UPRA

Cultivo comercial de plátano

Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000

Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de

plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón

para el mercado nacional y de exportación en Colombia

a escala 1:100.000

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Unidad de Planificación de Tierras Rurales Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA)

Dora Inés Rey Martínez
Directora general (e)

Juan Carlos López Gómez
Secretario general

Dora Inés Rey Martínez
Directora técnica de Ordenamiento de la Propiedad y Mercado de Tierras

Alexander Rodríguez Romero
Director técnico de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras

Luz Mery Gómez Contreras
Jefe de la Oficina de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Adriana Pérez Orozco
Emiro José Díaz Leal
Juan Hernando Velasco Lozano
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

Alexander Rodríguez Romero
Director temático

Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo
Líder temático

Alexander Rodríguez Romero
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Fernando Andrés Amado Páez
Edinson Chacón Pardo
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Luisa María Lagos Riaño
Katherine Gómez Rodríguez
Ruth Natalia Becerra Vargas
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín
Autores

Fernando Andrés Amado Páez
Carlos Alberto Novoa Barajas
Pedro David Porras Rodríguez
Jeimy Paola Jiménez Sánchez
Compiladores

Nancy Alarcón Fernández
Alejandro Moreno Barrera
Carlos Ruiz Urueña
Yohana Urrego Díaz
Representación cartográfica

Coordinación equipo de publicaciones
Johana Trujillo Moya

Corrección de estilo
John Jairo Machado Muñoz

Diseño y diagramación
Lorena Maryeth Rodríguez Martínez

Andrés Paz Duarte
Édgar Mauricio Carrillo
Banco de imágenes UPRA

Este documento es propiedad intelectual de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Solo se permite su reproducción parcial, cuando no se use con fines comerciales, citando este documento así: Rodríguez, A., Baldovino, R., Polo, S., Amado, F., Chacón, E., Páramo, G., Acosta, C., Gómez, J., García, L., Lagos, L., Gómez, K., Becerra, R., y Rodríguez, H. (2025). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA. Recuperado de <URL de ubicación del documento>.

ISBN: 978-628-7697-56-0

UPRA© 2025

Resumen

En este documento se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia con miras a su comercialización en el mercado nacional y de exportación, escala 1:100.000, producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que lleva a cabo la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), orientados a direccionar la inversión del sector agropecuario.

El documento está dividido en cuatro secciones: en la primera se presentan los antecedentes del sector de plátano en términos de su importancia internacional y nacional, así como el contexto sectorial; la segunda aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente; la tercera presenta la metodología de la zonificación, desde la definición del tipo de utilización de la tierra (TUT), hasta la evaluación y comparación de las matrices multicriterio (biofísica y socioeconómica); la cuarta muestra los resultados de la zonificación, representados en el mapa de aptitud para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, y contiene las conclusiones y las fuentes de información bibliográfica utilizadas.

Finalmente, a manera de anexo, se presentan para cada uno de los criterios y variables utilizados, las fichas metodológicas que describen, entre otros aspectos, la definición, su importancia, los rangos de calificación, los mapas de salida como soporte al proceso metodológico y las fuentes de información consultadas.

Se identificaron nueve criterios físicos, cuatro socioecosistémicos y ocho socioeconómicos y 68 variables, a partir de los cuales se obtuvo el mapa de aptitud para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, dirigido al consumo nacional y de exportación a escala 1:100.000, en Colombia.

En el mapa se identificó que Colombia tiene 14.409.674 hectáreas aptas para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, equivalente al 33,6 % de la frontera agrícola nacional. De las áreas aptas, 4.690.880 hectáreas corresponden a *aptitud alta (A1)*, 4.579.236 a *aptitud media (A2)* y 5.139.557 a *aptitud baja (A3)*.

Palabras clave: Zonificación, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud.

Tabla de contenido

Resumen 7
Índice de tablas 10
Índice de figuras 12
Lista de siglas y abreviaturas 14
Lista de símbolos 18
Glosario 19
Introducción 22

1. Antecedentes **26**
1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de plátano en Colombia 27
1.2 Contexto sectorial 28
1.2.1. Clasificación taxonómica de plátano (*Musa* AAB) 29
1.3. Origen y distribución del plátano 29
1.4. Requerimientos ambientales 29
1.5. Aspectos fitosanitarios 30
1.6. Contexto mundial (área, producción y rendimiento) 30
1.7. Contexto nacional 32
1.7.1. Producción, área sembrada y rendimiento 32
1.7.2. Mercado interno 34
1.7.3. Comercialización internacional 35
1.7.4. Cadena del plátano en Colombia 37
1.8. Alcances y limitaciones 38

2. Marco conceptual **40**

3. Marco metodológico **44**
3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 49
3.2. Criterios de análisis jerárquico 49
3.2.1. Componente físico 50

3.2.2. Componente socioecosistémico 54
3.2.3. Componente socioeconómico 57
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 63
3.3.1. Criterios y variables del componente físico 64
3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 66
3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico 69
3.4. Restricciones legales y condicionantes legales 73
3.5. Análisis multicriterio 84
3.5.1. Proceso analítico jerárquico 84
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 85
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico 89
3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas 92
3.7.1. Socialización y visitas de campo 93

Resultados **98**

Conclusiones **106**

Bibliografía **108**

Anexo **114**

Índice de tablas

Tabla 1. Principales países productores de plátano, periodo 2017-2021 (Mt) 30

Tabla 2. Área sembrada de plátano por departamentos en Colombia (ha), periodo 2016 - 2020 33

Tabla 3. Exportaciones de plátano a los principales países de destino (t) 35

Tabla 4. Principios de la evaluación de tierras 43

Tabla 5. Definición de variables del subcomponente climático 51

Tabla 6. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico 52

Tabla 7. Variables del subcomponente fitosanitario 54

Tabla 8. Criterios y variables del componente socioecosistémico 56

Tabla 9. Criterios y variables del componente socioeconómico 59

Tabla 10. Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano 64

Tabla 11. Rangos de aptitud del componente físico 65

Tabla 12. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para el cultivo comercial de plátano 67

Tabla 13. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico para el cultivo de plátano 70

Tabla 14. Restricciones legales 74

Tabla 15. Condicionantes legales 78

Tabla 16. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico 85

Tabla 17. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio 85

Tabla 18. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano 87

Tabla 19. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano 88

Tabla 20. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano 88

Tabla 21. Socializaciones y visitas a campo de la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano 93

Tabla 22. Validación de mapas integrados para la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano 96

Tabla 23. Áreas según categorías de aptitud para la producción de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000 100

Tabla 24. Departamentos con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de plátano cv. hartón y dominico hartón en Colombia (ha) 102

Tabla 25. Departamentos con aptitud baja (A3) para el cultivo de plátano 104

Tabla 26. Municipios con mayor aptitud para el cultivo comercial de plátano 105

Índice de figuras

Figura 1. Descripción morfológica de la planta de plátano 28

Figura 2. Participación de los principales países en área sembrada de plátano en el mundo, año 2021 31

Figura 3. Producción (t) y área sembrada (ha) en plátano en Colombia entre 2016 y 2020 32

Figura 4. Principales departamentos productores de plátano en Colombia (t), periodo 2016 - 2020 34

Figura 5. Balanza comercial colombiana de plátano (millones de USD) 36

Figura 6. Cadena del plátano 37

Figura 7. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas 41

Figura 8. Criterios de zonificación de aptitud 46

Figura 9. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón 47

Figura 10. Criterios y variables del componente físico 50

Figura 11. Criterios y variables del componente socioecosistémico 55

Figura 12. Criterios y variables de componente socioeconómico 58

Figura 13. Mapa de exclusiones legales 77

Figura 14. Mapa de condicionantes legales 83

Figura 15. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud 89

Figura 16. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón 91

Figura 17. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud 92

Figura 18. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (Musa AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000 99

Figura 19. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de plátano (Musa AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000 101

Figura 20. Departamentos con la mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de plátano 103

Figura 21. Departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de plátano 104

Figura 22. Municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de plátano cv. hartón y dominico hartón en Colombia (ha) 105

Lista de siglas y abreviaturas

AC	Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACES	Área de concentración de especies sensibles en el territorio
Agrosavia	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AICAS	Áreas de importancia para la conservación de aves silvestres
AHP	Proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*)
APC	Áreas prioritarias de conservación
Asohofrucol	Asociación Hortofrutícola de Colombia
CAR	Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia a partir de noviembre de 2018)
cv.	Cultivar(es)

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DHR	Disponibilidad hídrica real
DMI	Distritos de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENA	Estudio nacional del agua
ETR	Evapotranspiración real
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO (por sus siglas en inglés)	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fedeplacol	Federación nacional de platanicultores de Colombia
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FNFH	Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola
FOB	Libre a bordo (*Free on Board*). Cláusula de comercio internacional
IAVH	Instituto de investigaciones biológicas Alexander von Humboldt
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICANH	Instituto Colombiano de Antropología e Historia
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDHc	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo
IE	Integridad ecológica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INAT	Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IUA	Índice de uso de agua
LEC	Línea especial de crédito
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MinAgricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCultura	Ministerio de Cultura
MinEducación	Ministerio de Educación Nacional
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y crédito público
MinTransporte	Ministerio de Transporte
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar

PET	Población en edad de trabajar
pH	Potencial de hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)
PH	Propiedad horizontal
PIB	Producto interno bruto
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
Runap	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinap	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SIOC	Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas
SIG	Sistemas de información geográfica
TUT	Tipo de utilización de la tierra
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA (por sus siglas en inglés)	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
cm	centímetro
cmol^{+}/kg	centimol (10^{-2} mol)
cv.	cultivar(es)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
ha	hectárea
km	kilómetro
km^2	kilómetro cuadrado
KPa	kilopascales
l	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
m^2	metro cuadrado
m^3	metro cúbico
mm	milímetro
Mm^3	millones de metros cúbicos
Mt	Millones de toneladas
ppm	partes por millón
t	toneladas

Glosario

Álgebra de mapas: Incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas ráster con el propósito de producir una nueva capa ráster de salida. El uso de operadores lógicos o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo ráster.

