
Determinación de las áreas aptas para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en el municipio de Valdivia (Antioquia)

Laren Dayana Pino Forero, 1193218466, ldpinof@unadvirtual.edu.co

Lesly Manuela Cárdenas Valencia, 1088027704, Lmcardenasval@unadvirtual.edu.co

Jency Marcela García García, 1001988241, jmgarciagar@unadvirtual.edu.co

Docente tutor: John Carlos Ruíz, john.ruiz@unad.edu.co

RESUMEN

La agricultura ha sido una actividad económica fundamental en Valdivia, Antioquia, desempeñando un papel crucial en satisfacer las necesidades alimentarias y nutricionales, además de impulsar el desarrollo industrial y económico de la región. Conocer la aptitud de los suelos para actividades agrícolas es esencial para planificar los cultivos más adecuados según la vocación del suelo, logrando un mayor aprovechamiento del potencial agrícola de manera sostenible.

En este contexto, mediante este estudio se valoró la vocación de los suelos del municipio de Valdivia para el cultivo de cacao, aprovechando su ubicación geográfica y condiciones climáticas favorables. Se propuso un Modelo Lógico Entidad-Relación para organizar y estructurar los datos espaciales y no espaciales de manera lógica, definiendo entidades y sus relaciones.

Posteriormente, se realizaron una serie de geoprocursos mediante QGIS para superponer las capas vectoriales y ráster, con el fin de obtener una ponderación establecida mediante un análisis de valoración multicriterio. Con esta metodología, se reconocieron las zonas del municipio donde se pueden establecer los cultivos de cacao.

Palabras claves: Aptitud para agricultura, Valdivia, cacao, geoprocursos, multicriterio

ABSTRACT

Agriculture has been a fundamental economic activity in Valdivia, Antioquia, playing a crucial role in meeting food and nutritional needs, as well as driving the industrial and economic development of the region. Knowing the suitability of the soils for agricultural activities is essential

to plan the most appropriate crops according to the soil's vocation, thus achieving a greater utilization of agricultural potential in a sustainable manner.

In this context, this study evaluated the suitability of the soils in the municipality of Valdivia for cacao cultivation, taking advantage of its geographic location and favorable climatic conditions. A Logical Entity-Relationship Model was proposed to logically organize and structure the spatial and non-spatial data, defining entities and their relationships.

Subsequently, a series of geoprocursos were carried out using QGIS to overlay the vector and raster layers, in order to obtain a weighting established through a multicriteria evaluation analysis. With this methodology, the areas of the municipality where cacao crops can be established were identified.

Keywords: Agriculture suitability, Valdivia, cocoa, geoprocessing, multicriteria

INTRODUCCIÓN

La integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ámbito agrícola ha generado un cambio notable en la manera en que los agricultores y los expertos del sector gestionan la producción de alimentos. Estos sistemas representan una fusión innovadora entre la tecnología geoespacial y la gestión agrícola, ofreciendo una visión detallada y precisa del entorno agrícola (Perez et al., 2019). Los SIG en la agricultura se enfocan en recopilar, almacenar, analizar y visualizar datos espaciales relacionados con la tierra, los cultivos, el clima y otros factores fundamentales para la producción agrícola.

Valdivia, Colombia, localizado en la subregión Norte del departamento de Antioquia, es un municipio cuya economía se basa principalmente en la agricultura, la pesca, la ganadería de levante y producción de leche, la minería de piedra ornamental, la explotación de maderas, la artesanía (especialmente tallas en madera) y un comercio activo y pasivo. En el ámbito agrícola, se cultivan productos como yuca, cacao, caña, plátano y maíz. El municipio se destaca particularmente en la producción de cacao, contando con una asociación fuerte de productores dedicados a este cultivo. Además, Valdivia tiene otros cultivos de pancoger y proyectos de piscicultura (Gobernación de Antioquia, 2024).

Los SIG ofrecen la posibilidad de mapear y comprender el terreno, identificar zonas con características particulares del suelo, evaluar la distribución del agua, supervisar el desarrollo de los cultivos y detectar de forma precoz problemas como enfermedades o infestaciones de plagas. La integración de datos geospaciales con información sobre rendimientos previos y condiciones climáticas pasadas también posibilita la anticipación de patrones, la optimización de la gestión de recursos y la reducción de riesgos (IGAC, 2022).

