
DETERMINACIÓN DE ZONAS APTAS PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO COYAÍMA APARTIR DE SIG Y LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE JERARQUÍAS ANALÍTICAS (AHP).

Cristóbal Torres Arenas, 1096205502, ctorresare@unadvirtual.edu.co

Luis Alberto Barraza Mendoza, 1062402757, labarrazam@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Gina Carolina Posada, gina.posada@unad.edu.co

Resumen

El Municipio Coyaíma, ubicado en el departamento del Tolima, Colombia, presenta un alto potencial para el desarrollo agrícola. Sin embargo, la selección de zonas adecuadas para cultivos específicos es un desafío debido a la variabilidad ambiental y socioeconómica del territorio.

Este estudio tiene como objetivo determinar las zonas más aptas para el desarrollo de cultivos agrícolas en el Municipio Coyaíma, utilizando la combinación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la metodología de Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP). Para este estudio se recopiló información espacial de cobertura del suelo, vocación de usos y características climáticas para conjugar esta información y poder seleccionar zonas aptas para cultivos, incluyendo estos datos espaciales se procesó y analizaron utilizando herramientas SIG, generando capas de información temática para cada factor considerado. Se utilizó la metodología AHP para establecer la importancia relativa de cada factor en la determinación de la aptitud agrícola.

Palabras Claves: Datos espaciales, Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP).

Introducción.

La identificación de zonas aptas para el desarrollo de cultivos agrícolas es un componente esencial en la planificación y gestión sostenible del uso del suelo. En el municipio de Coyaíma, esta tarea adquiere una importancia vital debido a la necesidad de optimizar el rendimiento agrícola, mejorar la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo económico local.

Para abordar esta problemática, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) combinado con la metodología de Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP) se presenta como una solución robusta y eficaz. Los SIG permiten el manejo, análisis y visualización de grandes volúmenes de datos geospaciales, facilitando la identificación de patrones y relaciones espaciales. Por otro lado, la metodología AHP proporciona un marco estructurado para la toma de decisiones multicriterio, permitiendo ponderar diversos factores que influyen en la aptitud del suelo para la agricultura. (Melo, 2021).

Este enfoque integrado facilita la evaluación de múltiples variables físicas, climáticas y socioeconómicas, permitiendo una identificación precisa de las áreas más adecuadas para el cultivo.

El proceso implica la recopilación y estandarización de datos relevantes, la definición y ponderación de criterios a través del AHP, y la síntesis de esta información en un modelo de aptitud agrícola mediante el uso de SIG. (Melo, 2021). El desarrollar un modelo espacial que identifique las zonas más idóneas para la agricultura en el municipio de Coyaíma servirá como herramienta fundamental para los planificadores y agricultores locales, proporcionando una base científica sólida para la toma de decisiones en la gestión del uso del suelo y la implementación de prácticas agrícolas sostenibles.

Objetivo General:

Determinar las zonas aptas para cultivos agrícolas en el municipio de Coyaíma utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la metodología de Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP).

Objetivos Específicos:

Recopilar datos sobre el clima, suelo, uso del suelo actual y otros factores relevantes para la agricultura en el municipio de Coyaíma.

Integrar estos datos en una plataforma de SIG para su análisis, Asignando pesos a cada criterio y subcriterio mediante el proceso de AHP, basado en la literatura científica.

Utilizar el SIG para combinar los datos geoespaciales y los pesos asignados a través del AHP para generar mapas de aptitud agrícola.

Identificar y clasificar las zonas del municipio de Coyaíma en diferentes niveles de aptitud para el cultivo, destacando las áreas más favorables para la agricultura.

Identificación de la problemática ambiental

En el municipio de Coyaíma, Colombia, que influye en el desarrollo agrícola, se pueden identificar varios factores clave que afectan la productividad y sostenibilidad de las actividades agrícolas en la región. Su principal problemática ambiental es la conversión de bosques y vegetación natural en tierras agrícolas ha llevado a la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo (Hernández, 2015).