Aptitud de la tierra: Potencial de establecimiento de un tipo de utilización de la tierra, resultado del análisis de combinaciones de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos enmarcados en la frontera agrícola (UPRA, 2017).

Cadena productiva: Conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario hasta su comercialización final (Ley 811 , 2003).

Competitividad: Determinante fundamental del modelo de crecimiento y desarrollo sectorial; se asocia con el uso eficiente de los factores de producción, la consolidación de los altos niveles de innovación en los sistemas productivos, la diversificación y ampliación de los mercados, la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida (UPRA, 2014).

Componente: Composición de varios elementos que se agrupan para dar significancia parcial a la aptitud. En la evaluación de tierras, están tipificados el componente físico, socioecosistémico y socioeconómico (UPRA, 2017).

Condicionante legal: Áreas donde las actividades agropecuarias pueden ser permitidas, restringidas o prohibidas de acuerdo con las condiciones impuestas por la ley (Minagricultura, 2018).

Criterio: Conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural (UPRA, 2017).

Cultivar: Nombre genérico que se usa para referirse de forma indiferente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para siembra (ICA, 2015).

Enfoque ecosistémico: Uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas y el mantenimiento de la integridad ecológica como paradigma de conservación para el bienestar humano, en cuya

visión, las estrategias de gestión deben considerar tanto la dinámica en las diferentes escalas de la organización biológica como las relaciones e interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales (UPRA, 2014).

Evaluación de tierras: Proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos, sociales y ambientales. Considera los aspectos económicos del uso propuesto, las consecuencias sociales para la gente del área y del país en general, y las repercusiones, benéficas o adversas para el medioambiente (FAO, 1976).

Evaluación multicriterio: Método diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere la evaluación de varios criterios. Un criterio es la base para una decisión, puede medirse o evaluarse y puede ser de dos tipos: factor (para el cual se definen los niveles de aptitud) o restricción (que para este caso se considera de carácter técnico, normativo o técnico-normativo). Un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración; una restricción es un criterio que limita, condiciona o excluye dichas alternativas (Eastman, Jin, Kiem, & Toledano, 1995).

Frontera agrícola: Límite del suelo rural, que separa las áreas donde se desarrollan las actividades agropecuarias, las áreas condicionadas y las áreas de especial importancia ecológica, de las demás zonas donde las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de ley, Resolución 261 del 2018 (Minagricultura, 2018).

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc): Relación entre precipitación y evapotranspiración de referencia mensual, llevado a una medida de tendencia anual, en función al rendimiento relativo de los cultivos (Doorenbos & Kassam, 1979).

Integridad ecológica: Medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual

y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Ciontescu, 2012).

Pseudotallo: Parte de la planta que se asemeja a un tronco, es, en realidad, un falso tallo y está formado por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas (ProMusa, 2020). Cumple la función de transportar y reservar agua y nutrientes, además de dar soporte a las láminas de las hojas y la inflorescencia (Bautista, y otros, 2020).

Racimo: Conjunto de frutos que aparecen a lo largo del raquis. (ProMusa, 2020).

Restricciones legales: Áreas en las cuales está prohibido la realización de proyectos productivos.

Tipo de utilización de la tierra (TUT): Se refiere a un uso específico que se describe a un nivel de detalle apropiado según la escala de evaluación de tierras, en términos de los componentes físico, socioecosistémico y económico; sus principales características, agronómicas y productivas, así como los costos y los ingresos generados por la actividad de producción (UPRA, 2013).

Uso consuntivo: Requerimiento de agua neta para el arreglo de cultivos (Ideam, 2010).

Uso eficiente del suelo rural: Armonización espacial o temporal de todos los usos del suelo en un área determinada, que garantiza el bienestar humano con el fin de alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental del territorio (UPRA, 2013). En tal sentido, la eficiencia está referida tanto a la sostenibilidad integral como a la competitividad de los sistemas productivos (UPRA, 2014).

Variable: Característica o atributo de la tierra que puede medirse o estimarse (FAO, 1976).

Zonificación: Proceso que identifica y delimita las áreas con potencial para el establecimiento y desarrollo de una actividad agropecuaria determinada bajo un marco legal, normativo y técnico que las define y diferencia de otros usos posibles. Es una herramienta técnica para el desarrollo de iniciativas de inversión que permite orientar la formulación de políticas y la destinación de recursos públicos y privados del sector (UPRA, 2017).

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 «Colombia potencia mundial de la vida», Ley 2294 de 2023, en el Título III, artículos 32, 36 y 61, resalta las funciones de la UPRA en la protección del derecho humano a la alimentación de los habitantes del territorio nacional en las áreas de especial interés localizadas dentro de la frontera agrícola, en particular, en las incluidas en las Áreas de Protección para la Producción de Alimentos (APPA) declaradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; en la estructuración de políticas sobre los distritos de adecuación de tierras; y la identificación de predios rurales idóneos, desde la dinámica del mercado de tierras, que puedan incluirse en la futura reforma rural integral.

La UPRA en cumplimiento de lo señalado en la Ley 1955 de 2019, las funciones del Decreto de creación de la Unidad 4145 de 2011, respecto al uso eficiente del suelo, la adecuación de tierras, el ordenamiento social de la propiedad, el mercado de tierras y el seguimiento y evaluación sobre las materias señaladas anteriormente, la Ley 1551 de 2012 en lo relacionado con la elaboración de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, la Ley 1776 de 2016 de zonas Zidres y la Resolución del MADR 299 de 2019, formuló y registró ante el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el proyecto de inversión «desarrollo de la planificación y gestión del territorio rural para usos agropecuarios en el ámbito nacional». Dicho proyecto tiene como objetivo general: «Fortalecer la orientación de la política de planificación y la gestión del territorio para usos agropecuarios».

La UPRA fue creada por el Decreto 4145 del 3 de noviembre de 2011 como una unidad administrativa especial de carácter técnico y especializado, sin personería jurídica, adscrita al MinAgricultura, con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica. De acuerdo con lo señalado en el artículo 5 del Decreto 4145 de 2011, se establecen, entre otras, las siguientes funciones: planificar el uso eficiente del suelo, definir los criterios y crear los instrumentos requeridos para el efecto, previendo el respectivo panorama de riesgos y una mayor competitividad de la producción agropecuaria en los mercados internos y externos; definir criterios y diseñar instrumentos, para el ordenamiento del suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, que sirvan de base para la definición de políticas para ser consideradas por las entidades territoriales en los planes de ordenamiento territorial.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que en el proyecto formulado y al cual se le asignaron recursos de inversión, para la vigencia 2020 del PGN, se enmarca en los programas del nuevo catálogo de cuentas del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda) y Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en la alineación del Presupuesto Orientado a Resultados del programa: 1704 - Ordenamiento social y uso productivo del territorio rural, orientado a aquellas intervenciones para mejorar el acceso, uso y aprovechamiento adecuado de las tierras rurales, el cual tiene como elementos constitutivos la planificación del ordenamiento productivo para el uso eficiente del suelo rural, el ordenamiento social de la propiedad rural y el desarrollo y aplicación de lineamientos e instrumentos para la regulación del mercado de tierras, la Dirección de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras de la UPRA propuso desarrollar estudios que tienen como propósito fundamental, generar instrumentos técnicos para la definición de políticas públicas a cargo del MinAgricultura y sus entidades adscritas y vinculadas.

En Colombia, el análisis de las problemáticas de las zonas rurales y la definición de alternativas de manejo espacial a partir de la integración de múltiples factores ha sido limitado, dado que el énfasis se ha centrado en los aspectos climáticos y edáficos, dejando subordinados y hasta olvidados los procesos socioecosistémicos, sociales, culturales y políticos, fundamentales en la planificación integral del territorio y la definición de políticas más acordes con el medio geográfico.

