

Zonificación de áreas para siembra de cultivos frutales (“Guayaba, Lulo, Plátano y Aguacate”), priorizados en el Valle del Cauca

How to write a research paper as a degree option in the Faculty of Engineering

José Luis Rendon Valencia
jose.rendon01@usc.edu.co

Harold Andrés Bedoya Duque
harold.bedoya00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Resumen

La realización de este estudio se enmarca en el reconocimiento de la vital importancia que la agricultura posee tanto en la economía como en la identidad cultural del departamento del Valle del Cauca. El propósito fundamental de esta investigación es proporcionar herramientas que contribuyan de manera significativa a la toma de decisiones respecto a la inversión pública destinada a fortalecer este sector agrícola clave. Para lograr este objetivo, se implementó una meticulosa metodología de análisis multicriterio, centrada en la evaluación y clasificación de la información climática y edáfica disponible de forma accesible para el Departamento del Valle del Cauca.

La priorización de cuatro especies de frutales, a saber, Guayaba, Lulo, Plátano y Aguacate, se llevó a cabo considerando su relevancia dentro del contexto agrícola departamental. En la fase climática, se integraron datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y brillo solar horas/día, mientras que en el componente edafológico se analizaron datos de pendiente y erosión. La cartografía de la distribución espacial de estas variables se ejecutó mediante la aplicación del método de interpolación de la distancia inversa ponderada con el programa ArcMap (Terán et al 1998), resultando en mapas especializados a una escala detallada de 1:25.000.

Este minucioso proceso permitió la delimitación de áreas mediante polígonos, considerando las variables climáticas y edáficas. La cartografía resultante de las áreas con aptitud productiva se estructuró en una escala de tres categorías, clasificadas como Alta, Moderada y No Apta. El producto final de esta investigación se traduce en mapas de aptitud de siembra específicos para las cuatro especies de frutales en el departamento del Valle del Cauca. Esta clasificación, de gran relevancia en la planificación agropecuaria regional, se presenta como un componente esencial para los proyectos de ordenamiento territorial, proyectando un impacto positivo y sostenible en la región.

Palabras Clave: Cartografía, Análisis multicriterio, Usos de la información climática y edáfica, Zonificación agrícola, Aptitud Agrícola.

Abstract

This study was conducted in recognition of the vital importance of agriculture in the economy and cultural identity of the department of Valle del Cauca.

The main purpose of this research is to provide tools that make a significant contribution to the decision-making process regarding the public investment designed to strengthen this key agricultural sector. To achieve this goal, a thorough methodology of multi-criteria analysis was implemented, focused on the evaluation and classification of available information about climatic and edaphic data for the Department of Valle del Cauca.

The prioritization of four fruit species, namely Guava, Lulo, Plantain and Avocado, was carried out considering their relevance in the agricultural context of this Department. In the Climatic phase, precipitation, temperature, relative humidity and sunlight (hours/day) data were integrated, while for the Edaphological component, slope and erosion data were analyzed.

The mapping of the spatial distribution of these variables was executed applying IDW (Inverse Distance Weighting) Interpolation Method Using ArcGIS Pro, resulting in specialized maps at a detailed scale of 1:25,000.

This careful process allowed the delimitation of areas by polygons, considering Climatic and Edaphic variables.

The resulting cartography showing the areas with productive suitability was structured on a scale of four categories.

The finished product of this research consists of Crop Suitability Maps, for the four species of fruit trees in the department of Valle del Cauca. This classification, which is of great relevance in regional agricultural planning, is presented as an essential component for territorial planning projects, predicting a positive and sustainable impact in the region.

Keywords: document formatting; submit-ready manuscript

1. INTRODUCCIÓN

El Valle del Cauca, situado en la región suroccidental de Colombia, ha emergido como uno de los epicentros de la producción agrícola en el país, gracias a su variado clima, topografía y condiciones edáficas (Díaz et al., 2018). En particular, el cultivo de frutas tropicales ha experimentado un crecimiento significativo en esta región debido a su diversidad de microclimas y a la creciente demanda tanto en mercados nacionales como internacionales (Martínez et al., 2020). Entre las frutas más prominentes cultivadas en el Valle del Cauca se encuentran el aguacate, el plátano, la guayaba, la mora, el lulo y los cítricos, que representan fuentes vitales de ingresos para los agricultores locales y contribuyen al desarrollo económico de la región (Rojas et al., 2019).

La zonificación agrícola es una herramienta fundamental en la planificación y gestión de la producción agrícola, ya que permite gestionar el territorio mediante el uso sostenido de los recursos (Olivares et al., 2018), identificar áreas con características climáticas y edáficas específicas que son óptimas para el desarrollo de cultivos particulares (Gómez et al., 2017). En este contexto, el presente estudio realiza una zonificación detallada para los cultivos de Aguacate, Plátano, Guayaba y Lulo, en el Valle del Cauca, Colombia. Esta iniciativa tiene como objetivo proporcionar a los agricultores, autoridades locales y tomadores de decisiones información precisa y científicamente respaldada sobre las áreas más adecuadas para el cultivo de estas frutas, considerando las variaciones en el clima y algunas propiedades del suelo en toda la región.

La zonificación agrícola en el contexto de estos cultivos frutales permitirá optimizar la asignación de recursos, mejorar la gestión de la producción, reducir los riesgos asociados a la agricultura y promover la sostenibilidad agrícola en el Valle del Cauca (Pérez et al., 2021). Además, esta investigación contribuirá a fortalecer la competitividad de los productores locales en los mercados nacionales e internacionales, al proporcionar orientación sobre las áreas con el mayor potencial para el cultivo de estas frutas de alto valor comercial (Torres et al., 2018).

En este sentido, el presente estudio a partir de una metodología de análisis multicriterio que integra la recopilación y análisis de datos climáticos y edáficos, así como técnicas de georreferenciación y sistemas de información geográfica (Sánchez et al., 2016). La zonificación resultante se espera que se convierta en una herramienta valiosa para la toma de decisiones en la planificación de cultivos frutales en el Valle del Cauca, fomentando la eficiencia y la sostenibilidad en el sector agrícola de la región

2. METODOLOGÍA

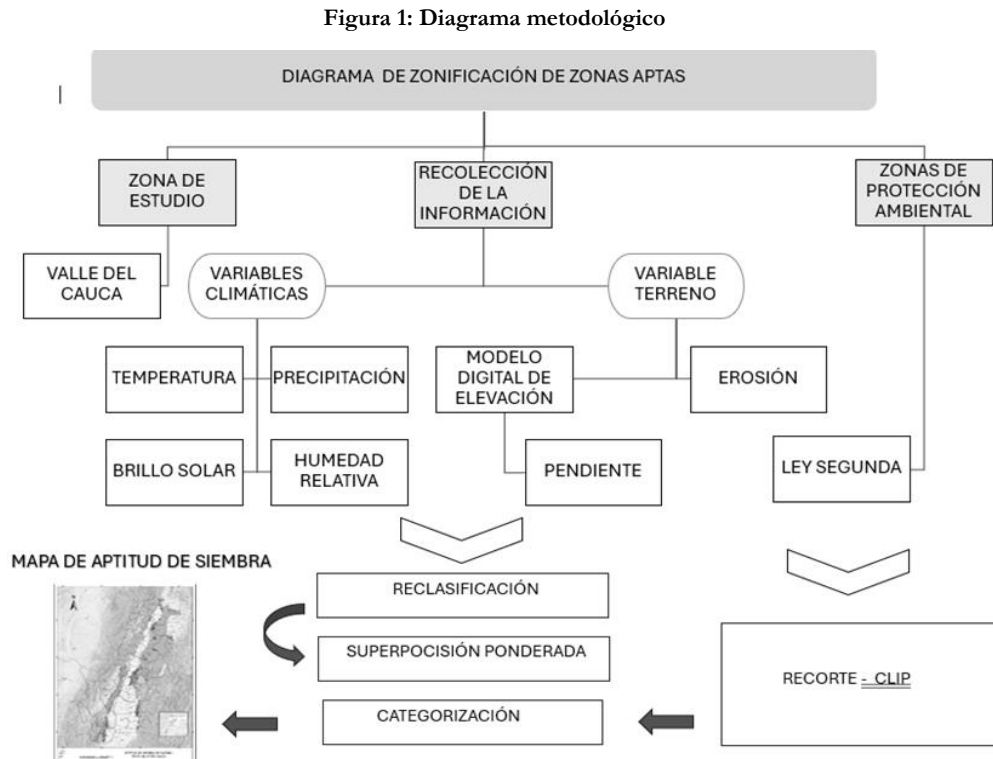
De acuerdo con los objetivos propuestos para la zonificación de zonas aptas para siembra de cultivos frutales de aguacate hass, plátano, guayaba y lulo en el Valle del Cauca, fue necesario realizar una revisión de conceptos, planteamientos y metodologías realizadas por otros autores y así establecer una adecuada metodología.

