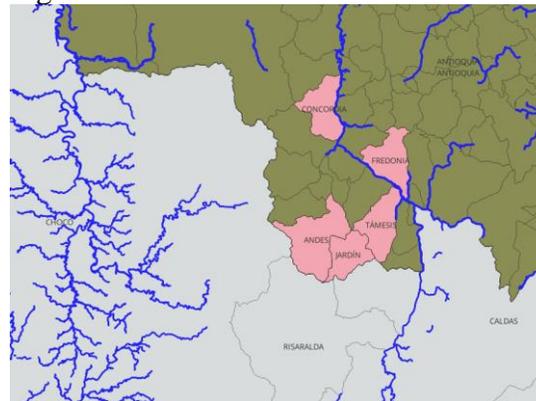
Análisis municipal, Jardín, Fredonia, Concordia, Tamesis y andes

El mapa muestra una concentración de drenajes dobles en áreas clave de producción de café. Esto podría indicar una correlación entre la infraestructura de drenaje y las áreas de cultivo, lo que sugiere una posible relación entre el acceso a buenos sistemas de drenaje y la elección de ubicaciones para las plantaciones de café.

No todos los drenajes dobles son iguales en cuanto a su diseño y eficacia. Sería esencial evaluar la calidad de estos sistemas en términos de su capacidad para manejar volúmenes variables de agua, su mantenimiento y su integración con las prácticas agrícolas locales.

Los drenajes dobles en Antioquia, según el mapa y los conocimientos técnicos, parecen estar estratégicamente ubicados para beneficiar a la producción de café, particularmente en términos de manejo del agua y prevención de enfermedades y erosión del suelo. Sin embargo, la eficacia real de estos sistemas dependerá de una variedad de factores, incluyendo su diseño, mantenimiento, y la forma en que se integran con las prácticas agrícolas locales y las condiciones climáticas

Figura 5



Nota: Elaboración propia. 2023

También coincide de que los drenajes dobles se encuentran lejos de los pueblos

que mas se destacan en la producción de café.

La ubicación de los drenajes dobles, estando lejos pero no demasiado de los pueblos cafeteros, podría reflejar un equilibrio óptimo. La distancia suficiente asegura que los riesgos asociados con la cercanía excesiva, como la contaminación y la sobreexplotación de recursos hídricos, se minimicen. Al mismo tiempo, no están tan lejos como para negar los beneficios de un buen manejo del agua y la calidad del suelo que estos drenajes pueden ofrecer

Esta disposición espacial permite un manejo más controlado y sostenible de los recursos hídricos. Los cultivos de café, aunque no están inmediatamente adyacentes a los drenajes, probablemente aún se benefician de un suministro de agua regulado y eficiente. Esto es crucial especialmente en regiones propensas a variaciones climáticas, como períodos de sequía.

Al estar a una distancia moderada, los drenajes dobles podrían influir positivamente en el microclima de los pueblos cafeteros sin los efectos adversos de una proximidad excesiva. Esta influencia moderada puede ayudar a mantener un ambiente óptimo para el cultivo del café, con temperaturas y humedad relativa estables. Además, el suelo en estas áreas probablemente mantiene su riqueza en nutrientes, ya que está protegido del drenaje excesivo y de la degradación

CONCLUSIONES

Mediante el uso de herramientas SIG y análisis espacial, se logró identificar y delimitar con precisión las áreas con sistemas de drenajes dobles en los municipios de Jardín, Fredonia, Concordia, Támesis y Andes. Este hallazgo es crucial, ya que proporciona

una base para comprender cómo la proximidad y la calidad de estos sistemas de drenaje pueden influir en la producción de café. La claridad en la ubicación y extensión de los drenajes dobles permite a los productores de café y a los planificadores tomar decisiones informadas para la optimización de los recursos hídricos y la gestión de suelos.

La investigación determinó que los drenajes dobles en ciertas áreas de los municipios seleccionados tienen un impacto notable en el cultivo de café. Estas zonas son clave para mantener un equilibrio hídrico óptimo, lo que reduce la saturación del suelo y previene enfermedades fúngicas, a la vez que evita la lixiviación excesiva de nutrientes. Este conocimiento es vital para el desarrollo de prácticas de cultivo más eficientes y sostenibles, permitiendo a los agricultores adaptarse mejor a los desafíos del cambio climático y variabilidad del agua.

A partir del análisis realizado, se recomienda que los futuros proyectos agrícolas en las zonas estudiadas consideren la proximidad y la calidad de los drenajes dobles. Estos sistemas juegan un papel crucial en la regulación del agua, tanto superficial como subterránea, impactando directamente en la salud de los cultivos de café. Para proyectos futuros, se debería considerar la implementación de tecnologías y prácticas que optimicen el uso de estos drenajes, mejorando así la sostenibilidad y la productividad del cultivo del café en estas regiones.

En base a estas consideraciones, parece que la mejor opción para los cultivos de café es estar cerca de los drenajes dobles, pero no demasiado cerca. Es decir, deben estar lo suficientemente cerca como para beneficiarse del manejo eficiente del agua y del suelo, pero lo suficientemente lejos como para evitar riesgos de contaminación y sobreexplotación de recursos. Este

equilibrio permitiría un cultivo sostenible y de alta calidad.

La distancia entre los pueblos cafeteros y los drenajes dobles puede presentar ciertos desafíos logísticos, como la necesidad de infraestructuras adicionales para el manejo eficiente del agua. Sin embargo, esta separación también podría ser una medida deliberada para proteger los cultivos de posibles contaminantes y para garantizar un uso sostenible del agua.