Con base en lo anterior, surgió la necesidad, por parte de la UPRA, de proponer diferentes zonificaciones para los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero, abordados desde un enfoque interdisciplinario, partiendo de la premisa, que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas con una combinación de características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos, que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz - Lozano & Granados-Barba, 2009).

Desde el año 2013, la UPRA viene realizando adaptaciones a la metodología de evaluación de tierras de FAO y se propuso, como un primer instrumento, la evaluación de tierras para la

zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional, metodología a escala 1:100.000 (UPRA, 2013), tomando como base el enfoque FAO en lo relativo a su forma de aplicación e incorporando los aspectos socioeconómicos (referidos a la competitividad de las áreas), así como los de política y gobernabilidad, metodología fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos y socioecosistémicos se integran en una matriz (biofísica) y los socioeconómicos en otra, los criterios son ponderados de acuerdo con las características propias de una determinada cadena productiva, consolidando al final, una matriz de paso entre los dos mapas intermedios para obtener resultados de zonas aptas para un determinado uso.

En el marco de dicha actividad, la UPRA adelanta estudios que sirven como referencia para la actividad misional de la unidad o como medio para la validación de las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en el marco de las demás actividades. Desde el año 2014, la UPRA ha venido realizando ejercicios de zonificación de cultivos, que suman más de 36 cadenas productivas, siendo las agrícolas las siguientes: cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón, algodón, banano de exportación, caña de azúcar para la producción de panela, café, maracuyá, gulupa, granadilla, maíz tradicional y soya; la zonificación forestal agrupa las 33 especies que tiene en cuenta el certificado de incentivo forestal (CIF), instrumento del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a la cual se suma el caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias en la UPRA iniciaron con la avicultura en el año 2016, seguida del mapa para el sector porcícola colombiano en el año 2018, las zonificaciones de aptitud para la producción de carne y leche bovina en pastoreo y la identificación de zonas potenciales para el establecimiento de ocho grupos de gramíneas para el pastoreo; para el 2020 también se inició con la definición de zonas aptas para la producción de búfalos y de ovinos de carne en pastoreo en Colombia, y en el 2021 se realizó la zonificación de caprinos también en pastoreo. En este mismo año la UPRA tomó como base el trabajo en acuicultura realizado en el año 2016 con la participación de la AUNAP, dando inicio al proceso de actualización metodológica de la zonificación de aptitud para acuicultura y pesca; a partir del año 2023 se incorpora la zonificación de aptitud para plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000, junto a yuca, fríjol *Phaseolus* y caupí, y apicultura.

Dentro de los objetivos específicos de la presente zonificación, se encuentran:

- La elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación a escala 1:100.000 en Colombia, mediante la definición de criterios y variables que incidan en la delimitación de áreas con aptitud.
- La definición de los procesos de integración de los distintos criterios para la zonificación, así como la identificación y estandarización de la información geográfica disponible en bases de datos asociadas.
- La elaboración con base en la metodología propuesta del mapa de zonas aptas para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación, escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro partes: en la primera se desarrolla un contexto general del tema, que incluye una reseña histórica, origen y clasificación taxonómica, sistemas de producción, así como la importancia económica internacional y nacional. La segunda, describe los fundamentos conceptuales de la zonificación de aptitud; la tercera, expone la metodología empleada, incluyendo los criterios usados dentro de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, su evaluación y ponderación, para la obtención del mapa de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas. Por último, la cuarta presenta los resultados obtenidos, para la identificación de las áreas aptas para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, y se exponen las conclusiones y la bibliografía.

Al final, se presenta el anexo que contiene las fichas metodológicas de cada criterio y de las variables utilizados en la zonificación, donde se describen y detallan su definición, la importancia, los limitantes de la evaluación, metodología utilizada, rangos para la asignación de valores de aptitud, representación cartográfica y las fuentes de información utilizadas como insumo para su obtención.

01 Antecedentes

La UPRA desde el año 2014 ha realizado diferentes zonificaciones de aptitud a escala 1:100.000 para todo el territorio colombiano dentro de las que se pueden mencionar, plantaciones forestales comerciales, caucho natural, cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya híbrido tainung, fresa, piña híbrido MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón y papa de la variedad Diacol Capiro para uso industrial.

En el sector pecuario se desarrollaron las zonificaciones de aptitud para avicultura en granjas, la porcicultura tecnificada, así como la ganadería bovina de leche y de carne en pastoreo. De forma paralela, se realizó la zonificación de aptitud de especies acuícolas y pesqueras en estanques en tierra de tilapia, cachama, trucha, tres especies ícticas nativas de Colombia (yamú, bocachico y bagre rayado), camarón blanco y pirarucú, pesca marina artesanal de camarón y bocachico del río Magdalena.

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA, fortalecer el desarrollo de políticas del sector, priorizar la consolidación de posibles núcleos productivos y orientar inversiones a escala nacional o regional; es decir, la zonificación es parte del proceso de planificación agrícola y constituye una herramienta de carácter indicativo para la toma de decisiones.

Estas zonificaciones de aptitud se han desarrollado para contribuir al fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural a nivel nacional, para promover la expansión del sector agropecuario, aprovechando de forma sostenible los recursos naturales y con el interés de generar instrumentos de planificación y ordenamiento productivo para la actividad que sirva a los tomadores de decisiones, directivos, técnicos, inversionistas y productores.

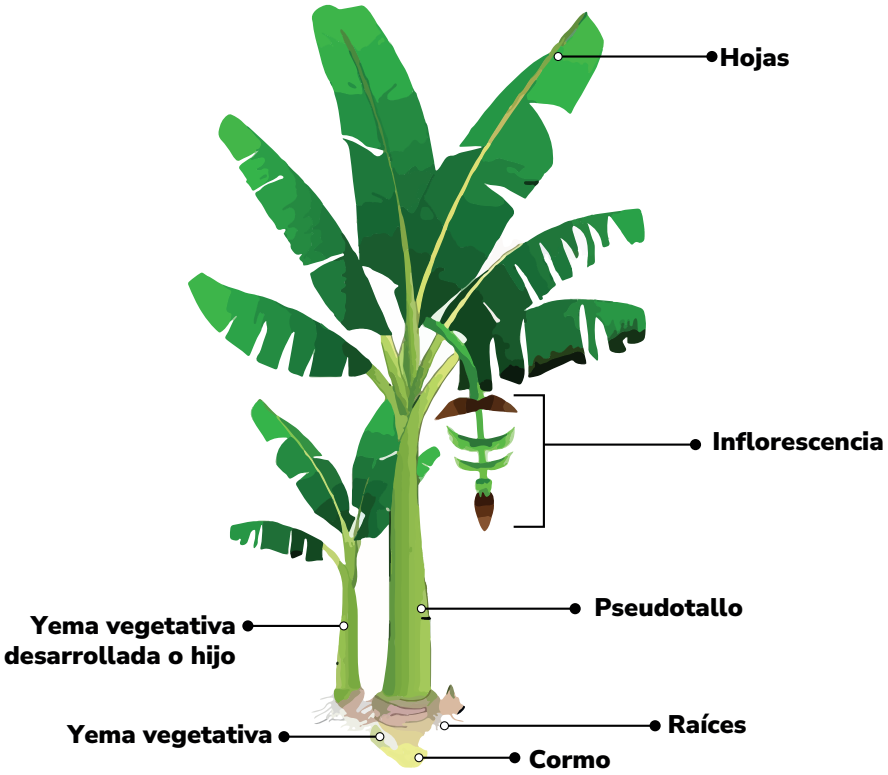
1.1 Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de plátano en Colombia

Un estudio previo de zonificación en el cultivo de plátano (*Musa* AAB) dominico hartón se adelantó en el departamento de Cundinamarca, a partir de nueve criterios del componente biofísico, ocho del componente socioeconómico y cuatro del socioecosistémico. Se clasificó el departamento en las siguientes zonas según su aptitud: zonas óptimas, que son las que presentan las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo, las zonas con aptitud baja y media, que hacen referencia a las áreas que implican una aplicación diferencial de insumos para lograr una producción apropiada; adicionalmente, se catalogaron zonas no aptas, correspondiente a áreas cuyas limitantes impiden que se logre una producción sostenible y competitiva. Se identificaron 10.828 hectáreas con aptitud alta, 566.189 con aptitud media y 144.490 con aptitud baja; también, resultaron 770.014 hectáreas no aptas para cultivar el plátano dominico hartón (Gobernación de Cundinamarca y Agrosavia, 2018).

1.2 Contexto sectorial

El plátano es considerado una fuente importante de carbohidratos y contribuye a la seguridad alimentaria en África, el Caribe, Latinoamérica, Asia y el Pacífico (MADR, 2004). A continuación, en la figura 1 se muestra la morfología de la planta de plátano.

Figura 1. Descripción morfológica de la planta de plátano



Fuente: (Bolaños, y otros, 2020).