Para la zonificación de cultivos es importante la asignación de criterios para la agrupación de las variables que se toman en cuenta para el establecimiento y el desarrollo de los cultivos (Cano, 1996).

Para ese estudio, se tomó como referencia la metodología propuesta por León et al., en el 2021 y Chalarca et al., en el 2002 en donde se combinan el análisis de variables de suelo y clima en el Valle del Cauca, que se centran en el análisis de

las necesidades edafoclimático del plátano, aguacate Hass, lulo, mandarina y limón Tahití, integrándose y analizándose por medio de técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de identificar las zonas con aptitud de siembra para los frutales objeto de estudio en el Valle del Cauca.

Para el desarrollo de la zonificación de zonas aptas para la siembra de los cuatro frutales objeto de análisis, se empleó siete (7) procedimientos principales, los cuales se pueden apreciar en el Diagrama de la Figura 1.



Fuente. Elaboración propia, 2023.

2.1 Zona de estudio: Para el desarrollo de este estudio se descargó del geo visor de la CVC -geocvc (2023) la capa en formato Shape del Departamento del Valle del Cauca, el cual está ubicado al suroccidente de Colombia, al pie de la Cordillera Central.

2.2 Recolección de la información: para la obtención de datos de clima, suelo, y datos de las necesidades edáficas de los frutales objeto a estudio, fue necesario la consulta de fuentes de información bibliográficas, el uso de fuentes secundarias (COLOMBIA EN MAPAS Y CVC 2023). En la siguiente Tabla, se detalla las variables obtenidas mediante descarga web a través de las distintas fuentes consultadas, así como también el tipo de variable, temporalidad y año de publicación.

Tabla 1. Datos utilizados

CLASE	Variables Seleccionadas	Tipo de Variable	Año	Temporalidad	Fuente	Enlace
TERRENO	DEM	Raster	2011	Anual	Colombia en mapas	(https://www.colombiaenmapas.gov.co/)
	Pendiente	Raster	2011	Anual	Colombia en mapas	DEM (https://www.colombiaenmapas.gov.co/)

	Erosión	Shapefile	2019	Anual	CVC	https://www.geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/
CLIMA	Precipitación	Shapefile	1986 - 2010	Media mensual y anual historica	CVC	https://www.geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/
	Temperatura °C	Shapefile	1986- 2010	Media mensual y anual historica	CVC	https://www.geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/
	Humedad Relativa-HR en %	Shapefile	1986- 2010	Media mensual y anual historica	CVC	https://www.geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/
	Brillo solar horas/día	Shapefile	1986- 2010	Anual promedio	CVC	https://www.geo.cvc.gov.co/visor_avanzado/

Fuente: Elaboración Propia 2023

De igual manera, se consultaron fuentes de profesionales agrónomos, a través de entrevistas, posteriormente se realizó el acopio de información para los requerimientos de cada uno de los frutales objeto de estudio, en función de todas las variables tenidas en cuenta para la zonificación. Estos requerimientos se agruparon en dos variables de Zonificación las cuales denominamos “Terreno” y “Clima” y de esta manera emplearse en la reclasificación de las variables en categorías de aptitud (ver tabla 2.).

Tabla 2. Variables y rangos de aptitud óptimo requerido

CLASE	Variables ideales selección	Aguacate Hass	Plátano	Guayaba	Lulo
TERRENO	Pendiente	0 - 30%	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 30%
	Erosión	Moderada	Ligera	Ligera - Moderada	Ligera
	Precipitación	1200	1200	800 - 2000	1500 - 2000
CLIMA	Temperatura °C	17,9 - 19,7	18 - 38	18 - 28	14 - 18
	Humedad Relativa-HR en %	60 - 70	60 - 70	60 - 70	70 - 80
	Brillo solar horas/día	5,5-6	5 a 6	4,5	4 a 6

Fuente: Elaboración Propia 2023

Teniendo los requerimientos de cada cultivo se realizó una búsqueda de información existente y de libre acceso que permitiera realizar la caracterización del Departamento en las variables edafoclimáticas identificadas.

La información empleada para este estudio fue la siguiente:

- ❖ Variables clase Terreno:
 - Pendiente: esta variable se calculó a partir de un DEM del Valle del Cauca descargado del Geoportal datos abiertos del IGAC¹, este archivo se procesó mediante el software ArcGIS Pro-versión 3.1.1
 - Erosión: Esta Capa de información se obtuvo del Geoportal de la CVC² a escala 1:25.000.

¹ Datos abiertos subdirección de Catastro y Geografía <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

² Geoportal de la CVC <https://geo.cvc.gov.co/visores/suelos/59/>

- ❖ Variables clase Clima:
 - Todas las variables de la clase Clima se descargaron del Geoportal de la CVC a escala 1:25.000.

2.3 Procesamiento de la información.

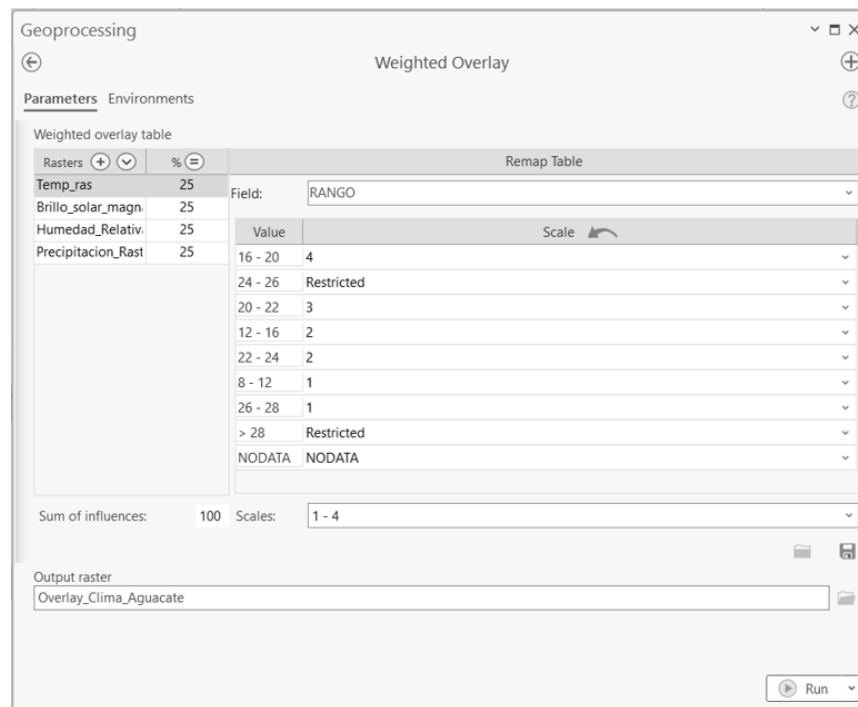
2.3.1 Ajuste y reclasificación de variables.