El presente trabajo integra herramientas y análisis basados en múltiples criterios con el fin de desarrollar un modelo espacial. Este modelo tiene como objetivo evaluar la idoneidad del suelo para actividades agrícolas y el ordenamiento agroambiental en Valdivia. Se procederá a identificar áreas sin restricciones, centrándose en tres componentes principales: ambiental, climático y edáfico. Estos componentes se apoyan en diversos indicadores, como temperatura, tipos de cobertura y niveles de precipitación, los cuales se derivan de datos vectoriales y ráster proporcionados por las entidades correspondientes.

Con esta metodología, se pretende maximizar el potencial agrícola del municipio de una manera sostenible, ayudando a los agricultores y productores de cacao a optimizar sus cultivos y mejorar su productividad.

OBJETIVO GENERAL

Identificar las zonas aptas para cultivo de cacao en el municipio de Valdivia, Antioquia, utilizando herramientas de geoprocésamiento dentro de un sistema de información geográfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un Modelo Lógico Entidad-Relación para organizar y estructurar los datos espaciales y no espaciales relevantes, definiendo las entidades y sus relaciones para facilitar el análisis y la interpretación de la información geográfica.
- Generar mapas ambientales, edáficos y climáticos que representen las principales variables que afectan la aptitud del suelo para el cultivo de cacao en el municipio de Valdivia, utilizando herramientas de geoprocésamiento en QGIS.
- Realizar un análisis multicriterio en QGIS para identificar y clasificar las zonas del municipio de Valdivia con mayor aptitud para el cultivo de cacao

IDENTIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO: CULTIVO DE CACAO EN VALDIVIA

Se reconoce que las actividades agropecuarias son esenciales en Colombia, no solo por su impacto en las industrias y la economía, sino también por su papel fundamental en la alimentación y la nutrición. Por lo tanto, el ordenamiento agroambiental del territorio cobra importancia para comprender la aptitud de los suelos y utilizar de manera sostenible los recursos disponibles, lo que repercute positivamente en la población en su conjunto (IGAC, 2022).

En el contexto de Valdivia, localizado en la subregión Norte del departamento de Antioquia, la agricultura es una actividad económica fundamental. El cultivo de cacao, en particular, destaca entre las actividades productivas del municipio, respaldado por una fuerte asociación de productores. Además de cacao, Valdivia cultiva yuca, caña, plátano, maíz y otros cultivos de pancoger, y cuenta con proyectos de piscicultura, lo que diversifica su economía agropecuaria.

Según datos del IGAC, la planificación y uso adecuado del suelo son esenciales para proteger los ecosistemas estratégicos y aprovechar el potencial agrícola del país. A pesar de la diversidad de suelos en Colombia, la falta de un uso adecuado de la información disponible ha llevado a la sobreexplotación de tierras agrícolas y pecuarias, afectando los ecosistemas. El director general del IGAC enfatizó la necesidad urgente de proteger y gestionar adecuadamente el suelo: "A pesar de ser un territorio con una gran diversidad de suelos, hemos desaprovechado nuestro potencial agrícola, extralimitado la ganadería y afectado los ecosistemas estratégicos. Esto se debe a que no hacemos uso de la información, la cual indica detalladamente las zonas aptas para usos agrícolas, pecuarios, forestales y de protección" (IGAC, 2022).

Debido a esta problemática, se ha seleccionado el municipio de Valdivia para identificar las áreas de interés ambiental y aquellas con vocación favorable para el desarrollo de actividades agrícolas, específicamente el cultivo de cacao. Las herramientas proporcionadas por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son cada vez más importantes en el desarrollo de análisis espaciales, ya que ofrecen metodologías que permiten la identificación de problemáticas georreferenciadas y sus posibles soluciones.

Con la implementación de SIG, se busca evaluar la aptitud del suelo para el cultivo de cacao en Valdivia, integrando datos ambientales, climáticos y edáficos. Este enfoque permitirá una planificación adecuada y sostenible de los recursos agrícolas del municipio.

DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL CASODE ESTUDIO

Modelo Lógico Entidad-Relación para el Análisis de la Aptitud Agrícola del Suelo en Valdivia: Cultivo de Cacao

Para ilustrar cómo interactúan los componentes en el análisis espacial que determina la aptitud agrícola de los suelos en el municipio de Valdivia, se empleará un Modelo Lógico Entidad-Relación. Este modelo simplifica la comprensión de las interacciones entre los diferentes elementos involucrados.

Se han identificado tres entidades fundamentales: Ambiente, Suelos y Clima. Cada una de estas entidades está compuesta por sus respectivos atributos:

Ambiente: Incluye las coberturas de suelos y las restricciones ambientales.

Suelos: Comprende las características edáficas y la capacidad de uso.