Esto reduce la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, afectando negativamente la productividad agrícola. Las prácticas agrícolas inapropiadas, como la tala y quema, el monocultivo y la falta de rotación de cultivos, han contribuido a la erosión del suelo, disminuyendo su fertilidad y capacidad para soportar cultivos otro factor que es muy importante es la escasez de agua es una preocupación significativa en Coyaíma, donde el acceso al agua para riego es limitado (Hurtado et, al 2018).

La variabilidad climática y la sequía recurrente afectan la disponibilidad de agua superficial y subterránea a esto se le agrega el uso excesivo de agroquímicos y la disposición inadecuada de residuos, contribuyen a la contaminación de los cuerpos de agua, afectando la calidad del agua utilizada para riego, la variabilidad climática juega un papel importante en la alteración de los patrones climáticos como las lluvias irregulares, las olas de calor y las sequías prolongadas, afectan la productividad agrícola.

Estos cambios pueden reducir la disponibilidad de agua, aumentar la incidencia de plagas y enfermedades, y causar daños a los cultivos.

Para abordar estas problemáticas, es esencial implementar estrategias de manejo sostenible, mejorar la gestión del agua, adoptar prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente y fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático. Además, el uso de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y metodologías como el Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP) puede ayudar a identificar las áreas más adecuadas para la agricultura y a planificar de manera más eficiente y sostenible el uso de los recursos naturales en el municipio de Coyaima.

Modelo Entidad Relación.

El modelo entidad relación constituye un modelo aplicado a un tipo particular de base de datos. Por ello, el modelo E-R es una herramienta potente para el diseño lógico de la base de datos, especialmente si esta utiliza el modelo relacional. Olaya. V, (2014).

El modelo así creado se expresa mediante un diagrama en el que las entidades se representan como cajas rectangulares, las relaciones mediante rombos y los atributos en círculos o elipses, todos ellos con sus correspondientes nombres en el interior. Olaya. V, 2014.

Entidades:

Cobertura de suelo: Representa el tipo de cobertura que tiene la superficie terrestre, como bosques, pastizales, cultivos, áreas urbanas, etc.

Vocación de usos: Indica el uso potencial de la tierra para actividades como la agricultura, la ganadería, la silvicultura o la conservación.

Humedales: Son áreas terrestres que están inundadas o saturadas de agua de manera permanente o estacional.

Clima: Se refiere a las condiciones atmosféricas promedio de una región, incluyendo temperatura, precipitación, humedad y viento.

Relaciones:

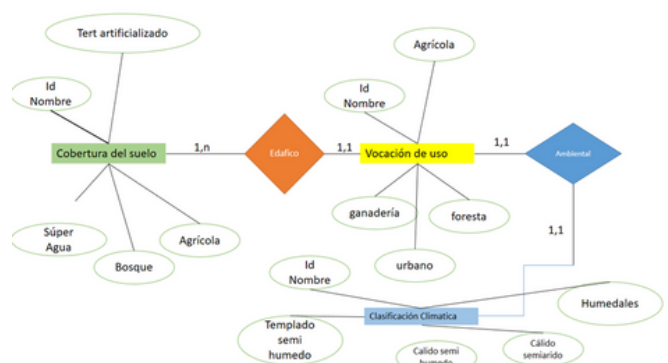
Cobertura de suelo - Vocación de usos: La cobertura de suelo actual puede influir en la vocación de usos de la tierra, ya que algunos tipos de cobertura son más adecuados para ciertas actividades que otros.

Cobertura de suelo - Humedales: La cobertura de suelo puede afectar la presencia y el tipo de humedales en un área. Por ejemplo, la deforestación puede conducir a la pérdida de humedales.

Humedales - Clima: Los humedales pueden influir en el clima local, ya que regulan la temperatura, la humedad y la precipitación.

Clima - Vocación de usos: El clima puede afectar la vocación de usos de la tierra, ya que algunos cultivos o actividades ganaderas requieren condiciones climáticas específicas.

Figura 1. Diagrama Entidad – Relación



Fuente: Autoría propia, 2024.