Una vez identificadas las variables y rangos óptimos para la zonificación de cada uno de los frutales, se realizó un ajuste en el software Arcgis Pro a cada una de las variables empleadas en archivos Raster. Al reclasificar por rangos de valores, las herramientas de reclasificación requieren límites inferiores y superiores de los valores existentes en el raster de entrada, y el valor alternativo que se va a asignar al rango de valores. Todos los valores del raster original, que caen en el rango especificado de valores, recibirán el valor alternativo asignado a ese rango. (ArcGIS Pro, 2023). Para este estudio en particular, los rangos de valores que se ingresaron a cada frutal se encuentran contenidos en la Tabla2.

2.3.2 Ajuste y reclasificación variable clima y Terreno:

Teniendo en cuenta las cuatro (4) variables de la zonificación de Clima (Temperatura, Brillo Solar, Humedad Relativa y Precipitación) y las dos (2) variables de Terreno (Pendiente y Erosión), se realizó una asignación de pesos a cada variable mediante la herramienta “Weighted Overlay” de Arcgis Pro, como se puede apreciar en la imagen 1

Imagen 1. Procesamiento Weighted Overlay



Fuente: Elaboración Propia

2.3.3 Superposición ponderada:

Después de contar con las reclasificaciones de las Variables de Clima y Terreno para cada frutal, se realizó una superposición ponderada entre estas dos variables (Clima y Terreno) en el software Arcgis Pro, en el que se ubica los rangos predefinidos en la reclasificación del raster, qué para el estudio realizado se empleó una escala del 1 al 4, donde “4” es el valor con mayor importancia y “1” es el de menor importancia, finalmente se realiza un proceso de ponderación de acuerdo con los pesos asignados a dichas clasificaciones, según los grupos de variable de Clima y Terreno. Según la referencia de la herramienta de Superposición ponderada de Arcgis Pro, La superposición ponderada coloca los datos de entrada en una escala definida (la escala predeterminada es de 1 a 9), pero para el estudio realizado, se empleó una escala del 1 al 4, posteriormente pesa los rásteres de entrada y los agrupa. Las ubicaciones más favorables para cada criterio de entrada se

reclasificarán con valores más altos, como 4. En la herramienta Superposición ponderada, las ponderaciones asignadas a los rásteres de entrada deben ser igual al 100%. Las capas se multiplican por el multiplicador correcto y, para cada celda, se agrupan los valores resultantes. La Superposición ponderada presupone que los factores más favorables tienen como resultado los valores más altos en el ráster de salida; por lo tanto, identifica estas ubicaciones como las mejores. (ArcGIS Pro, 2023).

2.3.4 Categorización:

Para la vinculación de áreas finales de la zonificación, se reasignó valores a las capas producidos en la superposición ponderada de los datos espaciales a una escala de aptitud, para este estudio los valores reasignados fueron 1 para las zonas no aptas, 2 para las zonas moderadas y 3 para las zonas altas, en la Figura No.2 se observa la escala de aptitud por color asignada.

Figura 2: Escala de aptitud según los valores de reclasificación

	NO APTA	Áreas donde no existen las condiciones mínimas que permitan el cultivo. Las inversiones realizadas pueden no derivar en resultados (mínimos).
	MODERADA	Áreas donde se presentan restricciones moderadas, se pueden requerir de algunas inversiones, pero menores. Estas áreas se aproximan a lo óptimo.
	ALTA	Áreas donde no existen limitantes y se encuentran las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo

Fuente: Elaboración Propia

2.3.5 Recorte zonas de protección:

Como paso final después de la superposición ponderada, se restó la capa de áreas protegidas del Valle del Cauca obtenidas del (SINAP 2023) a cada una de las capas ráster de zonificación de aptitud de siembra resultante para cada frutal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de realizar el proceso metodológico anterior se obtuvo los siguientes resultados:

3.1 Localización.

Este proyecto se desarrolló en el Departamento del Valle del Cauca que debido a diferentes características como el clima variado, que incluye zonas cálidas en los valles y zonas más frescas en las laderas montañosas, brinda condiciones ideales para una amplia variedad de cultivos frutícolas, la diversidad climática permite cultivar frutas tropicales y subtropicales, así como algunas variedades que requieren climas más frescos, además la región cuenta con suelos fértiles y bien drenados, lo que proporciona un ambiente propicio para el desarrollo de sistemas radiculares saludables de los árboles frutales. La disponibilidad de nutrientes en el suelo contribuye al crecimiento vigoroso de las plantas y a la producción de frutas de calidad.

A todo lo anterior le sumamos la presencia de importantes ríos como el Cauca, junto con sistemas de irrigación bien desarrollados, asegura, en la mayoría de las zonas, un suministro constante de agua para el riego de los cultivos.

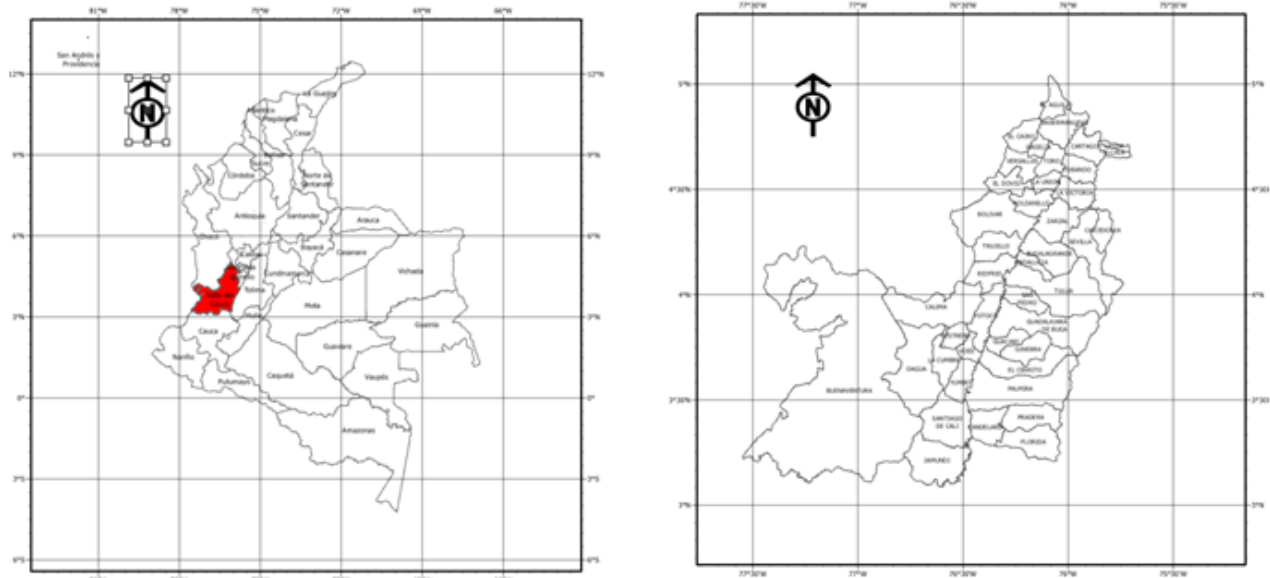
Por lo anterior el valle del cauca ha desarrollado una sólida tradición agrícola, La experiencia acumulada a lo largo de los años ha permitido implementar prácticas agronómicas avanzadas que optimizan la producción y la calidad de las frutas. Es por esto que la producción frutícola del Valle del Cauca no solo abastece el mercado interno, sino que también tiene un

impacto significativo en las exportaciones de frutas colombianas.