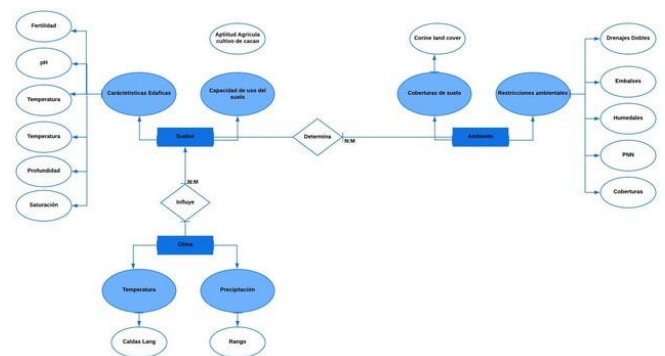
Clima: Considera los datos de temperatura y precipitación.

Este modelo permitirá integrar y analizar la información necesaria para evaluar la aptitud del suelo en Valdivia, específicamente para el cultivo de cacao.

Por otra parte ha de tenerse en cuenta las siguientes condiciones para ser evaluadas en los tres componentes, el cacao establece bien en suelos de textura suelta, arcillosos agregados, franco arenosos y franco-limoso, con contenidos de materia orgánica de 3,5% y profundos (1,5 m), cuyo pH sea entre 5,5 y 7 (Dirección General de Investigación Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991). Para el componente climático las zonas donde caen lluvias entre 1,500 a 2,500 milímetros por año, son las mejores para el cultivo de cacao.

En la siguiente figura se puede observar el modelo Lógico entidad-relación para este estudio

Figura 1. modelo Lógico entidad-relación



Nota: Elaboración propia (2024).

El modelo entidad-relación analizado detalla aspectos clave para evaluar la idoneidad del suelo para el cultivo de cacao. La entidad "suelos" incluye atributos como características edáficas y capacidad de uso, mientras que "clima" presenta datos de temperatura y precipitación. La entidad "ambiental" añade información sobre cobertura del suelo y restricciones ambientales. Estas entidades están interrelacionadas para proporcionar una visión completa de los factores que influyen en la aptitud del suelo para el cultivo de cacao.

Metodología Conceptual

Además de establecer el Modelo Entidad-Relación, es fundamental definir los pasos a seguir para la elaboración del Mapa de Aptitud de Suelos para la Agricultura, específicamente para el cultivo de cacao, en el municipio de Valdivia, Antioquia. Esto se realiza con el objetivo de ilustrar la situación que se va estudiar .

Figura 2. modelo lógico



Nota: Elaboración propia (2024).

Localización Geográfica del Área de Estudio

El municipio de Valdivia se encuentra ubicado en la subregión Norte del departamento de Antioquia, Colombia. Limita al norte con el municipio de Tarazá, al oriente con los municipios de Tarazá, Anorí y Yarumal, al sur con el municipio de Yarumal, y al occidente con los municipios de Ituango y Briceño. Valdivia cuenta con una población de 14.596 habitantes y una superficie aproximada de 10.197 km². La economía de Valdivia es diversificada e incluye actividades como la agricultura, pesca, ganadería, minería, explotación de maderas, artesanía y comercio. En el sector agrícola, los principales cultivos son yuca, cacao, caña, plátano y maíz, siendo el cacao especialmente significativo, con una fuerte asociación de productores en el municipio. La pesca y la ganadería de levante y producción de leche también contribuyen significativamente a la economía local. Además, Valdivia se destaca por la minería, especialmente de piedra ornamental, y la explotación de recursos forestales (Gobernación de Antioquia, 2024).

Valdivia es un municipio privilegiado debido a su hermoso paisaje, geografía, ubicación, bosque nativo, humedales y reservas naturales que aportan una rica y diversa flora y fauna. Desde el punto de vista hidrográfico, la región se distingue por la presencia de

numerosos ríos caracterizados por sus suaves pendientes. La vegetación predominante incluye el bosque lluvioso y la selva valdiviana, que contribuyen significativamente a la biodiversidad y belleza escénica del área.

Figura 3. Mapa ubicación de Valdivia, Antioquia



Nota: Elaboración propia (2024)

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

Un análisis multicriterio en el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es un proceso analítico que permite identificar diversas soluciones ante un problema, utilizando principalmente variables cartográficas como datos de partida (Gis & Beers, s.f.). Por tanto, se implementa esta metodología para definir la aptitud de suelos agrícolas, específicamente para el cultivo de cacao en Valdivia, Antioquia. Este enfoque permite seguir criterios rigurosos que garantizan las mejores calificaciones en cada componente de evaluación de la aptitud del suelo.