Las raíces se desarrollan en los primeros 20 a 40 cm de profundidad del suelo (González, y otros, 2018) y se originan en el cilindro central del cormo; se diferencian raíces primarias, secundarias, terciarias y pelos absorbentes. El cormo es un tallo que desarrolla hojas en su parte superior. El pseudotallo o vástago está formado por la superposición de la parte inferior de las hojas, las cuales forman un cilindro (Belalcázar, Valencia & Lozada, 1991, citado por (Agrosavia, 2022). Las hojas están localizadas en forma de espiral, (Belalcázar, Valencia & Lozada, 1991; citado por

(Agrosavia, 2022). La inflorescencia es el órgano productivo del plátano, que da origen al fruto que se denomina racimo (Belalcázar, Valencia & Lozada, 1991, citado por (Agrosavia, 2022). Existen dos tipos de flores: las femeninas (pistiladas) que proceden a desarrollar las "manos" de los frutos; y las masculinas (estaminadas) capaces de producir polen, pero que no tienen ovario, o si lo tienen es infértil (Vézina, 2015, citada por (Guerrero, 2016). El fruto es la parte comestible de la planta y está dispuesto en racimos con un número de dedos (plátanos), que pueden ser 33 para el cultivar hartón y 60 para el cultivar dominico hartón (Belalcázar, Valencia & Lozada, 1991, citado por (Agrosavia, 2022).

1.2.1 Clasificación taxonómica de plátano (*Musa* AAB)

La planta de plátano se clasifica así: Clase *Monocotiledóneas*, orden *Zingiberales*, familia *Musaceae*, subfamilia *Musoidae*, género *Musa*, serie o sección *Eumusa*, especies *Musa acuminata* x *Musa balbisiana*, subgrupo Plátano, grupo AAB (Instituto Colombiano Agropecuario, 1976).

1.3 Origen y distribución del plátano

El plátano tiene su origen en Asia meridional, conocido en el Mediterráneo desde el año 650 d. C. La especie llegó a Islas Canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en 1516 (González Lizcano, Luis Enrique, 2017).

1.4 Requerimientos ambientales

El plátano es una especie esencialmente del trópico húmedo, se puede cultivar entre 30° de latitud norte y 30° de latitud sur. El cultivo se desarrolla en un rango entre 18 y 38 °C. Se requieren alrededor de 1800 mm anuales de precipitación pluvial, bien distribuidos para satisfacer las necesidades hídricas. El pH del suelo ideal es de 6,0 a 7,5 (Cardona, y otros, 2017).

Los mejores suelos deben tener profundidad efectiva mayor de 50 cm, estar en pendientes bajas que faciliten el uso de maquinaria y el amarre entre plantas cuando hay vientos fuertes; con texturas francas (evitando los suelos pesados), bien drenados que eviten que las inundaciones y los encharcamientos largos causen daños. (Instituto Colombiano Agropecuario, 1976).; (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989), (Cenicafe, 1994); (Corpoica, 2002); (Farfán, 2005); (Moreno, Hernández, & Grisales, 2005); (Al Harthy, Siti, Yahya, Roslan, & Yahyai, 2018).

1.5 Aspectos fitosanitarios

Entre las enfermedades de mayor importancia económica del cultivo de plátano son la Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* y la Sigatoka amarilla provocada por *Mycosphaerella musicola* (Cardona, y otros, 2017), el moko o madurabiche generada por *Ralstonia solanacearum*, raza 2 (CIAT - FAO, 2013), la pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis causada por *Dickeya chrysanthemi*, y la elefantiasis cuyo agente causal es aún desconocido (CIAT - FAO, 2013). De los insectos-plaga se distinguen los picudos: el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), el picudo amarillo (*Metamasius hebetatus*) y picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) (Agrosavia, 2020).

1.6 Contexto mundial

La producción mundial de plátano para el año 2021 fue de 45,3 millones de toneladas (Mt), 64.000 toneladas menos que el año 2020; no obstante, se aumentó su producción con respecto al año 2017 cuando fue de 38,2 Mt (FAO, 2023).

La tabla 1 muestra que Uganda lideró la producción en 2021 con un 20,3 % de participación mundial, seguido por Camerún con 11,0 %, la República Democrática del Congo con 10,8 % y Ghana con 10,4 %. El volumen producido presentó considerables aumentos, cercanos a 95,7 % para Uganda y 76,9 % para Colombia entre 2017 y 2021, mientras que permanecieron estables en República Democrática del Congo, Nigeria y República Dominicana.

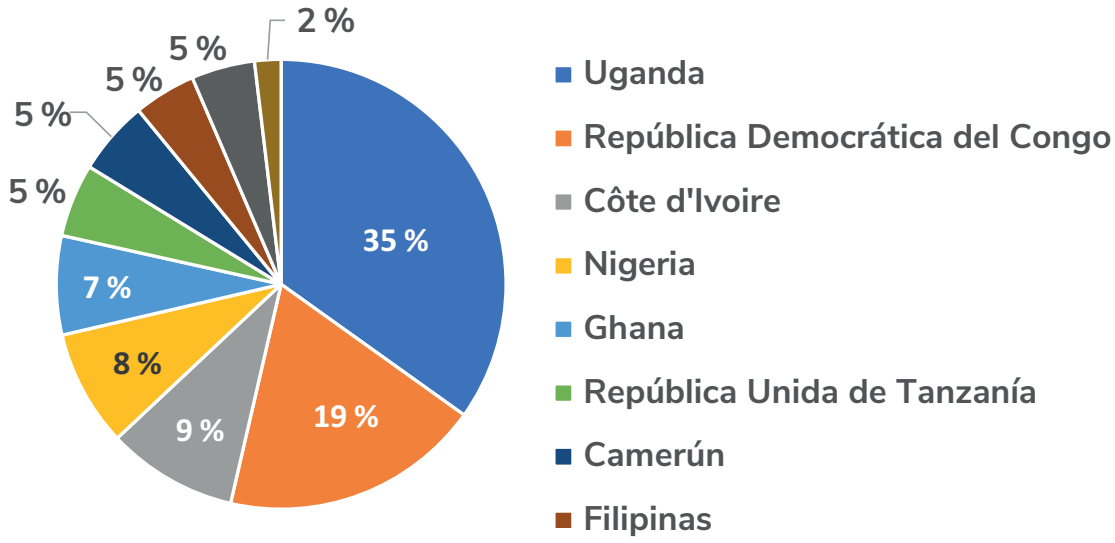
Tabla 1. Principales países productores de plátano, periodo 2017-2021 (Mt)

País	2017	2018	2019	2020	2021
Uganda	4,7	3,5	9,4	9,8	9,2
República Democrática del Congo	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9
Ghana	4,3	4,7	4,9	4,7	4,7
Camerún	4,7	4,5	4,5	4,5	5,0
Filipinas	3,1	3,2	3,1	3,1	3,1
Nigeria	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
Costa de Marfil	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1
Colombia	1,3	1,9	2,2	2,3	2,3
Myanmar	1,2	1,4	1,3	1,4	1,5
República Dominicana	1,0	1,0	1,0	1,2	1,1
Otros	8,1	8,3	8,1	8,4	8,3

Fuente: (FAO, 2023).

Para el año 2021, el área sembrada llegó a 6,7 millones de hectáreas; la figura 2 muestra la participación de los países con mayor superficie sembrada reportada en este mismo año, liderada por Uganda con 2,1 millones de hectáreas y República Democrática del Congo con 1,1 millones.

Figura 2. Participación de los principales países en área sembrada de plátano en el mundo, año 2021



Fuente: Elaboración propia a partir de (FAO, 2023).

En cuanto a rendimientos entre 2017 a 2021, Guyana presentó registros entre 32,0 y 44,9 t/ha, seguido de Fiji con 32,0 a 40,0 t/ha; el rendimiento promedio mundial se calculó entre 6,6 y 7,1 t/ha. No obstante, los países con mayor producción como Uganda y República Democrática del Congo se encuentran con apenas entre 4,4 y 4,5 t/ha (FAO, 2023).

Por otra parte, para el año 2021 las exportaciones mundiales de plátano llegaron a 1,9 millones de toneladas por un valor de 874 millones de dólares estadoudinenses, lideradas por la República Democrática Popular Lao con 688.000 toneladas, seguido de Guatemala, Ecuador, Myanmar y Colombia, con volúmenes entre 147.000 y 291.000 toneladas. Las importaciones llegaron a 1,4 millones de toneladas, con Estados Unidos como el principal comprador con 401.000 toneladas, seguido de Arabia Saudita con 268.000 y El Salvador con 77.000 (FAO, 2023).