3.2 Zona de estudio:

Como primer paso metodológico se delimito la zona de estudio en el Departamento del Valle del Cauca, el cual según la Gobernación del Valle³, se ubica en el sur occidente de Colombia, formando parte de las regiones andina y pacífica, con 42 municipios: localizado entre las coordenadas geográficas 05°02'08" y 03°04'02" de latitud norte y a los 72°42'27" y 74°27'13" de longitud oeste.

Figura 3: Mapa de ubicación Valle del Cauca



Fuente: Elaboración propia

3.3 Recolección de la información.

En consideración a la revisión bibliográfica se determinaron las variables climáticas y edáficas para el análisis de la información espacial, una vez identificadas dichas variables se recopiló información de tercer orden a través los geoportales de la CVC, del IGAC y de Colombia en mapas, donde a través de procesamiento de herramientas SIG se pudo establecer las zonas aptas para siembra de los fútales de Aguacate hass, Plátano, guayaba y lulo en el Valle del Cauca.

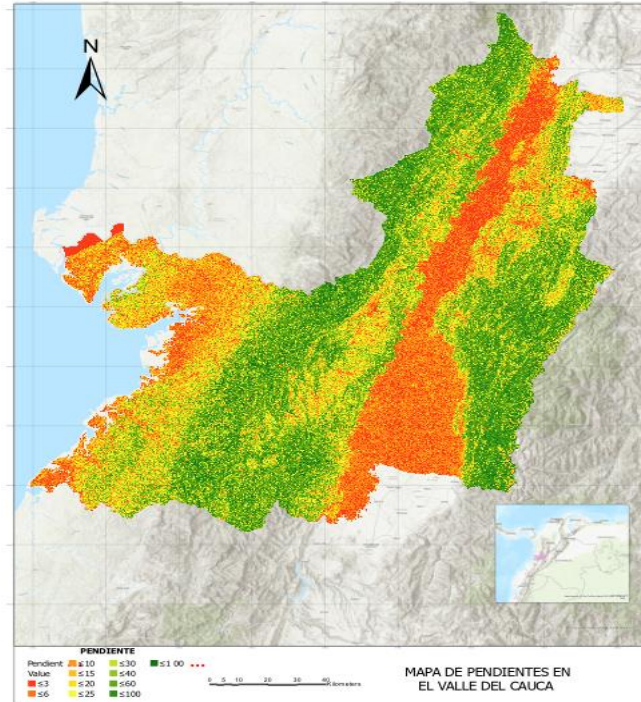
3.4 Procesamiento de la información:

3.4.1 Ajuste y reclasificación de las variables.

Normalización de las variables Terreno: Como primer paso, una vez descargado del geoportal del IGAC el modelo digital de elevación (DEM), del Valle del Cauca, mediante un procesamiento del software Arcgis Pro, se generó un mapa de pendientes (Ver imagen 4), que será determinante para la superposición de capas de la variable terreno que a su vez se superpondrá con las variables clima.

³ <https://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/60137/mapas-y-territorios/>

Figura 4: Mapa de pendiente del Valle del Cauca



Fuente: Elaboración Propia

Una vez contamos con el mapa de pendientes en formato Raster, este se procedió a clasificar en los en el software Arcgis, mediante la herramienta “Reclassify”, los rangos de pendiente requeridos para cada frutal, relacionados en la tabla 3.

Tabla 3: Pendiente óptima para cada frutal

CLASE	Variables ideales selección	Aguacate Hass	Plátano	Guayaba	Lulo
TERRENO	Pendiente	0 - 30%	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 30%

Fuente: Elaboración Propia 2023

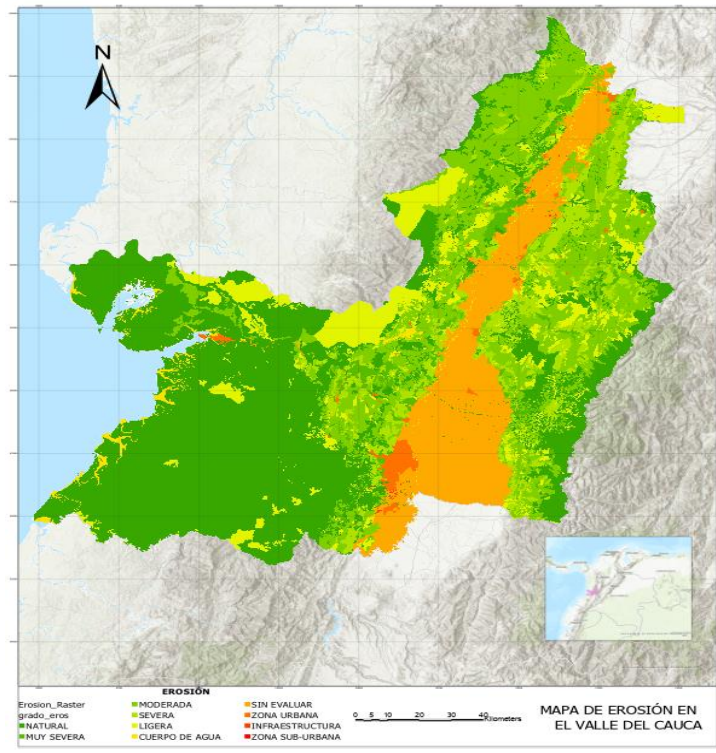
De igual forma se clasifico la capa de erosion, dando como resultado la Figura 5, la cual previamente tuvo que convertirse a formato raster, para posteriormente clasificarla y asignarle las categorias de erosión que se pueden a presiar en la tabla 4 a cada frutal.

Tabla 4: Erosión óptimo para cada frutal

CLASE	Variables ideales selección	Aguacate Hass	Plátano	Guayaba	Lulo
TERRENO	Erosión	Moderada	Ligera	Ligera - Moderada	Ligera

Fuente: Elaboración Propia 2023

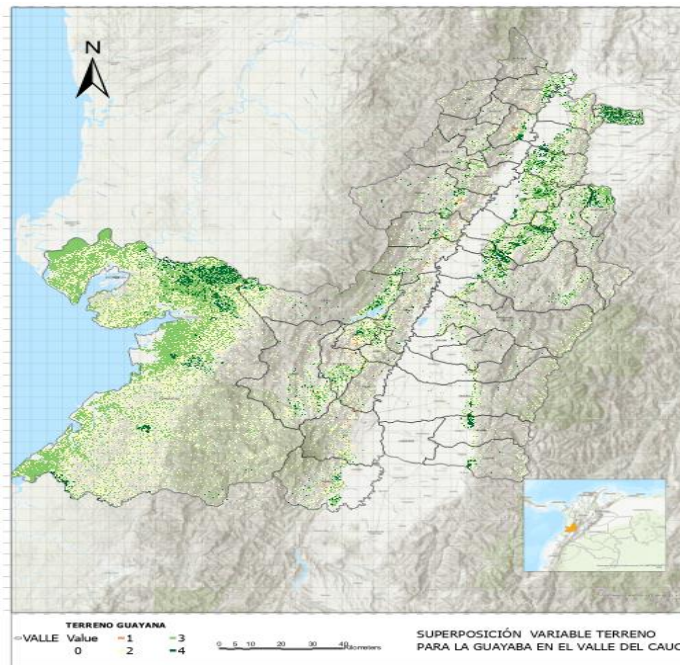
Figura 5: Mapa de Erosión en el Valle del Cauca.