Para aplicar esta metodología, es fundamental identificar primero las áreas del municipio con restricciones ambientales y técnicas, es decir, zonas donde no es posible zonificar cultivos agrícolas debido a la presencia de drenajes, humedales, parques naturales nacionales (PNN) y coberturas de áreas naturales. A partir de estas áreas con restricciones, se definen las que no tienen ningún tipo de restricción, las cuales se convertirán en el foco de zonificación para los cultivos agrícolas.

El modelamiento propuesto para determinar la aptitud de suelos agrícolas en áreas sin restricciones en Valdivia se compone de tres componentes principales:

ambiente, suelos y clima. A cada uno de estos componentes se les asigna un peso porcentual según su grado de influencia sobre la agricultura. Estos porcentajes han sido ponderados por un grupo de expertos en el tema, garantizando un análisis preciso y detallado que maximiza el potencial agrícola del cultivo de cacao en la región.

Tabla 1. Propuesta peso de influencia de componentes sobre la agricultura de cacao

Componente	Peso (%) Influencia sobre la agricultura de cacao
Ambiente	40
Suelos	35
Clima	24

Nota: Guía de actividades y rubrica de evaluación- Fase 4 Modelación, zonificación y Ordenamiento agroambiental. UNAD 2024

Estos tres componentes tienen sus propios indicadores y pesos porcentuales de influencia dentro de cada componente, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Propuesta peso de influencia de indicadores dentro de cada componente sobre la agricultura de cacao

Componente	Indicadores	Peso (%) Influencia sobre la agricultura de cacao dentro del componente
Ambiente	Sin restricción ambiental	60
	Coberturas de suelos	40
Suelo	Suelos (Característica edáfica)	45
	Capacidad uso de suelo	55
Clima	Clasificación Climática Caldas Lang 2014	45
	Precipitación media Total Anual Promedio Multianual periodo 1981-2010	55

Nota: Guía de actividades y rubrica de evaluación- Fase 4 Modelación, zonificación y Ordenamiento agroambiental. UNAD 2024

Seguidamente, se propone asignar una calificación a cada una de las variables de los indicadores mencionados en la tabla 2. Esta calificación se definirá con base en los criterios de aptitud de suelo y clima para cultivos de cacao descritos en la literatura, utilizando un rango de 1 a 10. Los valores cercanos a 1 representarán una calificación desfavorable, mientras que los valores cercanos a 10 indicarán una calificación favorable para el desarrollo de actividades agrícolas.

Una vez definidas las calificaciones correspondientes, se procederá a rasterizar las capas vectoriales para el desarrollo de los diferentes mapas (Ambiental, Climático, Edáfico, Agrícola). Para estos mapas, se tendrán en

cuenta los porcentajes de influencia descritos anteriormente y se aplicará la Metodología de Análisis de Valoración Multicriterio, implementando el siguiente modelo matemático con la calculadora Raster.

Figura 4. Formula del Indicador Compuesto (IC)

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

Nota: Guía de actividades y rubrica de evaluación- Fase 4 Modelación, zonificación y Ordenamiento agroambiental. UNAD 2024

A continuación, se deben reclasificar y convertir cada uno de los cuatro mapas a formato vectorial para categorizar y aplicar la clasificación estandarizada. Este proceso finalmente guiará la descripción de la aptitud de suelos para la agricultura, específicamente para el cultivo de cacao, según la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Clasificación estandarizada para resultados espaciales de componentes Modelo Aptitud para la Agricultura

Clasificación Cualitativa	Rango Cuantitativo	Color
No Apta	1-2.99	
Margina	3-4.99	
Baja	5-5.99	
Moderada	6-7.99	
Alta	8-10	

Nota: Guía de actividades y rubrica de evaluación- Fase 4 Modelación, zonificación y Ordenamiento agroambiental. UNAD 2024

A continuación, se definirán cada uno de los geoprocesos y los pasos a seguir en cada uno de los componentes.

GEOPROCESOS Y MODELAMIENTOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y MAPIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Las herramientas de geoprocesos desempeñan un papel crucial en el modelamiento espacial, en este caso para determinar la aptitud del suelo para la agricultura en el municipio de Valdivia, Antioquia. Para ello, se descargan las capas vectoriales necesarias desde diversos geoportales disponibles en Colombia (IGAC, 2022).

Como se mencionó anteriormente, se han definido tres componentes esenciales para evaluar la aptitud de suelos en Valdivia que presentan condiciones favorables para la agricultura, especialmente para el cultivo de cacao: ambiente, suelos y clima. Es importante destacar

que todas las capas se deben trabajar en el sistema de proyección ESRI:103599 - MAGNA - SIRGAS_CMT12.