1.7 Contexto nacional

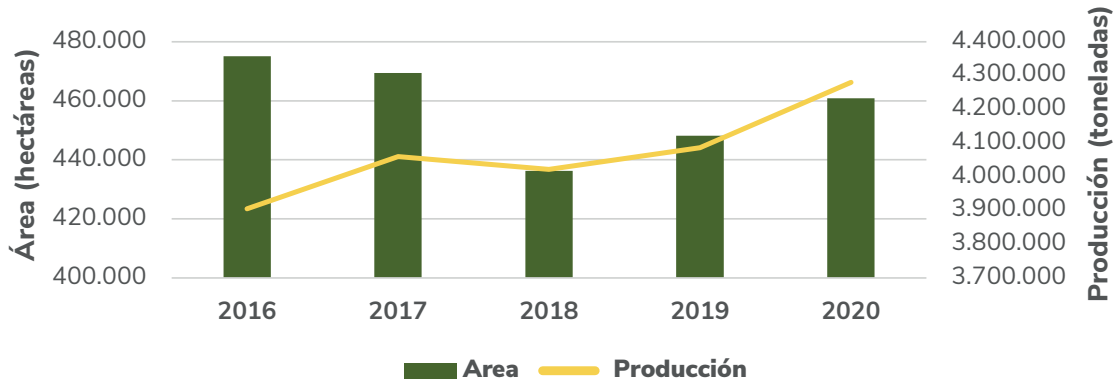
En Colombia los sistemas de producción del cultivo de plátano son, en su mayoría tradicionales, frecuentemente en asocio con otras especies vegetales como el café, el coco, el ñame y varios frutales (MADR, 2004), aunque existen monocultivos de plátano con destino a mercados especializados nacionales y de exportación, ubicados principalmente en la zona de Urabá (CTA, 2020).

En las zonas sur (Valle del Cauca, Nariño y Cauca), llanos orientales (Arauca, Meta y Casanare) y zona centro (Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima) se cubre la demanda del mercado nacional en fresco y la agroindustria, mientras que la zona norte (Antioquia, Chocó y Córdoba) se dirige al mercado interno y de exportación (MADR, 2021).

1.7.1 Producción, área sembrada y rendimiento

Para el 2020, la producción de plátano en Colombia llegó a 4.279.833 toneladas y 462.827 hectáreas sembradas (MADR, 2021). En la figura 3, se presenta el comportamiento de la producción y el área sembrada entre 2016 y 2020 con un incremento de 375.306 toneladas producidas, pero una disminución de 14.253 hectáreas, lo que evidencia un aumento del rendimiento promedio nacional. Entre 2016 y 2020, pasó de 8,2 t/ha en 2016, a 9,1 y 9,2 t/ha para 2019 y 2020, respectivamente.

Figura 3. Producción (t) y área sembrada (ha) en plátano en Colombia entre 2016 y 2020



Fuente: (MADR, 2021).

La tabla 2 permite apreciar que para el año 2020, Antioquia tuvo la mayor área sembrada de plátano (10,9 % del total nacional), seguido por Arauca (8,4 %), Valle del Cauca (6,4 %) y Córdoba (6,2 %). Sin embargo, entre 2016 y 2020, Antioquia disminuyó su área sembrada en 12.307 hectáreas, mientras que Arauca la aumentó en 7.820 hectáreas.

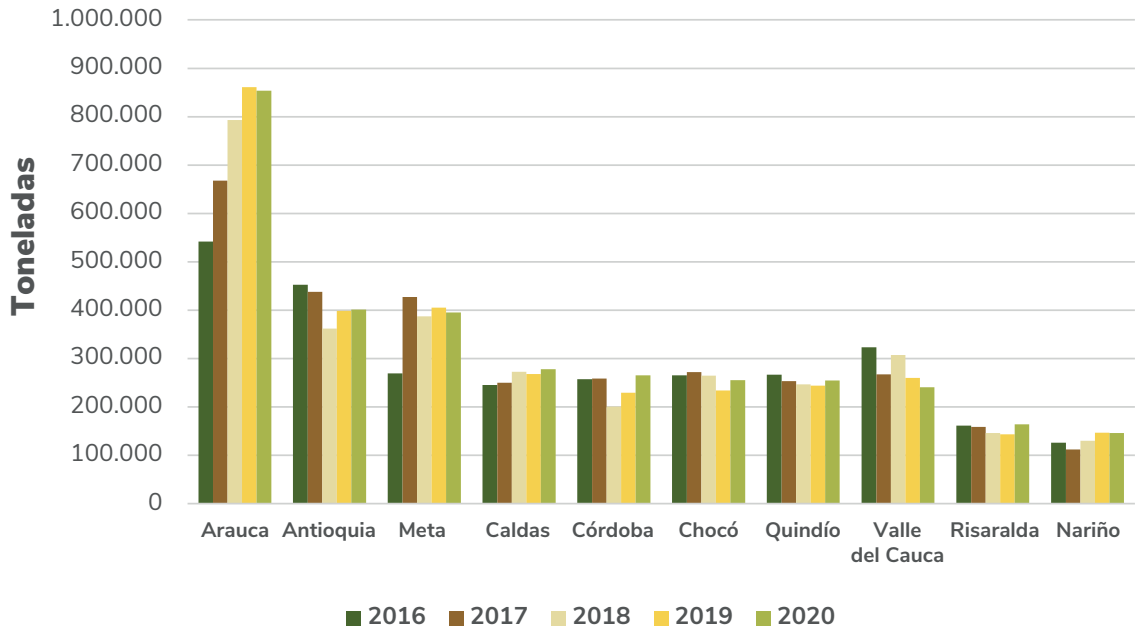
Tabla 2. Área sembrada de plátano por departamentos en Colombia (ha), periodo 2016-2020

Departamentos	2016	2017	2018	2019	2020
Antioquia	62.686	62.862	47.125	50.514	50.379
Arauca	31.120	32.565	36.582	38.725	38.940
Valle del Cauca	29.879	29.840	28.634	28.587	29.757
Córdoba	28.111	25.490	27.009	27.481	28.712
Quindío	26.667	26.546	26.475	26.576	26.673
Meta	24.412	26.545	23.669	24.499	25.878
Chocó	27.572	27.645	25.681	25.780	25.790
Nariño	25.372	24.989	22.655	23.466	24.167
Caldas	23.102	23.245	23.245	23.644	24.139
Risaralda	17.948	17.914	17.533	16.180	17.047
Otros	178.192	171.739	157.673	162.721	169.325
Total	**475.061**	**469.380**	**436.281**	**448.173**	**460.807**

Fuente: (MADR, 2021).

Respecto a la producción, al comparar los años 2016 y 2020, Arauca presentó los mayores registros, pasó de 542.074 toneladas en el año 2016, a 853.816 en 2020 y Meta aumentó de 269.697 toneladas en 2016 a 395.613 en 2020, mientras que Antioquia disminuyó 51.509 toneladas en el mismo periodo. Departamentos como Caldas, Córdoba, Chocó y Quindío, presentaron una producción que osciló entre 200.692 y 323.298 toneladas (figura 4).

Figura 4. Principales departamentos productores de plátano en Colombia (t), periodo 2016-2020



Fuente: (MADR, 2021).

Los rendimientos durante el periodo 2016-2020 presentaron valores máximos de 22 y 17 t/ha en los departamentos de Arauca y Meta, respectivamente; caso contrario, para los departamentos de Nariño y Antioquia que sólo reportaron 5 y 6 t/ha, respectivamente (MADR, 2021).

1.7.2 Mercado interno

De acuerdo con el MinAgricultura (2004), los canales de distribución identificados para la comercialización del plátano son los siguientes:

- Productor-acopiador-mayorista-detallista.

- Productor-mayorista-supermercado.
- Productor-supermercado.
- Productor-mayorista-agroindustria.
- Productor-agroindustria.

Igualmente, en cuanto a la agroindustria del plátano, los mayoristas, son los que venden directamente a las empresas, producto de segunda calidad para la fabricación de *snacks*, harinas y alimentos balanceados para animales.

1.7.3 Comercialización internacional

Los principales destinos de exportación de plátano colombiano (correspondiente a la partida arancelaria 080310), en el año 2021 fueron Estados Unidos con el 33,1 % del total, Reino Unido 20,1 %, Países Bajos 11,9 % y España 11,2 %, para un total de 146.812 toneladas (TradeMap, 2023). (MADR, 2004).

En el periodo 2018-2021 se muestra en la tabla 3, un aumento de las exportaciones en un 38,4 %, con una mayor participación de la Unión Europea (especialmente Países Bajos que pasó de 2262 a 17.476 toneladas y España, de 4.125 a 16.451 toneladas).