Fuente: Elaboración Propia

Con las dos capas de Terreno clasificadas en los rangos de aptitud, se procedió a realizar una superposición ponderada entre sí (Ver figura 6), en la que se asignan pesos a cada variable mediante la herramienta “Weighted Overlay” de Arcgis Pro.

Figura 6: Superposición variable Terreno para la Guayaba



Fuente: Elaboración Propia

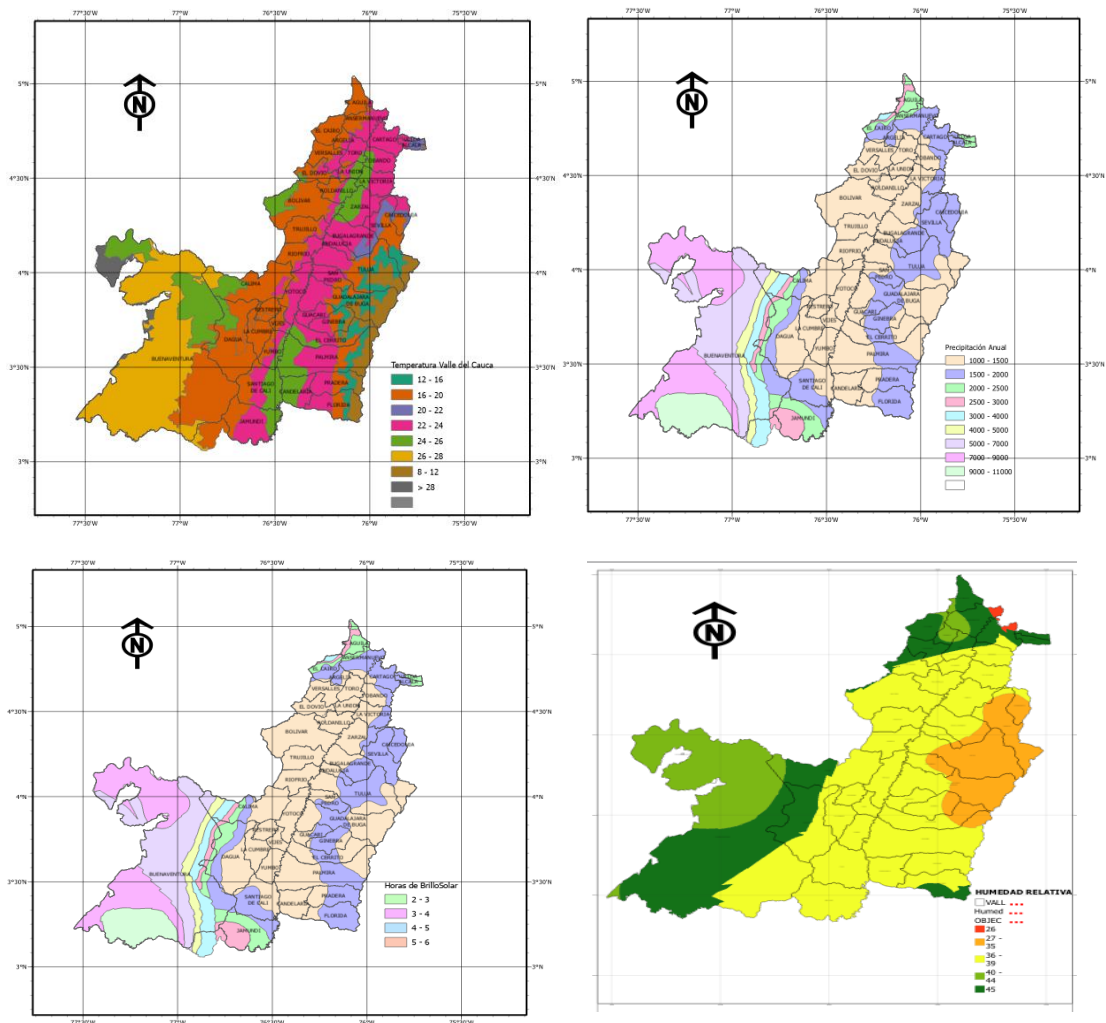
Para la variable clima, primero se convirtieron las capas obtenidas del geoportal de la CVC a raster, para posteriormente realizar una reclasificación a cada una de las cuatro (4) capas (Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa y Brillo Solar), en el software Arcgis (ver figura 7), mediante la herramienta Reclassify, esta reclasificación se manejo de acuerdo a los rangos obtenidos en la tabla 5.

Tabla 5: Rangos óptimos para las variable clima

CLASE	Variables ideales selección	Aguate Hass	Plátano	Guayaba	Lulo
	Precipitación	1200	1200	800 - 2000	1500 - 2000
	Temperatura °C	17,9 - 19,7	18 - 38	18 - 28	14 - 18
CLIMA	Humedad Relativa-HR en %	60 - 70	60 - 70	60 - 70	70 - 80
	Brillo solar horas/día	5,5-6	5 a 6	4,5	4 a 6

Fuente: Elaboración Propia 2023

Figura 7: Reclasificación de las variables Clima



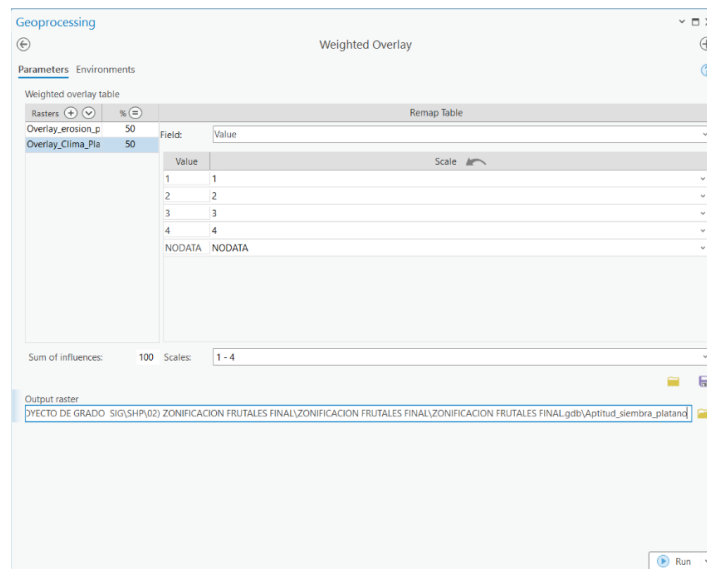
Fuente: Elaboración Propia 2023

De igual forma que como la asignación de pesos a la variable Terreno, se realizó la asignación de pesos a la a cada una de las variables Clima, ponderándolas de una escala del 1 al 4, siendo la “4” la escala de mayor aptitud y “1” la de menor aptitud.

3.5 Superposición ponderada:

Con las Variables de Terreno y Clima reclasificadas y ponderadas en los valores de aptitud para cada frutal, se realizó una superposición ponderada entre las dos variables Terreno y clima en los cuatro (4) frutales, asignando pesos a cada variable, distribuyéndose un peso del 50 % para la capa de Terreno y el 50% para la Variable Clima y una escala del 1 al 4, lo cual permite tener una mejor una distribución de las variables de forma equitativa y otorgando una escala de acuerdo con su condición. Esta herramienta A continuación, en la figura 8, se aprecia la asignación de pesos y de escala a la superposición ponderadas de las dos variables.