Procedimiento para componente Ambiente

Se procedió a cargar las capas correspondientes a municipios de Colombia, drenaje doble, humedales, parques nacionales naturales y coberturas de tierra, delimitándolas con el municipio de Valdivia mediante un corte. De la tabla de atributos de la capa "Cobertura Valdivia", se utilizará únicamente la columna "Nivel 3" de la clasificación CorineLandCover, simplificando la información mediante el geoproceso "Disolver".

Una vez disuelta la capa "Cobertura Valdivia", se seleccionan las áreas donde no es posible zonificar cultivos para crear la capa de "Restricciones Técnicas". Posteriormente, se genera la capa de "Restricciones Ambientales y Técnicas", combinando las capas pertinentes mediante el geoproceso "Unir capas vectoriales".

Mediante el geoproceso "Diferencia" entre las capas "Valdivia municipio" y "Restricciones Ambientales y Técnicas", se creó la capa "Sin restricciones", que representa el área apta para el ordenamiento agroambiental. Luego, se crea la capa "Cobertura Valdivia sin restricción" mediante el geoproceso "Cortar" entre las capas correspondientes.

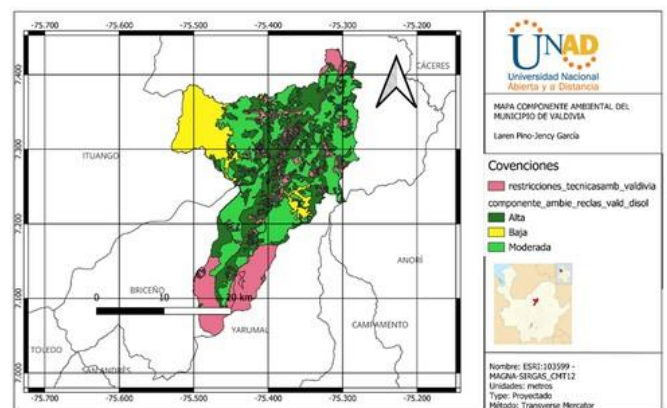
Una vez creadas estas capas, se asignó una calificación del 1 al 10 a cada variable, dando calificaciones de 8 al mapa sin restricciones y a cobertura valdivia sin restricción a las zonas de pastos, herbazales con calificaciones altas, mientras que zonas urbanas, zonas de conservación y bosques calificaciones de 1, luego se rasterizan para poder asignar los pesos porcentuales correspondientes. Se aplica la fórmula del Indicador Compuesto (IC) mediante la herramienta "Calculadora Ráster", considerando los respectivos pesos porcentuales de las capas raster.

Se realizó una reclasificación por tabla de la capa "Componente Ambiental" para aplicar los parámetros de la paleta de clasificación cuantitativa. Posteriormente, se poligonizó el "Componente Ambiental reclasificado" para aplicar los parámetros de la paleta de clasificación cualitativa.

Se simplificó la información de las variables del "Componente Ambiental reclasificado" utilizando el geoproceso "Disolver". Luego, se crea un nuevo campo en la tabla de atributos llamado "Clasificación" y se asignó la descripción cualitativa según los valores de la paleta de clasificación.

Finalmente, se categorizó el "Componente Ambiental reclasificado Disuelto" y se asignó colores según la paleta de clasificación establecida.

Figura 5. Componente Ambiental Municipio Valdivia, Antioquia



Nota: Elaboración propia (2024).

Procedimiento para componente Suelos

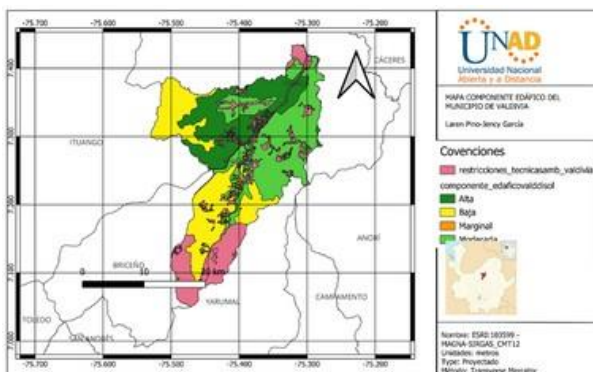
Se procedió a cargar las capas "Antioquia Capacidad" y "Antioquia Suelos". Estas dos capas se delimitaron con la capa "Sin restricciones" mediante el geoproceso "Cortar", generando así las capas "Capacidad de uso sin restricciones" y "Suelos sin restricciones". De la tabla de atributos de la capa "Suelos sin restricciones", se trabajó únicamente con la columna "Característica", mientras que de la capa "Capacidad uso sin restricciones" se trabajó solo con la columna "uso recomendado",

eliminando el resto de columnas. La información de ambas capas se simplificó utilizando el geoproceto "Disolver".