Tabla 3. Exportaciones de plátano a los principales países de destino (t)

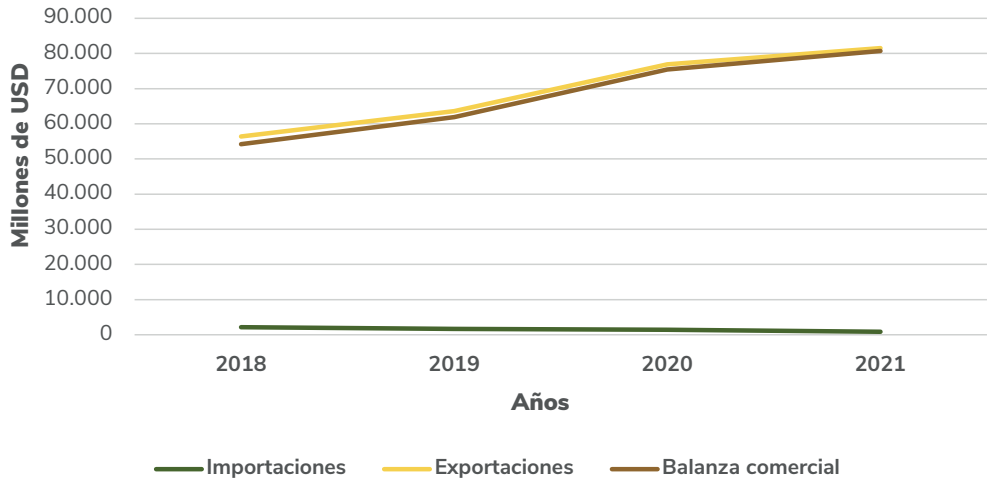
Importadores/año	2018	2019	2020	2021
Estados Unidos	51.617	46.817	55.245	48.596
Reino Unido	31.699	40.435	45.654	29.503
Países Bajos	2262	4227	5533	17.476
España	4125	4031	15.028	16.451
Otros	16.365	18.364	19.569	34.786
Total	**106.068**	**113.874**	**141.029**	**146.812**

Fuente: (TradeMap, 2023).

En cuanto a las importaciones de plátano, se presentó un descenso en su ingreso a Colombia durante el mismo periodo, con Ecuador y Perú como los únicos países proveedores, con 17.352 toneladas para 2018, 13.353 para 2019, 11.216 para 2020 y 6370 para 2021 (TradeMap, 2023).

Las anteriores cifras permiten deducir que la balanza comercial para el plátano presenta un comportamiento positivo y ascendente durante 2018 y 2021, que pasó de 54,2 a 80,7 millones de USD (figura 5).

Figura 5. Balanza comercial colombiana de plátano (millones de USD)

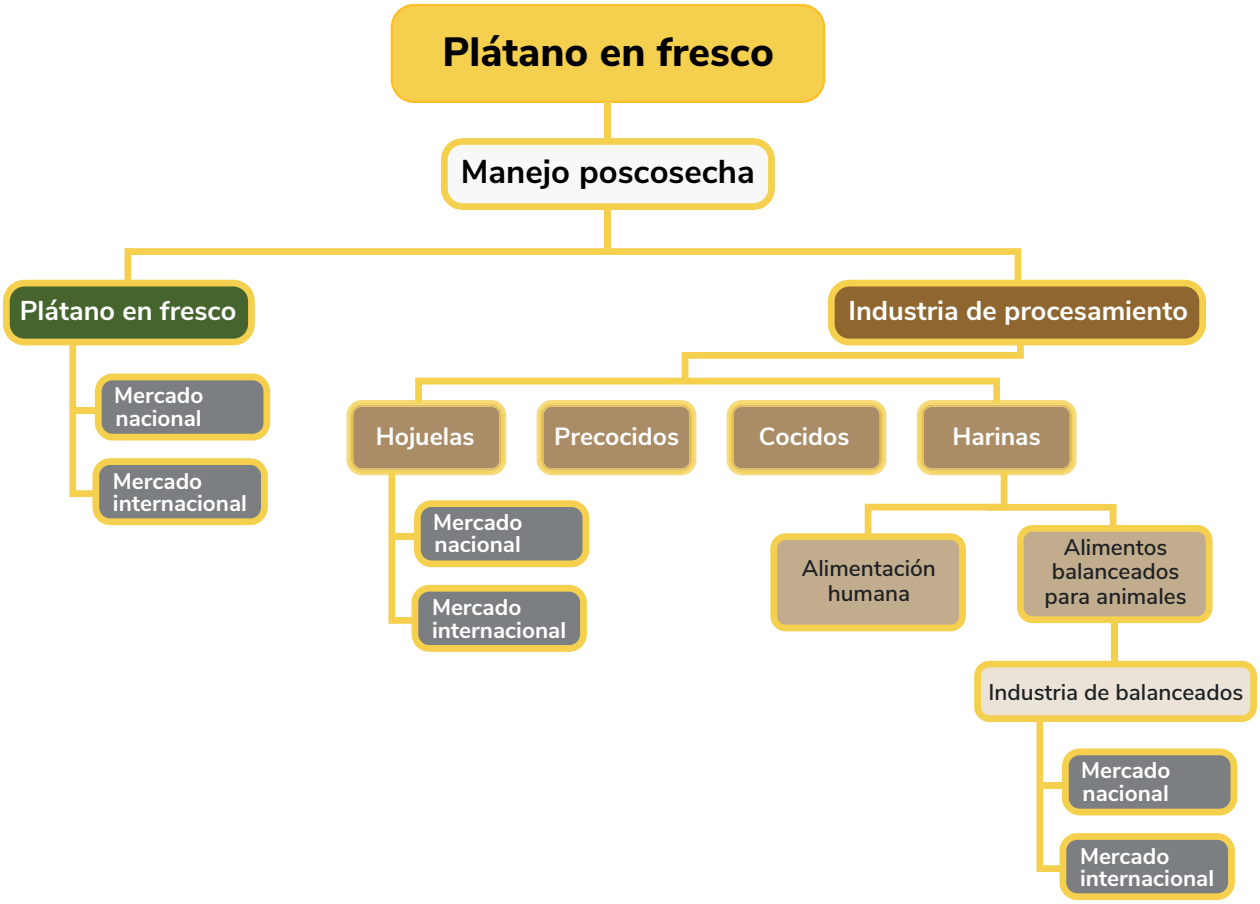


Fuente: (TradeMap, 2023).

1.7.4 Cadena del plátano en Colombia

La figura 6 presenta la estructura de la cadena para el plátano, en los segmentos de consumo en fresco y de uso industrial.

Figura 6. Cadena del plátano



Fuente: elaboración propia a partir de (MADR, 2005)

1.8 Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000, fortalece el desarrollo de políticas para el sector agrícola, priorizando la consolidación de posibles núcleos de desarrollo y orientando inversiones a escala nacional o regional. Así mismo, se constituye en una herramienta para la planificación rural agropecuaria y el ordenamiento territorial.

La zonificación considera todo el territorio continental colombiano y es un instrumento de carácter indicativo, teniendo en cuenta su escala de trabajo. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, cuya competencia corresponde a los entes territoriales en su área de jurisdicción y no remplaza la elaboración de proyectos de inversiones puntuales, los cuales requieren de análisis e información más detallados, donde se evalúe a nivel local, los requerimientos específicos de acuerdo con la especie y las condiciones de competitividad relacionadas con la ubicación del proyecto, los objetivos específicos de la producción, los productos a obtener, el mercado y su flujo de caja.

La metodología desarrollada para la zonificación del cultivo comercial de plátano, escala 1:100.000 se fundamenta en criterios y enfoques que ha venido ajustando la UPRA de estudios realizados por entidades internacionales como la FAO y por entidades nacionales como el Ideam, el IGAC, el Instituto Alexander von Humboldt y Agrosavia, entre otras. En ese sentido, esta propuesta, fortalece los enfoques existentes mediante la incorporación de información actualizada, así como otras variables, métodos de evaluación multicriterio y herramientas que facilitan la integración.

La zonificación del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, se desarrolla bajo las siguientes premisas:

- Prioriza las áreas más competitivas para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cultivares hartón y dominico hartón, por lo cual se identifican los territorios con mejores condiciones en cada criterio de análisis.
- La definición del TUT y de sus requerimientos específicos se realizan a partir de la información existente sobre el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón.
- Las áreas con restricción legal son catalogadas como excluyentes, y predominan bajo esta clasificación, independientemente de la aptitud identificada en los diferentes criterios.

- Las áreas donde apliquen normas de tipo ambiental, social y cultural que condicionen el uso a otros procesos o instrumentos vigentes, deben analizarse de forma diferencial, tales como los territorios colectivos de comunidades étnicas y campesinas, con el fin de proteger el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho de autodeterminación de dichas comunidades.

- El cultivo comercial de plátano no pondrá en riesgo áreas naturales, o con potencial como ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos, rondas hídricas, zonas de recarga de acuíferos), por lo cual prima para éstas, el criterio de exclusión técnica y legal.

- La inclusión de nuevos criterios o variables dentro del proceso de zonificación está sujeta a la disponibilidad de información oficial; en este sentido, algunas variables que pueden ser relevantes, no se contemplan en la metodología hasta que la información sea entregada de manera oficial por la entidad encargada de su recolección, custodia y desarrollo.

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cultivares hartón y dominico hartón, dirigido al mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000, toma como base para su elaboración, la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene en algunos casos, niveles de generalización que pueden afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Igualmente, la información disponible no está en su totalidad con corte a un determinado periodo de tiempo, lo cual plantea la necesidad de actualizar permanentemente la zonificación de acuerdo con la naturaleza de los criterios, por lo menos cada cinco años, mediante un proceso sistemático que facilite esta labor.