Figura 8: Superposición ponderada - Terreno y Clima (Asignación de pesos)



Fuente: Elaboración Propia 2023

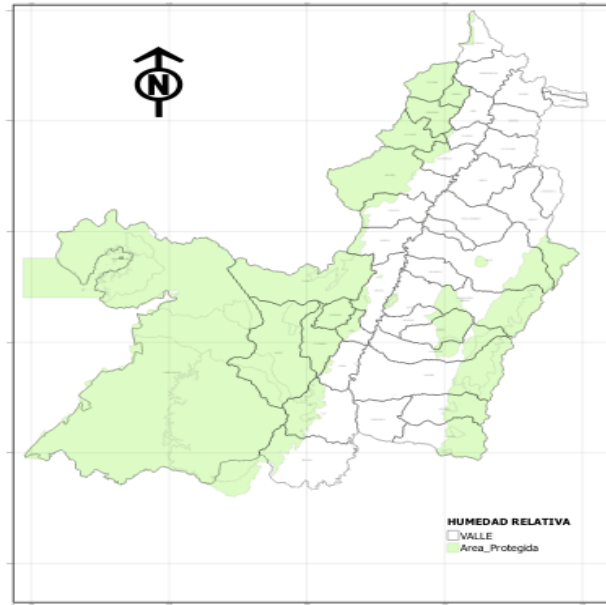
3.6 Recorte zona de protección:

De acuerdo al DNP, las entidades territoriales poseen responsabilidades ambientales, la Ley 99 de 1993 fundamentada en los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario define las funciones y temáticas que deben ser incluidas en los programas, planes y proyectos de desarrollo de las entidades territoriales departamentos, municipios, distritos especiales, distrito capital y regiones, en relación con la planeación ambiental, tales como dar apoyo presupuestal, técnico, administrativo y financiero a las autoridades ambientales para preservar, conservar, controlar y vigilar el medio ambiente y los recursos naturales, velar por un ambiente sano, promover el desarrollo sostenible, la restauración en la escala municipal y articulados a nivel departamental, regional, nacional o fronterizo entre otros (art 63-68).

Actualmente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas -SINAP. está conformado por 1.198 áreas protegidas que ocupan una superficie de 31.260.179 hectáreas, equivalentes al 15,10 % del Territorio Nacional (de esta superficie 18'442.998 hectáreas son terrestres y 12.817.181 hectáreas marinas) (RUNAP, octubre 2019).

En consideración a lo expuesto y para el logro de tales fines en este proyecto, se descargó la capa en shape de áreas protegidas del (SINAP 2023 (Ver figura 9)), para que finalmente las capas obtenidas como zonificación de cada frutal sea restada o recortada con la herramienta “Clip” del software ArcgisPro.

Figura 9: Áreas de protección ambiental en el Valle del Cauca

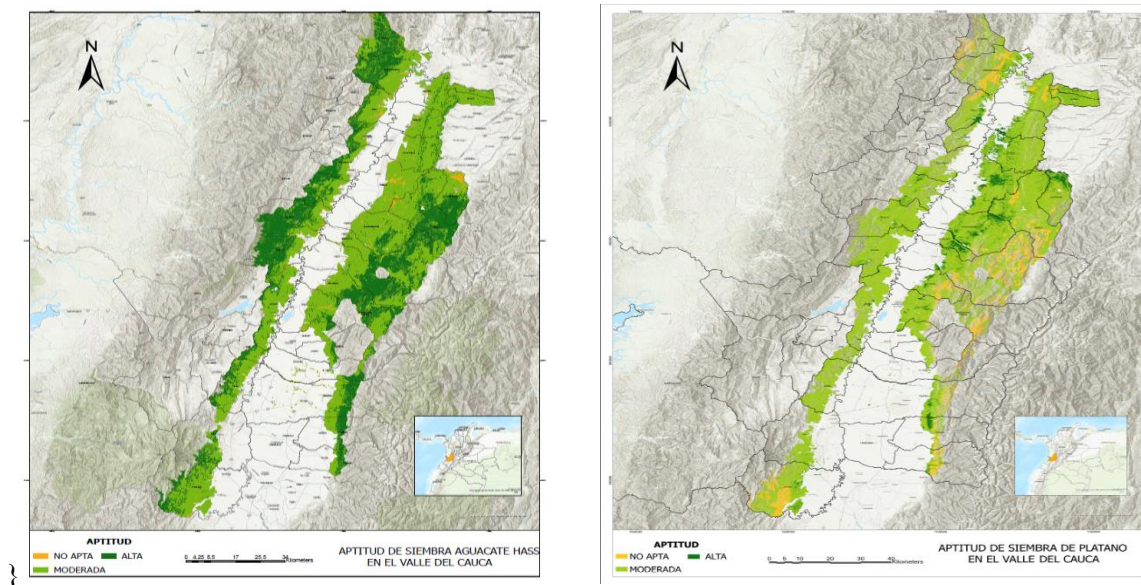


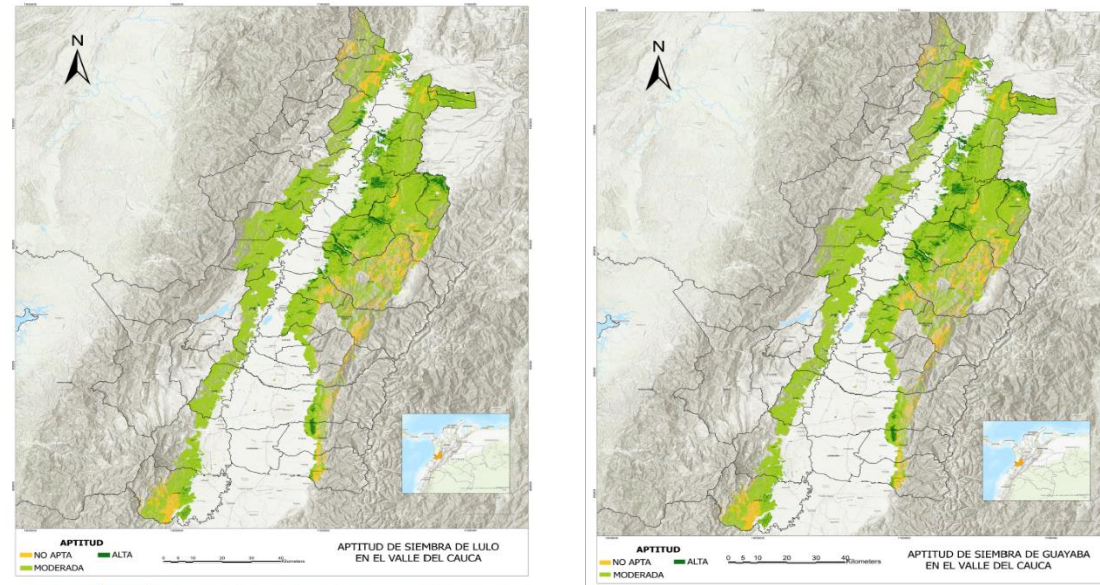
Fuente: Elaboración Propia 2023

3.7 Reclasificación de las variables en categoría de aptitud.

Una vez obtenidas las capas de zonificación de los cuatro frutales con las áreas protegidas del Valle del Cauca sustraídas, como ultimo procedimiento de análisis geográfico en el Software Arcgis, se procede a categorizar los layers de cada capa de zonificación, concediendo tres (3) rangos de aptitud, los cuales son: No Apta, para las áreas donde no existen las condiciones mínimas que permitan el cultivo, la Moderada, para las áreas donde se presentan restricciones moderadas, se pueden requerir de algunas inversiones, pero menores. Estas áreas se aproximan a lo óptimo y la aptitud Alta, Para las Áreas donde no existen limitantes y se encuentran las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Dando como resultado final un mapa de aptitud para el Aguacate Hass, el plátano, el lulo y la guayaba en el valle del cauca, como se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10: Mapas de aptitud de siembra para el Aguacate Hass, el plátano, Lulo y Guayaba