METODOLOGÍA

Este proceso metodológico aplicado corresponde al Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP) que permitieron determinar los criterios físicos, climáticos y socioeconómicos del municipio de Coyaima, para determinar las zonas aptas para el cultivo.

Se desarrolló a través de siete fases como lo fueron la recopilación de datos, definición de criterios, estandarización de los datos, metodología AHP, análisis de Sistemas de Información Geográfica, validación y ajuste e implementación.

Pasos para generar un mapa de cobertura de suelo:

Identificar las capas vectoriales existentes: Es importante identificar las capas vectoriales disponibles que contengan información relevante sobre la cobertura del suelo, como mapas de suelos, imágenes satelitales, datos de uso del suelo, entre otros. Información tomada de Mapa de Cobertura de la Tierra. Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Escala 1:100.000. Periodo 2018

Evaluar la calidad de los datos: Es fundamental evaluar la calidad y confiabilidad de las capas vectoriales para garantizar la precisión del mapa final. Esto lo evaluamos con el apoyo de imagen satelital que proporciona el Qgis dando un buen resultado coincidiendo las zonas interpretadas con lo que muestra la imagen del municipio.

Fase 1: Recopilación de Datos

Datos Geoespaciales: Obtener mapas y datos geográficos relevantes del municipio Coyaíma, como:

Mapas de uso del suelo

Mapas de tipos de suelo

Datos climáticos (precipitación, temperatura)

Mapas de recursos hídricos

Datos Socioeconómicos: Información sobre acceso a mercados, infraestructura, etc.

Fase 2: Definición de Criterios

Seleccionar los criterios que influirá en la aptitud agrícola. Comúnmente se utilizan los siguientes criterios:

Físicos: Tipo de suelo, disponibilidad de agua.

Climáticos: Precipitación, temperatura media anual.

Socioeconómicos: pérdida de cultivos.

Fase 3: Estandarización de los Datos

Convertir los datos a una escala común para permitir la comparación. Esto puede implicar la re-clasificación de datos en mapas de aptitud relativa (por ejemplo, apto, moderadamente apto, no apto).

Fase 4: Metodología AHP

Estructura Jerárquica: Crear una jerarquía de decisión que refleje la importancia de cada criterio. Esto generalmente incluye:

Objetivo: Determinar las zonas más aptas para cultivos agrícolas.

Criterios: Los factores mencionados anteriormente (suelo, pendiente, clima, etc.).

Subcriterios (si es necesario): Detalles dentro de cada criterio principal.

Comparación de Pares: Realizar comparaciones por pares de los criterios para asignarles pesos de acuerdo a su importancia relativa. Esto se hace mediante matrices de comparación de pares y el uso de una escala de Saaty (generalmente del 1 al 9).

Cálculo de Pesos: Utilizar los valores de comparación de pares para calcular los pesos de cada criterio. Esto implica normalizar las matrices y obtener los vectores propios.

Consistencia: Comprobar la relación de consistencia (CR) para asegurarse de que las comparaciones no sean arbitrarias. Un CR menor a 0.1 generalmente indica una consistencia aceptable.

Fase 5: Análisis SIG

Integración de Datos: Utilizar el SIG para superponer los datos estandarizados y aplicar los pesos obtenidos del AHP a cada capa de información.

Modelo de Aptitud: Crear un modelo de aptitud agrícola en el SIG que combine todas las capas ponderadas.

Mapa de Aptitud: Generar un mapa final que muestre las zonas más y menos aptas para la agricultura.

Fase 6: Validación y Ajuste

Validación: Validar el modelo con datos de campo o con información histórica de cultivos exitosos en la región.

Ajustes: Ajustar el modelo según los resultados de la validación para mejorar su precisión.

Fase 7: Implementación

Presentación de Resultados: Presentar los resultados a los interesados, incluyendo mapas y reportes detallados.

Planificación Agrícola: Utilizar el modelo para guiar la planificación y la toma de decisiones en la agricultura del municipio Coyaíma.