Posteriormente, se asignó una calificación del 1 al 10 a cada una de las variables de las dos capas, colocando valores de 10 a suelos de textura suelta, arcillosos agregados, franco arenosos y franco-limoso, con contenidos de materia orgánica de 3,5% y profundos (1,5 m), cuyo pH sea entre 5,5 y 7, para los demás se dieron calificaciones menores y si las condiciones eran muy lejanas se calificó más bajo. Estas capas se convirtieron a formato Ráster mediante el geoproceto "Rasterizar", para poder asignar los pesos porcentuales correspondientes. Se aplica la fórmula del Indicador Compuesto (IC) utilizando la herramienta "Calculadora Ráster", considerando los respectivos pesos porcentuales de las capas Raster "Capacidad uso" y "Suelos", obteniendo así la capa del "Componente Edáfico".

Se realizó una reclasificación del "Componente Edáfico" para asignar la clasificación cuantitativa y cualitativa correspondiente.

Figura 6. Componente Edáfico Municipio Valdivia, Antioquia



Nota: Elaboración propia (2024).

Procedimiento para componente Clima

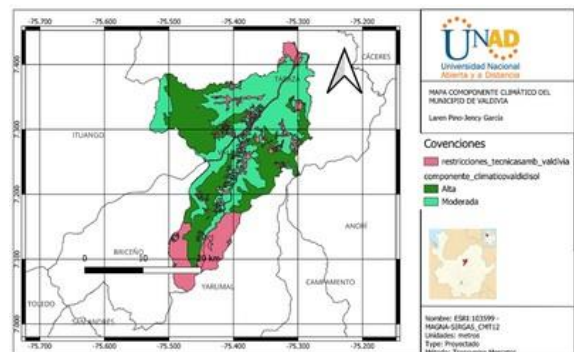
Se procedió a cargar las capas "Clasificación Climática Caldas Lang" y "Precipitación Media Total Anual". Estas dos capas se delimitan con la capa "Sin restricciones" utilizando el geoproceto "Cortar", lo que da como resultado las capas "Caldas Lang Valdivia" y "Precipitación Valdivia". De la tabla de atributos de la

capa "Precipitación Valdivia", se trabajó únicamente con la columna "Rango", mientras que de la capa "Caldas Lang Plato" se trabaja solo con la columna "CaldasLang", eliminando las demás columnas.

Posteriormente, se asignó una calificación del 1 al 10 a cada una de las variables de estas dos capas, con calificaciones altas para precipitaciones entre 2500 y 1500, y condiciones más cálidas que frías. Luego, se convirtieron estas capas a formato Ráster utilizando el geoproceto "Rasterizar", para poder asignar los pesos porcentuales correspondientes. Se aplicó la fórmula del Indicador Compuesto (IC) utilizando la herramienta "Calculadora Ráster", considerando los respectivos pesos porcentuales (45% y 55%) de las capas Raster "Caldas Lang" y "Precipitación", lo que resulta en la capa del "Componente Climático".

Finalmente, se llevó a cabo una reclasificación del "Componente Climático" para asignar la clasificación cuantitativa y cualitativa correspondiente.

Figura 7. Componente Climático Municipio Valdivia, Antioquia



Nota: Elaboración propia (2024).

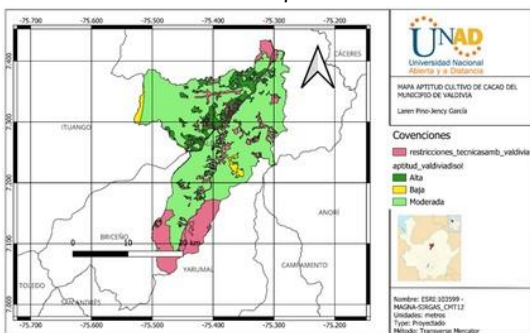
Procedimiento para Aptitud del Suelo para la Agricultura

Una vez que se desarrollaron los tres componentes en formato Ráster (Ambiental, Edáfico, Climático), se procede a aplicar la fórmula del Indicador Compuesto (IC) utilizando la herramienta "Calculadora Ráster", asignando los respectivos pesos porcentuales (40%, 35% y 25%) a cada componente. Esto permite obtener la capa

de "Aptitud Agricultura Valdivia".

Posteriormente, se llevó a cabo una reclasificación de la capa "Aptitud Agricultura cacao Valdivia" con el fin de asignar la clasificación cuantitativa y cualitativa correspondiente.