02 Marco conceptual

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en tema central para el diseño de las políticas y las decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para una planificación efectiva del uso del suelo con fines productivos, los gobiernos y las entidades encargadas de la planificación rural agropecuaria requieren información sobre la capacidad de la tierra para apoyar sus diversos usos (Harms, y otros, 2015), en razón a que este sector representa uno de los más importantes para el bienestar humano toda vez que aumenta los ingresos y mejora la condición social de los productores, sujeto a la distribución y calidad de los recursos disponibles y además es fuente esencial de alimentos para la población y eje de la dinámica económica del país.

El modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la UPRA parte de un enfoque multidisciplinario que toma en consideración para su aplicación los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras en lo referente a la definición y evaluación de la aptitud, adicionándole dos aspectos fundamentales: la integración de los componentes biofísico y socioeconómico, los cuales no solo enmarcan las características particulares de un tipo de utilización de tierras desde el punto de vista de la productividad (a partir de los criterios edafoclimáticos que considera el esquema de la FAO), sino que también lo fortalece a partir de la incorporación de criterios de competitividad y sostenibilidad, mediante la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionados (figura 7).

La zonificación del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para su producción, como base para el desarrollo técnico, ambiental y competitivo de esta actividad productiva, así como a contribuir en la formulación de lineamientos de ordenamiento territorial y de uso eficiente del suelo rural que permitan la orientación de la inversión pública y privada.

La zonificación utiliza para la integración de los componentes un proceso analítico jerárquico como técnica de análisis multicriterio (*Analytic Hierarchy Process* (*AHP*)), el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas para el uso del suelo, en las que se incluye la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan una calificación a partir de criterios y después lo llevan a un programa estadístico (*PriEst*) donde se le asignan pesos a cada criterio.

Figura 7. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas

Fuente: UPRA (2014).

Dentro del proceso metodológico que implica la integración de los mapas, la UPRA utiliza una primera matriz *AHP* para integrar los componentes físico y socioecosistémico denominada *integrado biofísico*; y otra que agrupa los criterios socioeconómicos en un solo mapa, denominada *integrado socioeconómico*. Posterior a ello, se genera un árbol de decisión mediante una matriz de paso para obtener el mapa final de la zonificación de aptitud; este proceso se explica más adelante en lo concerniente a los procesos analíticos jerárquicos.

El enfoque de productividad basa su metodología principalmente en la evaluación de tierras, la cual se define como un proceso que permite identificar y valorar los usos específicos que se adaptan a las condiciones específicas de las tierras evaluadas (FAO, 2007), cuya finalidad es proponer sistemas de uso apropiados y sostenibles a largo plazo.

A pesar de que la metodología de la FAO presenta limitaciones por centrarse básicamente en el aspecto físico, ha sido el procedimiento más utilizado en todo el mundo para hacer frente al ordenamiento territorial local, regional y nacional. Las adaptaciones que han surgido en los últimos años ofrecen una alternativa de aplicación frente a nuevos retos agroambientales.

La FAO propone un conjunto de cualidades y características para ser empleadas en el proceso de evaluación de tierras (denominadas, en este desarrollo metodológico, criterios y variables, respectivamente), cuyo número es flexible y está determinado por los objetivos de aplicación, la escala de trabajo y los datos disponibles (FAO, 2007).

Dentro de la zonificación, el proceso de evaluación de tierras se aborda de manera multidisciplinaria, brindando los elementos para el análisis de criterios relacionados con las dimensiones físicas, socioecosistémicas y socioeconómicas de la cadena productiva por evaluar, sobre una base sostenible.

Desde el componente físico, es importante por medio del análisis de sus elementos en un espacio territorial que se pueda determinar en primera instancia la aptitud o no de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para el cultivo de plátano, se han precisado algunas características que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario.

El enfoque socioecosistémico considera el patrimonio natural como la biodiversidad, la funcionalidad ecosistémica, y los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales con los que cohabita. En estos sistemas complejos el hombre, la sociedad y su cultura, participan en el modelamiento de los ecosistemas, y a la vez responden de forma adaptativa a los cambios en la naturaleza. De esta forma, los procesos socioecosistémicos que se dan en estos sistemas complejos han de buscar de forma permanente el ideal de la sostenibilidad (UPRA, 2016).

El objeto de una visión socioecosistémica es plasmar en el desarrollo productivo estrategias de gestión que consideren la dinámica natural de los ecosistemas, las interacciones sociedad-naturaleza, el uso sostenible de bienes y servicios ecosistémicos, y el mantenimiento de la integridad ecológica como aportantes a la productividad y la competitividad del sistema, en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012; Martin-López *et al*., 2009, citado por (UPRA, 2014).

Desde los criterios de orden socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el establecimiento y permanencia de una cadena productiva; las áreas con mayor aptitud son aquellas donde la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas, o contribuye a mejorarlos.

En cuanto al tercer enfoque, la competitividad, definida por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio que otros productores domésticos e internacionales (Porter, 1980), constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario toda vez que es la condición de viabilidad de los productos en el mercado y genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

En relación con la zonificación de una cadena productiva, la competitividad se expresa en la capacidad de una región para generar las condiciones de producción que promueven el desarrollo sostenido del sistema productivo y, con ello, permitir mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes, en particular, de los empresarios y familias dedicadas al negocio. Es decir, la competitividad implica que un cultivo exige requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollarse.

A continuación, se sintetizan algunos de los lineamientos que (Rossiter, 2009), plantea contemplar en una evaluación de tierras y que representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas (tabla 4).

Tabla 4. Principios de la evaluación de tierras

Considera para la zonificación de una cadena productiva un enfoque multidisciplinario y sectorial.
Un enfoque paralelo donde cada criterio se aborda de manera conjunta y se obtiene directamente una clasificación para cada uno.
Reconoce las múltiples funciones de la tierra, no solo para la producción de alimentos, sino también para la conservación del medioambiente.
Reconoce una variedad de criterios asociados al uso de la tierra que integra características físicas, climáticas, fitosanitarias, ecosistémicas, institucionales, de transporte, mano de obra y población, entre otras.
Fomenta la participación de los interesados en los procesos de zonificación de aptitud de tierras.
La sostenibilidad se define ampliamente para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
Se valora la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.

Fuente: (Rossiter, 2009).

03 Marco metodológico

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (AAB) cv. hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del «Esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque por etapas paralelas de integración y análisis de los componentes físico, socioeconómico y ecológico, propuesto en el Framework for Land Evaluation (FAO, 2007). La evaluación de tierras consiste en la determinación del grado de satisfacción de los requerimientos de cada tipo de uso o actividad proporcionado por el suelo. El proceso central de este esquema es la comparación de las cualidades de cada unidad de tierra con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo mediante diversos procedimientos descritos en publicaciones posteriores (FAO, 1976).

Partiendo del enfoque suministrado por la (FAO, 1976), se realizó en la presente zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano, una adaptación involucrando otro tipo de técnicas frecuentemente empleadas para la determinación del emplazamiento óptimo para una actividad como lo son los métodos de evaluación multicriterio, los cuales permiten también la obtención de mapas de aptitud.

La evaluación multicriterio es un método que se ha diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios, considerando un criterio como la base para una decisión

que puede medirse o evaluarse; los criterios pueden ser de dos tipos: factores o restricciones, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración y una restricción es un criterio que limita dichas alternativas (Eastman *et al*., 1995).

Dentro de la evaluación multicriterio una de las técnicas más sencillas y más frecuentemente aplicada es la suma lineal ponderada. El objeto principal de la evaluación multicriterio es el de dar pautas para combinar la información de varios criterios para formar así un índice único de evaluación. En el caso de los criterios restrictivos, se utiliza la lógica booleana, es decir sí o no, existe la restricción o no y solo da lugar a una de esas calificaciones. En el caso de factores, se utiliza generalmente la suma lineal ponderada en la cual los factores son combinados aplicando un peso a cada uno seguido por una sumatoria de los resultados para así obtener el mapa de aptitud (Eastman *et al*., 1995).

La metodología planteada se fundamentó en el análisis de tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico los cuales fueron evaluados por una serie de criterios conformados por variables que los caracterizan.

Un criterio es el atributo complejo (conjunto de variables) de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976); por otra parte, las variables son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y que es utilizado como un medio para describir las cualidades de la tierra o el criterio.