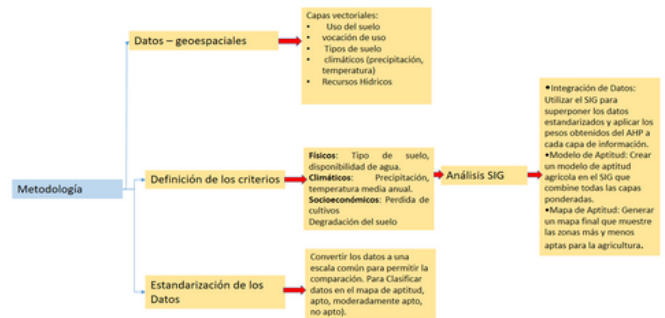
Herramientas SIG Comúnmente Utilizadas

QGIS: Software de código abierto para análisis espacial y SIG.

ArcGIS: Software propietario de ESRI con capacidades avanzadas de análisis espacial.

Google Earth Engine: Herramienta de procesamiento de datos geospaciales a gran escala.

Figura 2. Esquema de la Metodología.

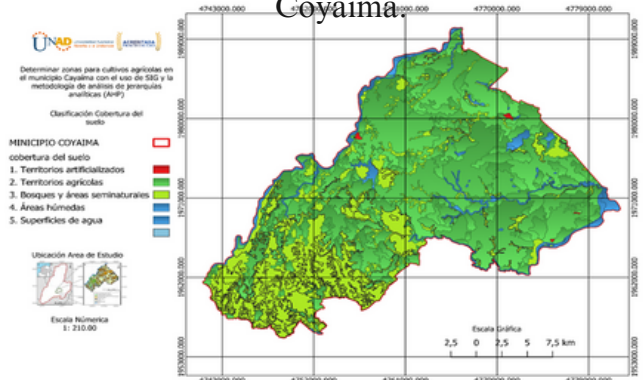


Fuente. Autoría propia, 2024.

RESULTADOS: MAPIFICACIÓN PRODUCTO DE LOS GEOPROCESOS Análisis de la Cobertura del Suelo.

La generación de un mapa de cobertura de suelo a partir de capas vectoriales existentes es un proceso fundamental en el análisis espacial y la gestión ambiental. Los mapas de cobertura de suelo proporcionan información valiosa sobre la distribución de diferentes tipos de suelo en un área determinada, lo que permite comprender la dinámica del paisaje, evaluar la productividad agrícola, planificar el uso del suelo y tomar decisiones informadas para la conservación del medio ambiente.

Mapa 1. Cobertura del Suelo Municipio Coyaíma.

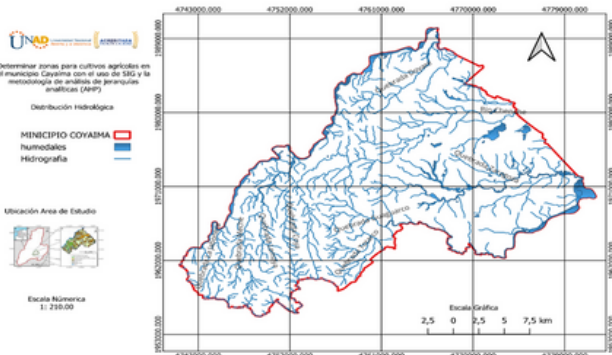


Fuente. Autoría propia, 2024.

Análisis Hidrológico del Municipio Coyaima

El análisis hidrológico del Municipio de Coyaima proporcionó una base sólida para la gestión y manejo sostenible del recurso hídrico en la región. La información generada fue productos de datos vectoriales proporcionado por el IDEAM instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, la capa fue recortada con respecto al municipio Coyaima la cual da una perspectiva de estar bien drenada con muchas quebradas y ríos importante lo que se puede adjudicar que falta asistencia técnica en el municipio para establecer sistemas de riego con eficiencia y así aprovechar la buena densidad de drenaje que tiene el Municipio.

Mapa 2°. Hidrografía del Municipio Coyaima.



Fuente. Autoría propia, 2024.

Análisis de Vocación de uso.