Figura 8. Aptitud del suelo para cultivo de cacao Municipio Valdivia, Antioquia



Nota: Elaboración propia (2024).

ANÁLISIS Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

El análisis geoespacial realizado en el municipio de Valdivia ha proporcionado resultados detallados y valiosos sobre la aptitud del territorio para el cultivo de cacao. Este estudio se ha centrado en tres componentes principales: ambiental, edáfico y climático, permitiendo una evaluación integral de las condiciones locales y su idoneidad para la agricultura.

El análisis del componente ambiental de Valdivia revela una predominancia de zonas con calificaciones altas y moderadas. Las áreas con alta aptitud, representadas en el mapa con tonos verdes y verdes claros, se caracterizan por la presencia de pastos, herbazales, pastos limpios y diversos cultivos, todos los cuales crean un entorno propicio para el cultivo de cacao. Estas condiciones favorables se encuentran ampliamente distribuidas en el territorio, lo que sugiere que Valdivia posee un ambiente natural que puede sustentar de manera efectiva la agricultura del cacao.

Las pocas restricciones ambientales presentes en el municipio, tales como parques naturales y humedales, son un aspecto positivo que beneficia la explotación de los suelos.

Esta escasez de limitaciones ambientales significa que la intervención humana para preparar el terreno para el cultivo de cacao será mínima, facilitando así la implementación de prácticas agrícolas. Vale destacar que las restricciones ambientales representan el 21,81% del área del municipio de Valdivia.

El componente edáfico del análisis ha proporcionado una visión detallada de las características del suelo en Valdivia. Los suelos en la región son predominantemente franco-arenosos y franco-limosos, con un contenido de materia orgánica del 3.5% y una profundidad de aproximadamente 1.5 metros, lo cual es favorable para el cultivo de cacao debido a su buen drenaje y retención de nutrientes. Además, el pH del suelo, que varía entre 5.5 y 7, es adecuado para el cacao, que prefiere suelos ligeramente ácidos a neutros.

La distribución de las calificaciones edáficas muestra una clara diferenciación geográfica: mientras que el norte de Valdivia presenta suelos altamente beneficiosos para el cultivo de cacao, el sur y el occidente tienen una vocación baja desde la perspectiva edáfica. Las áreas con suelos marginales, con calificaciones bajas o despreciables, requieren una gestión específica para mejorar su aptitud para el cultivo. Según el análisis, el área con calificación alta representa el 20.91% del área total del municipio, la baja el 26.62%, la marginal el 0.01%, y la moderada el 30.65%.

El análisis climático de Valdivia muestra una distribución geográfica destacada en la calidad climática, con un 34.37% del área calificada como alta y un 43.82% como moderada, lo que sugiere su idoneidad para el cultivo de cacao. Además, el clima en Valdivia, con precipitaciones anuales de 1500 a 2500 mm, proporciona un ambiente óptimo y constante para el crecimiento del cacao, lo que indica condiciones altamente favorables para su desarrollo exitoso.

Al ponderar los tres componentes (ambiental, edáfico y climático), el análisis muestra que la mayor parte del suelo en Valdivia tiene una aptitud moderada para el cultivo de cacao con un porcentaje de área del 70% del total del área del municipio.

Esta calificación moderada no implica una limitación severa; por el contrario, indica que con ajustes y manejos adecuados, estas áreas pueden ser altamente productivas.

La cercanía de muchas de las áreas aptas para el cultivo de cacao a cuerpos de agua, como ríos, es una ventaja significativa. El acceso al agua es crucial para la irrigación, especialmente en períodos de menor precipitación. Esta proximidad asegura que las plantas de cacao tengan un suministro de agua adecuado, promoviendo un crecimiento saludable y sostenible.

A pesar de los resultados prometedores, es esencial considerar posibles errores o desviaciones en el estudio. Las evaluaciones basadas en modelos geospaciales pueden verse afectadas por la precisión de los datos utilizados. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios de campo adicionales para validar y ajustar las conclusiones obtenidas.

Las áreas con baja vocación para el cultivo de cacao, principalmente en el sur y el occidente de Valdivia, deberían ser objeto de estrategias de manejo específicas. Estas podrían incluir la mejora de las condiciones del suelo mediante la adición de materia orgánica o enmiendas para ajustar el pH, así como la implementación de técnicas de conservación del suelo y agua.