La investigación sobre los drenajes y su influencia en el cultivo de café en los principales municipios cafeteros de Antioquia ha revelado la importancia crítica de estos sistemas en la productividad y sostenibilidad de las plantaciones de café. Se ha constatado que un sistema de drenaje adecuado es fundamental para mantener la salud del suelo, prevenir enfermedades fúngicas y optimizar la utilización de los recursos hídricos. Este análisis detallado ha proporcionado una comprensión más profunda de cómo los sistemas de drenaje doble pueden ser utilizados estratégicamente para mejorar las prácticas agrícolas en la región, evidenciando su papel esencial en el fortalecimiento de la caficultura en Antioquia.

El uso de análisis espaciales y herramientas SIG para identificar y delimitar áreas con drenajes dobles cerca de municipios importantes en producción de café ha sido exitoso. Se han mapeado efectivamente estas áreas, proporcionando una visión clara de la infraestructura existente y su proximidad a las zonas clave de cultivo de café. Este enfoque ha permitido una identificación precisa de las regiones críticas donde los drenajes dobles juegan un papel vital en el manejo del agua, facilitando así la toma de decisiones informadas para futuras iniciativas y mejoras en las prácticas de cultivo.

El análisis de la relación entre la distribución del área cafetalera y los recursos hídricos, utilizando un modelo SIG, ha demostrado ser una herramienta invaluable. Este análisis ha revelado patrones y tendencias significativas en la interacción entre las zonas de cultivo de café y la disponibilidad y gestión de los recursos hídricos. Ha quedado claro que los drenajes bien diseñados y mantenidos son cruciales para el éxito y la sostenibilidad de las plantaciones de café, especialmente en el contexto del cambio climático y la variabilidad de las precipitaciones.

Al proporcionar recomendaciones para futuros proyectos agrícolas cerca de los drenajes dobles, se ha logrado un avance significativo en la planificación y gestión de la producción de café. Las recomendaciones formuladas están basadas en un análisis exhaustivo y ofrecen orientación práctica sobre cómo optimizar el uso de los drenajes dobles. Estas recomendaciones están diseñadas para mejorar la eficiencia del uso del agua, minimizar el impacto ambiental y aumentar la productividad de las plantaciones de café en Antioquia, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la región.

RECOMENDACIONES

Fortalecimiento de Sistemas de Drenaje: Se recomienda la implementación de políticas y programas que fortalezcan los sistemas de drenaje en los municipios cafeteros de Antioquia. Esto incluye inversiones en tecnología y capacitación para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de drenaje doble eficientes.

la ubicación estratégica de los drenajes dobles en relación con los pueblos productores de café sugiere una planificación cuidadosa para equilibrar las

necesidades de los cultivos con la sostenibilidad del manejo de los recursos naturales. Este equilibrio es crucial para mantener la calidad del café, proteger el medio ambiente y apoyar la economía de los pueblos cafeteros.

Investigación Continua: Fomentar la investigación continua sobre el impacto de los sistemas de drenaje en la caficultura, incluyendo estudios de largo plazo que evalúen los efectos del cambio climático en estas prácticas.

Desarrollo de Mapas y Herramientas SIG: Continuar el desarrollo y actualización de mapas y herramientas SIG para mejorar la precisión en la identificación de áreas clave. Esto ayudará a los productores y a las autoridades locales en la planificación y gestión de recursos.

Capacitación en SIG: Ofrecer programas de capacitación para agricultores y técnicos locales en el uso de herramientas SIG, asegurando que puedan aprovechar eficazmente esta tecnología para mejorar sus prácticas agrícolas.

Modelos de Gestión de Recursos Hídricos: Desarrollar y aplicar modelos de gestión de recursos hídricos adaptados a las necesidades específicas de las áreas cafetaleras, teniendo en cuenta los patrones climáticos y las características del suelo.

Integración de Datos Climáticos: Integrar datos climáticos en los modelos SIG para anticipar y planificar mejor las necesidades hídricas y los riesgos potenciales, como las inundaciones o la sequía.

Guías de Buenas Prácticas: Elaborar y distribuir guías de buenas prácticas para el uso de drenajes dobles en proyectos agrícolas, incluyendo aspectos de diseño, instalación y mantenimiento.

Asociaciones Público-Privadas: Fomentar asociaciones entre el gobierno, la academia y el sector privado para desarrollar y financiar proyectos que utilicen drenajes dobles de manera eficiente y sostenible.

LINK DE LA SUSTENTACION

<https://www.youtube.com/watch?v=loWrsvbpPyM>

[SIG SUSTENTACION \(youtube.com\)](#)

BIBLIOGRAFÍA

David Villanueva, J., Osorio Rodriguez, D. R., & Villa Pulgarin, J. F. Análisis de la necesidad hídrica para los cultivos de café en los municipios de las regiones cafeteras más importantes de Colombia aplicando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Maya, F., Juliana¹³, H. L., Gustavo, A., & Arias, F. Naos: un caso exitoso de aprovechamiento de co-productos obtenidos en el proceso café. *Agronegocios*, 65.

Robles Castaño, D. P. (2023). Determinación del índice de escasez de tres fuentes hídricas principales de la región Suroeste Antioqueño.

Galiano, S. G. G. (2000). Un sistema de simulación y pronóstico hidrológico basado en GIS y DEM: análisis de sensibilidad a los factores de escala (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Reetz, H. (2000). Las muchas facetas del sistema de información geográfico (GIS). *Fertilizantes (Santo Domingo) No, 78*, 33-35.