El municipio tiene una clasificación de vocación de usos en las siguientes componentes:

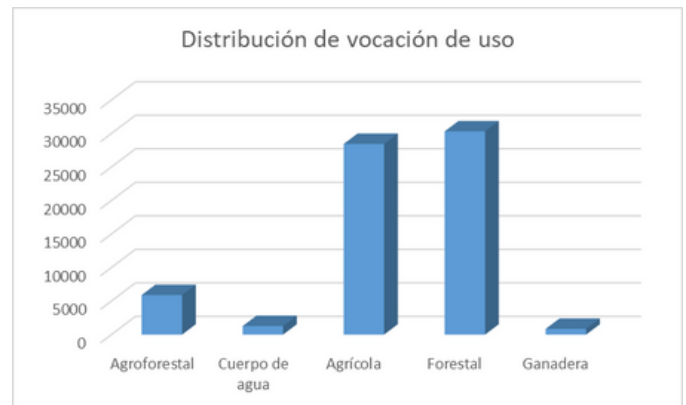
Tabla 1. Clasificación de vocación de uso

Vocación	Área (Ha)
Agroforestal	5907
Cuerpo de agua	1277
Agrícola	28444
Forestal	30321
Ganadera	861
Zonas urbanas	72

Fuente. Autoría propia, 2024.

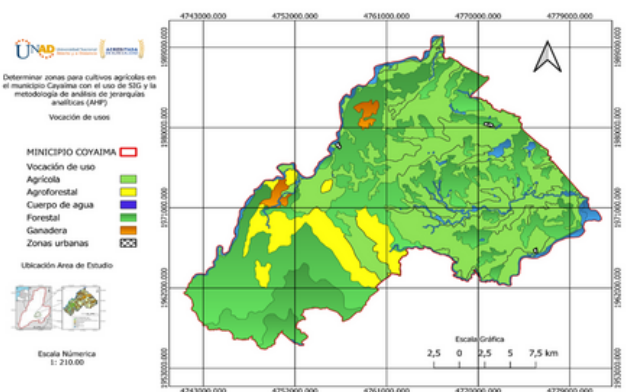
De acuerdo a la tabla 1 clasificación de vocación de uso, el municipio de Coyaima, Tolima posee una extensión de 28.444 hectáreas aptas para el desarrollo de cultivos agrícolas, además posee 1.277 hectáreas en cuerpos de agua lo que permitirá el desarrollo de sistemas de riego para los cultivos de arroz que requieren importante cantidad de agua.

Figura 3. Distribución de vocación de uso



Fuente. Autoría propia, 2024.

Mapa 3. Vocación de uso Municipio Coyaima.



Fuente. Autoría propia, 2024.

Clasificación climática.

El municipio de Coyaima, ubicado en el departamento del Tolima, Colombia, presenta una diversidad de climas debido a su relieve montañoso y su ubicación geográfica. La clasificación climática del municipio se puede describir de la siguiente manera:

Clima Cálido Húmedo (Af):

Precipitación: Abundante durante todo el año, con un promedio anual de 2.000 a 3.000 mm.

Temperatura: Cálida, con una temperatura promedio anual de 24°C a 28°C.

Humedad: Alta, con una humedad relativa promedio anual del 70% al 80%.

Ubicación: Se encuentra en las zonas más bajas del municipio, principalmente en los valles y riberas de los ríos.

Vegetación: Bosque húmedo tropical, con una gran variedad de flora y fauna.

Clima semi Húmedo (Cfh):

Precipitación: Abundante durante todo el año, con un promedio anual de 1.500 a 2.000 mm.

Temperatura: Templada, con una temperatura promedio anual de 18°C a 24°C.

Humedad: Alta, con una humedad relativa promedio anual del 70% al 80%.

Ubicación: Se encuentra en las zonas de ladera de las montañas, entre los 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación: Bosque nublado, con una gran variedad de flora y fauna.

Templado Húmedo (Cfh):

Precipitación: Abundante durante todo el año, con un promedio anual de 1.000 a 1.500 mm.