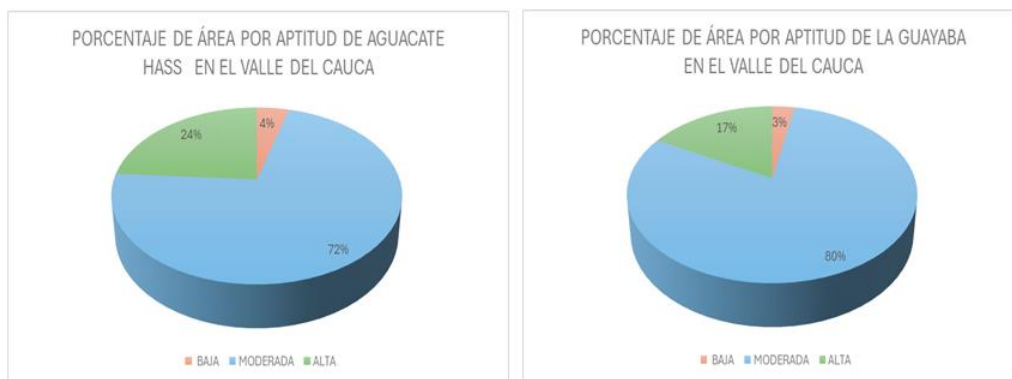
Fuente: Elaboración Propia 2023

A partir del análisis de la información obtenida es posible determinar las áreas con mayor potencial para siembra de los frutales de aguacate hass, plátano, lulo y guayaba en el valle del cauca.

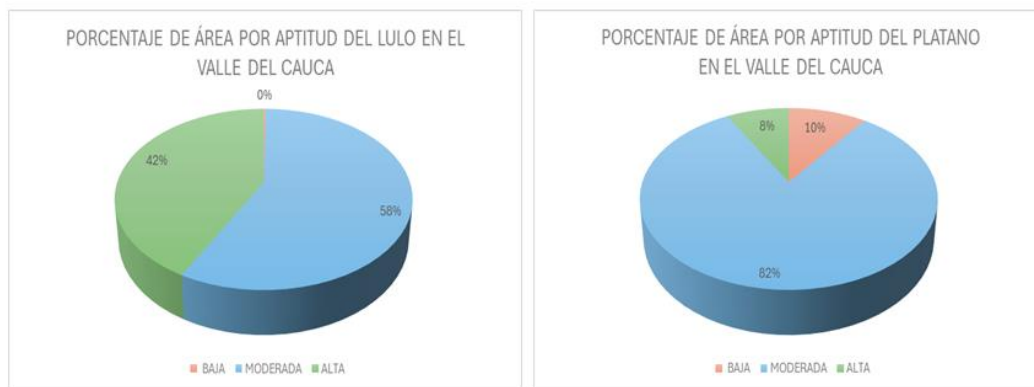
Los municipios de Tuluá, Sevilla y Bugalagrande, son tres (3) de los treinta y dos (32) municipios del Valle del cauca con mayor representación en actitud alta y moderada para los cuatro (4) frutales, con relación a su importancia por tamaño de área, seguidos por otras tres (3) zonas con buena potencialidad para aptitud de siembra, como lo son: Jamundí, Guadalajara de buga y Ansermanuevo y pocas zonas con potencialidad baja, más que todo para los frutales de plátano, lulo y guayaba, los cuales tiene aptitud baja en la ladera oriental y en los municipio al extremo de la zona norte del departamento, como los son el águila, Ansermanuevo y Cartago.

Al observar la distribución porcentual de las áreas de aptitud para cada frutal (Ver figura 11), se observa que la aptitud moderada para los cuatro frutales tiene mayor representación en todo el departamento, para el aguacate hass en un área de 346,053 ha, tiene una representación del 72%, para la guayaba en un área de 116, 264 ha, tiene una representación de 80%, para el lulo en un área de 278,145 ha, tiene una representación de 58% y para el plátano en un área de 322, 579 ha con una representación de 82% (Ver tabla 5).

Figura 11: Porcentaje de área por aptitud en el Valle del Cauca.



Fuente: Elaboración Propia 2023



Fuente: Elaboración Propia 2023

Tabla 5. Porcentaje de área por aptitud de siembra en el departamento

FRUTAL	BAJA (área (ha))	MODERADA (área (ha))	ALTA (área (ha))
Plátano	39,949	322,579	32,148
Aguacate	20,769	346,053	115,429
Guayaba	4,434	116,264	24,729
Lulo	1,281	278,145	204,437

Fuente: Elaboración Propia 2023

Como se evidencia en el diagrama de barras de la Figura 12, para el aguacate hass, los municipios de Tuluá, Sevilla, Guadalajara de buga, Bugalagrande, Ansermanuevo, Jamundí, Trujillo, Riofrio y en menor proporción, Caicedonia, el Águila, San pedro y Palmira, se caracterizan por contar con áreas de aptitud Alta, siendo Tuluá , Trujillo y Sevilla los municipios más representativos para la siembra optima de aguacate hass, con áreas mayores a las 11.900 has y que pueden llegar a las 19,900 has, para el caso del municipio de Tuluá.

Figura 12: Representación del Aguacate hass, en municipios del Valle del Cauca con relación a su importancia por área



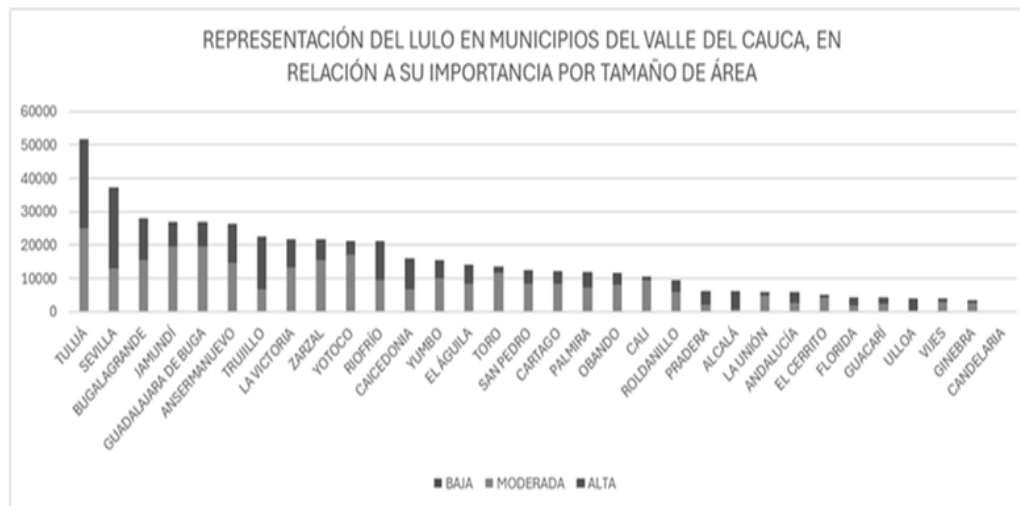
En la Figura 13, se observa que la representación de aptitud alta de la Guayaba es mayor en los municipios de la Victoria y Zarzal, con áreas que superan las 3,100 has, seguido por los municipios de Bugalagrande y Sevilla, que van desde las 1,600 has a 2,200 has. Ya en menor proporción lo siguen los municipios de Tuluá, Caicedonia, Alcalá y Ulloa, que va desde las 1,100 has a las 1,600 has.