CONCLUSIONES

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha simplificado la manera en que recopilamos, gestionamos y analizamos datos geospaciales, brindando una representación visual precisa de nuestro entorno. Al combinar estos datos con la metodología multicriterio, hemos logrado evaluar de forma simultánea y detallada las características del suelo, el clima y el entorno ambiental. Gracias a este enfoque, no solo pudimos evaluar la idoneidad del suelo para la agricultura en Valdivia, sino que también establecimos un plan de ordenamiento agroambiental que fomenta un desarrollo sostenible y eficiente de la actividad agrícola de la zona analizada

El estudio geoespacial ha revelado que Valdivia posee condiciones muy favorables para el cultivo de cacao, con una predominancia de áreas de alta y moderada aptitud agrícola. Los suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica y pH adecuado, junto con un clima favorable y pocas restricciones ambientales, crean un entorno propicio para el desarrollo de cultivos de cacao. La identificación de estas zonas permite planificar y llevar a cabo prácticas agrícolas de manera eficiente, optimizando los recursos disponibles y maximizando la productividad agrícola. Con una gestión adecuada y la implementación de estrategias adaptativas en las áreas menos favorables, Valdivia puede convertirse en una región prominente para la producción de cacao, beneficiando tanto a los agricultores locales como a la economía regional en su conjunto.

En Valdivia, las áreas cercanas a los ríos son especialmente propicias para el cultivo de cacao, gracias a la disponibilidad de agua y suelos fértiles. Las zonas al norte del municipio son particularmente adecuadas para el cultivo, debido a las características edáficas y climáticas favorables. Estas áreas presentan suelos franco-arenosos y franco-limosos, con buena retención de agua y nutrientes, y un pH adecuado para el crecimiento del cacao.

Las áreas centrales también muestran un alto potencial para el cultivo de cacao, beneficiándose del clima cálido y húmedo de la región. Sin embargo, es importante notar que el sur y el occidente de Valdivia presentan limitaciones edáficas que requieren atención y manejo específico para mejorar la aptitud del suelo.

RECOMENDACIONES

A pesar de los resultados prometedores, es esencial considerar posibles errores o desviaciones en el estudio. Las evaluaciones basadas en modelos geospaciales pueden verse afectadas por la precisión de los datos utilizados. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios de campo adicionales para validar y ajustar las

conclusiones obtenidas.

Las áreas con baja vocación para el cultivo de cacao, principalmente en el sur y el occidente de Valdivia, deberían ser objeto de estrategias de manejo específicas. Estas podrían incluir la mejora de las condiciones del suelo mediante la adición de materia orgánica o enmiendas para ajustar el pH, así como la implementación de técnicas de conservación del suelo y agua.

Con base en los resultados del análisis geoespacial, se sugiere promover la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en las áreas identificadas como aptas para el cultivo de cacao. Esto incluye el uso eficiente de los recursos hídricos, la gestión adecuada del suelo para mantener su fertilidad y la adopción de técnicas de cultivo que minimicen el impacto ambiental. Además, se podrían establecer programas de capacitación para los agricultores locales, enfocados en prácticas agrícolas modernas y sostenibles, con el fin de mejorar la productividad y la calidad del cacao cultivado en Valdivia.

BIBLIOGRAFIA

Batista, L. (2009). Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. Recuperado de <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>

Dirección General de Investigación Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). Aspectos Técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Gobernación de Antioquia. (19 de mayo de 2024). Valdivia. Recuperado de <https://corregimientos.antioquia.gov.co/valdivia/>

Gis & Beers. (s.f.). ¿Qué son los análisis multicriterio en un SIG? Recuperado de <http://www.gisandbeers.com/como-realizar-un-analisis-multicriterio-sig/>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2022). Magdalena ya superó sus terrenos aptos para el desarrollo agropecuario. Recuperado de <https://igac.gov.co/es/noticias/magdalena-ya-supero-sus-terrenos-aptos-para-el-desarrollo-agropecuario-igac>

IDEAM. (s.f.). Brillo solar del municipio de Valdivia. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia_\(Antioquia\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia_(Antioquia))

Pérez, C., Pérez, J., Santana, L., Gustabello, R., & Becerra, E. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 13(2), 30-46. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v13n2/2227-1899-rcci-13-02-30.pdf>

Quintero, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. Agroalimentaria, 9(18), 47.

Wikipedia. (s.f.). Mapa de Valdivia, Antioquia [Archivo de imagen]. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia_\(Antioquia\)#/media/Archivo:Colombia_-_Antioquia_-_Valdivia.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Valdivia_(Antioquia)#/media/Archivo:Colombia_-_Antioquia_-_Valdivia.svg)

LINK DE SUSTENTACIÓN

<https://youtu.be/wRVZRrcTef8>