Temperatura: Fría, con una temperatura promedio anual de 12°C a 18°C.

Humedad: Alta, con una humedad relativa promedio anual del 70% al 80%.

Ubicación: Se encuentra en las zonas más altas del municipio, por encima de los 2.000 metros sobre el nivel del mar.

Vegetación: Páramo, con una vegetación característica de alta montaña.

Factores que Influyen en el Clima:

Altitud: La altitud es el factor principal que determina la clasificación climática del

municipio. A mayor altitud, la temperatura disminuye y la precipitación aumenta.

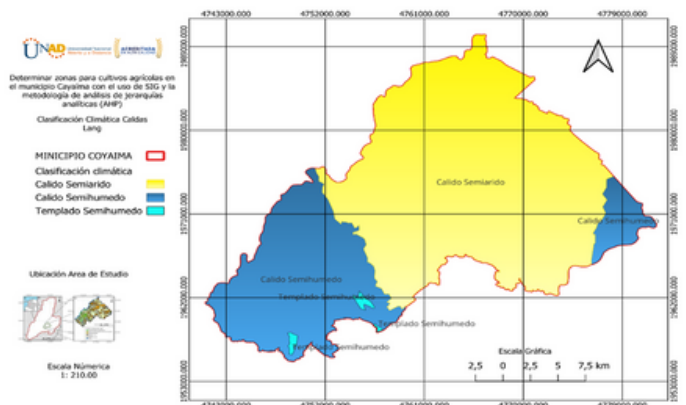
Relieve: El relieve montañoso del municipio genera microclimas, con variaciones en la temperatura, la precipitación y la humedad.

Ubicación geográfica: La ubicación del municipio dentro del trópico influye en la alta temperatura y la abundante precipitación.

Impacto del Clima en las Actividades Productivas:

El clima del municipio de Coyaima tiene un impacto significativo en las actividades productivas. En las zonas de clima cálido húmedo, se cultivan productos como café, cacao, plátano y yuca. En las zonas de clima templado húmedo, se cultivan productos como papa, cebolla, fresa y mora. En las zonas de clima frío húmedo, se desarrolla la ganadería de leche y la producción de papa.

Mapa 4. Clasificación climática según Caldas Lang.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Zonas para cultivos agrícolas en el municipio Coyaima

Para las variables de los indicadores se deberán realizar las calificaciones dentro de un rango numérico comprendido entre uno (1) a diez (10), siendo los valores cercanos a diez, los que corresponden una calificación deseable para desarrollar actividades agropecuarias y los valores cercanos a uno, una situación limitante para desarrollar dichas actividades. se tomó en cuenta las restricciones ambientales por Humedales.

Tabla 2. Calificación de zonas de cobertura

Nº	Cobertura	Calificación
1	Agroforestal	9
2	Cuerpo de agua	1
3	Agrícola	10
4	Agrícola	10
5	Agrícola	10
6	Agrícola	10
7	Forestal	9
8	Forestal	1
9	Forestal	1
10	Ganadera	7
11	Zonas urbanas	1

Fuente: Autoría propia, 2024.

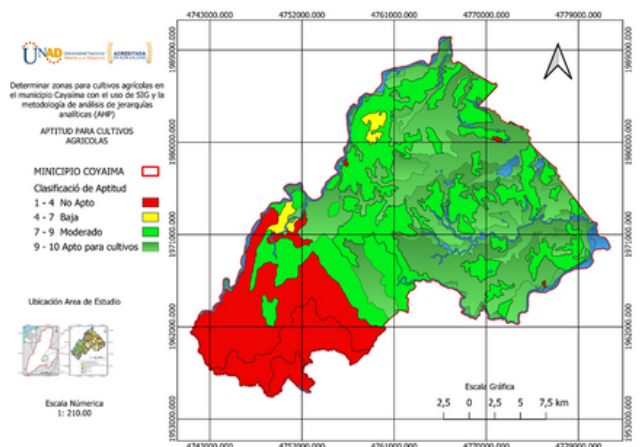
La información recopilada se procesará y analizará utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de evaluación multicriterio. El análisis se enfocará en los siguientes aspectos:

Identificación de factores de aptitud: Se evaluarán las características biofísicas y socioeconómicas del territorio para determinar su aptitud para diferentes usos del suelo, como agricultura, ganadería, silvicultura y agroforestal.