Figura 13: Representación de la Guayaba en municipios del Valle del Cauca con relación a su importancia por área



Para el Lulo, en la Figura 14, se observa una representación bastante significativa en cuanto a área de aptitud alta, para los municipios de Tuluá y Sevilla con áreas que van desde las 26,779 has y 24,332 has respectivamente. Seguido por los municipios de Trujillo, Bugalagrande, Riofrio y Ansermanuevo que van desde las 11,800 has hasta municipios como Trujillo con 15,700 has. Ya en menor proporción con áreas que van desde las 6,000 has hasta las 10,000, se encuentran municipios como La victoria, Jamundí, Guadalajara de Buga, Zarzal y Caicedonia,

Figura 14: Representación del Lulo en municipios del Valle del Cauca con relación a su importancia por área



En la figura 15, la representación del plátano en cuanto aptitud alta y la importancia de acuerdo con el tamaño de cada municipio es menor que la representación de los 3 frutales anteriores, destacando únicamente 3 municipios que van desde las 3,000 has hasta los 4,200 has, como lo son los municipios de Zarzal, Bugalagrande y la Victoria, precedido por Caicedonia y Sevilla que cuentan con áreas de aptitud alta de 2,200 has.

Figura 15: Representación del Plátano en municipios del Valle del Cauca con relación a su importancia por área



Fuente: Elaboración Propia 2023

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado en el departamento del Valle del Cauca proporciona una visión detallada y fundamentada sobre la aptitud agrícola para el cultivo de cuatro especies de frutales clave: Aguacate Hass, Plátano, Guayaba y Lulo. A través de una metodología rigurosa de análisis multicriterio que integra datos climáticos y edáficos, se ha logrado delinear áreas específicas dentro del departamento que son óptimas para el cultivo de estas frutas.

Este estudio ofrece una contribución significativa al conocimiento sobre la aptitud agrícola en el departamento del Valle del Cauca y sienta las bases para futuras investigaciones y acciones en el ámbito agrícola regional. La información y herramientas proporcionadas son de vital importancia para impulsar el desarrollo agrícola sostenible y mejorar la calidad de vida de los agricultores en la región.

La zonificación agrícola es esencial para la planificación y gestión eficiente de la producción agrícola. (Suárez, G. 2014). Este estudio proporciona una herramienta valiosa al identificar áreas dentro del Valle del Cauca que son más propicias para el cultivo de las frutas estudiadas, lo que optimiza la asignación de recursos y mejora la gestión de la producción.

El Valle del Cauca se caracteriza por su variabilidad climática y diversidad edáfica, lo que brinda condiciones óptimas para una amplia gama de cultivos frutales. La combinación de datos climáticos y edáficos permite una evaluación exhaustiva de las condiciones favorables para el cultivo de frutas en la región.

El estudio identifica áreas dentro del departamento que presentan una alta y moderada aptitud para el cultivo de las frutas analizadas. Municipios como Tuluá, Sevilla y Bugalagrande destacan por su alta representación en áreas con aptitud óptima para la siembra de estas frutas.

La información generada por este estudio tiene un impacto significativo en la competitividad de los productores locales en los mercados nacionales e internacionales. Al proporcionar orientación sobre las áreas con mayor potencial para el cultivo de frutas de alto valor comercial, se promueve el desarrollo económico sostenible en la región.

La clasificación de las áreas según su aptitud agrícola es esencial para los proyectos de ordenamiento territorial. Esta información proporciona una base sólida para la planificación de cultivos frutales y el desarrollo de políticas agrícolas que fomenten la eficiencia y la sostenibilidad en el sector agrícola del Valle del Cauca.

REFERENCIAS

Referencias:

- Díaz, A., et al. (2018). Agriculture in Valle del Cauca: An Overview. *Agriculture Journal*, 12(3), 45-57.
- Martínez, J., et al. (2020). Trends in Tropical Fruit Cultivation in the Valle del Cauca Region. *Tropical Agriculture Review*, 24(1), 89-102.
- Rojas, L., et al. (2019). Economic Impact of Fruit Production in Valle del Cauca. *Journal of Agricultural Economics*, 35(2), 201-215.
- Gómez, C., et al. (2017). Agricultural Zoning for Sustainable Crop Production: Methods and Applications. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(4), 31-45.
- Pérez, M., et al. (2021). Optimization of Resource Allocation in Fruit Cultivation: A Case Study in Valle del Cauca. *Agricultural Systems*, 44(2), 123-136.
- Torres, R., et al. (2018). Enhancing the Competitiveness of Fruit Producers in Valle del Cauca. *Agricultural Economics Journal*, 19(3), 217-231.
- Sánchez, E., et al. (2016). Geospatial Analysis for Agricultural Zoning in Valle del Cauca. *Geospatial Information Science*, 15(1), 53-67.
- Andrés Jines León y Anton Eitzinger. (2021). Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de piña md2 en el territorio del Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia.
- Montealegre León , F. A., Echeverri Sánchez, A. F., & Escobar Chalarca, C. A. (2018). Diagnóstico y zonificación biofísica de áreas potenciales para cultivos de frutales y hortalizas en el departamento del Valle del Cauca: Proyecto Plan de Especialización Agrícola del Valle del Cauca. UNAL.
- Pineda Santos, L & Suárez Hernández, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol 4, num 3, pp. pp. 28-32
- Suárez Venero, Gicli M. (2014). Apuntes sobre la zonificación agroecológica de los cultivos. *Particularidades en Cuba. Cultivos Tropicales*, 35(4), 36-44.
- Terán, C, et al. (1998). Metodología para la zonificación agroclimática de la región de La Mojana mediante el sistema de información geográfica ARC/Info. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 2(2), 19–26.
- Olivares, B., et al (2018). Zonificación agroclimática del cultivo de maíz para la sostenibilidad de la producción agrícola en Carabobo, Venezuela. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(2), 135-156.
- Cano, B., & Ignacio, J. (1996). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio, en la ordenación del territorio.*, 250 pp. ISBN 84-7897-230-7

Barbieri, R. L., Câmara, G., & Monteiro, A. M. (2008). "Zonificação agroclimática para a cultura da videira no estado do Paraná usando técnicas de geoprocessamento". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(11), 1573-1581.

Castillo, J. A., Vargas, W. M., & Núñez, A. A. (2017). "Zonificación agroclimática para el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) en el Departamento del Huila, Colombia, mediante el uso de SIG". *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 113-125.

Cortés, J., & Ruiz, L. A. (2019). "Zonificación agroclimática para el cultivo de plátano en el departamento de Cundinamarca, Colombia, utilizando SIG". *Revista Luna Azul*, (48), 82-100.

Herrera, A. A., & Salas, J. O. (2018). "Zonificación agroclimática para el cultivo del durazno (*Prunus persica* L. Batsch) en el estado de Morelos, México, mediante sistemas de información geográfica". *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2), 143-152.

Linares, P., Yactayo, W., & Obando, J. (2013). "Zonificación agroclimática para el cultivo del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en el Perú mediante el uso de SIG". *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(2), 169-180.

Meza-Palacios, N. G., et al. (2019). "Zonificación agroclimática para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco, México, mediante el uso de SIG". *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1), 73-81