Asignación de pesos a los factores: Se asignarán pesos a cada factor de aptitud en función de su importancia relativa para la vocación del suelo.

Generación de mapas de vocación: Se generarán mapas que muestren la aptitud del suelo para diferentes usos, considerando la ponderación.

Mapa 5. Clasificación Aptitudes de suelo para agricultura



Fuente: Autoría propia, 2024.

Conclusiones

El estudio realizado en el municipio Coyaíma, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la metodología de Análisis de Jerarquías Analíticas (AHP), ha permitido identificar y determinar zonas óptimas para cultivos agrícolas de manera efectiva.

La integración de estas herramientas ha proporcionado un enfoque sistemático y científico para evaluar múltiples factores críticos, como la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, la topografía y el clima. Este proceso ha facilitado la priorización de áreas que ofrecen las mejores condiciones para maximizar la productividad agrícola y minimizar los impactos ambientales negativos.

El uso de SIG ha permitido una visualización y análisis espacial detallado, mientras que AHP ha ayudado a estructurar y ponderar los criterios relevantes de manera coherente y objetiva. Esta combinación metodológica ha resultado en una herramienta poderosa para la toma de decisiones informadas en la planificación agrícola, promoviendo un uso más eficiente y sostenible del territorio en Coyaíma.

Recomendaciones

Implementación de Políticas de Uso del Suelo: Las autoridades municipales deben desarrollar y aplicar políticas claras basadas en los resultados del análisis SIG y AHP, para garantizar que las zonas identificadas como óptimas para cultivos se utilicen de manera adecuada y sostenible.

Capacitación y Transferencia de Tecnología: Es crucial proporcionar capacitación a los agricultores locales sobre las técnicas de cultivo adecuadas para las zonas identificadas, así como sobre el uso de tecnologías agrícolas avanzadas para mejorar la productividad y sostenibilidad.

Monitoreo y Actualización Continua: Establecer un sistema de monitoreo continuo que utilice SIG para evaluar periódicamente las condiciones de las tierras agrícolas y realizar actualizaciones en los modelos AHP en respuesta a cambios ambientales, climáticos y socioeconómicos.

Promoción de Prácticas Agrícolas Sostenibles: Fomentar la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos, el uso eficiente del agua y la gestión integrada de plagas, para asegurar la longevidad de la productividad del suelo y la conservación del medio ambiente.

Colaboración Interinstitucional: Fomentar la colaboración entre instituciones académicas, gubernamentales y organizaciones no gubernamentales para apoyar investigaciones continuas y compartir conocimientos sobre mejores prácticas agrícolas y gestión del territorio.

REFERENCIAS

- 1cero1 S.A.S. (s/f). Información del Municipio. Gov.co. Recuperado de <https://www.coyaima-tolima.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Instituto Agustín Codazzi Recuperado. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado. 2024. <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>.
- Moreno Huertas, A. M., Ávila Hurtado, J. R., Prieto Sierra, J. D., Romero Meneses, J. C., & Monroy Ortega, Y. M. (2018). Diseño herramienta estratégica para intervención del riesgo químico en población indígena cultivadora de planta de cachaco del Municipio de Coyaima (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Olaya, V (2014). Sistemas de Información Geográfica Open this document with Read Speaker doc Reader. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Ortiz Melo, G. F. (2021). Identificación de áreas idóneas para el desarrollo urbano mediante el uso de análisis multicriterio AHP y herramientas geo informáticas.
- Ramírez Hernández, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 293-310.
- Yara, P., & Milena, A. (2022). Propuesta Pedagógica Etno-Ambiental para Mitigar la Deforestación

Link del video

<https://youtu.be/4S5ZXnHAuh8>