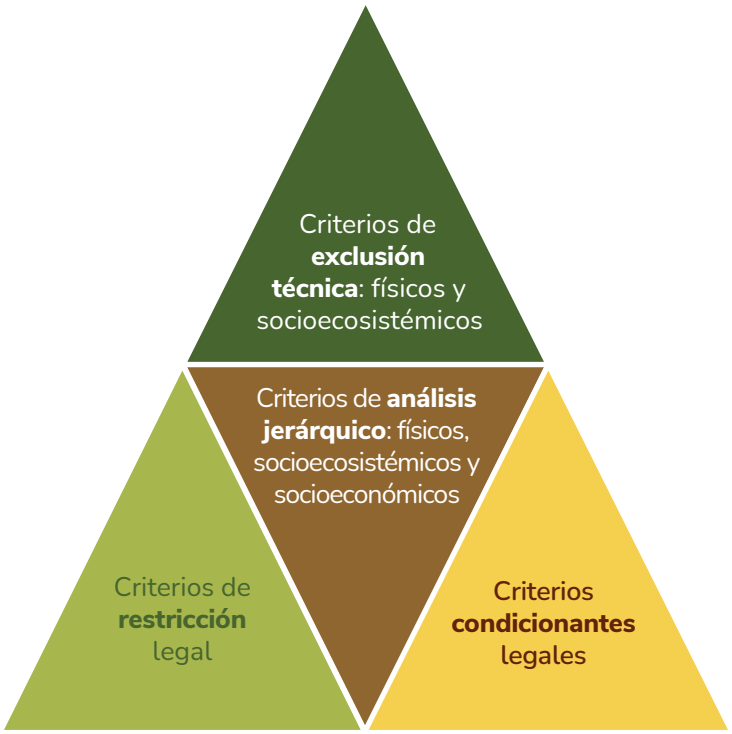
Para efectos de la zonificación, los criterios pueden ser de cuatro tipos:

- *Criterios de análisis jerárquico*: Factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud del cultivo de plátano en el mercado nacional en Colombia.
- *Criterios de exclusión técnica*: Zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no es factible el cultivo de plátano.
- *Criterios de restricción legal*: Independientemente de la categoría de aptitud por consideraciones sociales, culturales, ambientales o de bioseguridad, no es posible el desarrollo de la actividad productiva.
- *Criterios condicionantes*: Zonas con condicionante legal o técnico que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo social, cultural,

ambiental o de bioseguridad para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

En la figura 8 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

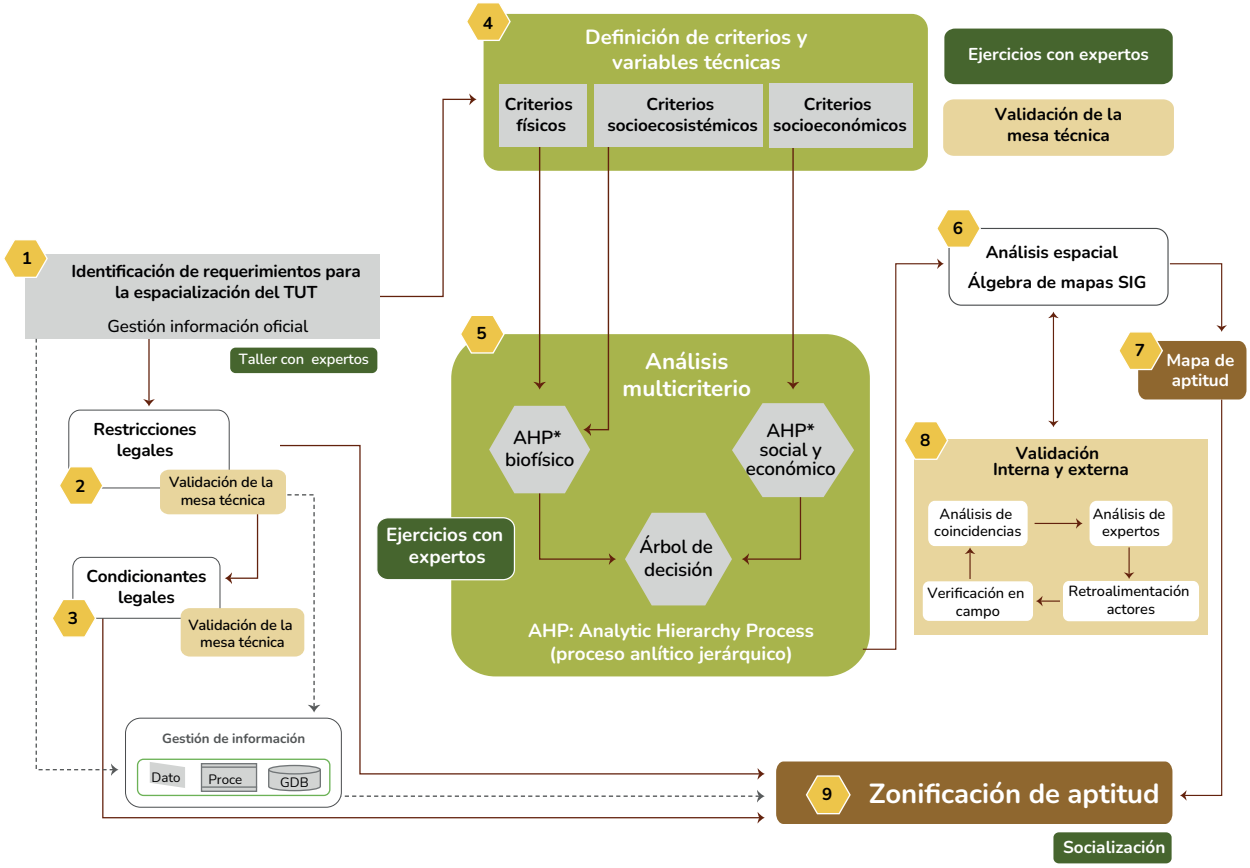
Figura 8. Criterios de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

A continuación, se presentan cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación de aptitud (figura 9); durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector platanicultor y diferentes profesionales, quienes aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, y su importancia dentro de la zonificación de aptitud.

Figura 9. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón



Fuente: UPRA (2019).

Seguidamente, se definien cada una de las etapas que conforman la metodología de las zonificaciones de aptitud.

- *Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT)*. En esta fase se definió el tipo de uso de la tierra objeto de la zonificación con base en los requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos. Así mismo, se determinaron los criterios y las variables objeto de la cartografía.

- *Identificación de restricciones legales*. Con base en la normativa vigente asociada, principalmente al componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que excluyeron la actividad productora.

- *Identificación de condicionantes legales*. Con base en la normativa vigente asociada, principalmente al componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que condicionaron la actividad productora.

- *Definición y selección de criterios y variables técnicas*. Según el TUT planteado, se seleccionaron los criterios y variables para realizar la zonificación, listado concertado con los expertos. Un criterio es el conjunto de requisitos y parámetros que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural.

- *Análisis multicriterio*. Es el método diseñado para evaluar la importancia de los criterios y ponderarlos dentro del modelo de zonificación de aptitud a través de matrices de proceso analítico jerárquico (método *AHP*). La primera matriz correspondió al componente biofísico, compuesto de criterios físicos y socioecosistémicos; la segunda matriz, al componente socioeconómico. Una vez ponderados los criterios de cada matriz, se compararon a través de una matriz de paso (árbol de decisión).

- *Análisis espacial*. Simultáneo a las actividades mencionadas, los análisis espaciales formaron parte de las fases, desde la consecución/organización de la información y la normalización/estandarización de los datos, hasta la obtención de los mapas de variables y criterios. Además, se aplicó el método jerárquico para la generación de mapas intermedios y la aptitud para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación en Colombia.

- *Mapa de aptitud*. Es el resultado de la aplicación de la metodología propuesta. De este modo, se presentaron no sólo las zonas aptas y no aptas para el cultivo del plátano para la producción en el mercado nacional y de exportación en Colombia, sino también los resultados en el orden nacional, departamental y municipal.

- *Validación de resultados*. Se socializaron los resultados de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón dirigido al mercado nacional y de exportación en el orden nacional, departamental y municipal; luego, se validaron dichos resultados.

- *Resultados*. Se obtuvo la representación cartográfica de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación, con las respectivas estadísticas en el orden nacional, departamental y municipal.

3.1 Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT)

El tipo de utilización de la tierra (TUT), es un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico, ambiental y cultural específico tales como el tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros (FAO, 2003).

También, se define como una descripción a un nivel apropiado de detalle del uso de la tierra e incluye las características del sistema de producción, los contextos socioeconómico y ecológico, entre otros, que le confieren rasgos diferenciadores al cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón y desde un punto de vista de evaluación de tierras; es decir, que pueden ser expresados como requisitos o requerimientos de uso de la tierra con valores cualificables o cuantificables en el país, o que sirven para delimitar las opciones de uso de la tierra.

El tipo de utilización de la tierra (TUT) evaluado en el presente documento corresponde a: «**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación**».

Para obtener el TUT para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, se consideraron los tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, con los criterios y variables para cada uno de ellos.

3.2 Criterios de análisis jerárquico

A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que generan la aptitud para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, escala 1:100.000 en Colombia; dicha información está contenida en las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico que contienen información relacionada con la definición, importancia, rangos de evaluación, limitantes, metodología utilizada para su procesamiento, representación cartográfica y las fuentes de información, las cuales se encuentran en el anexo del presente documento.

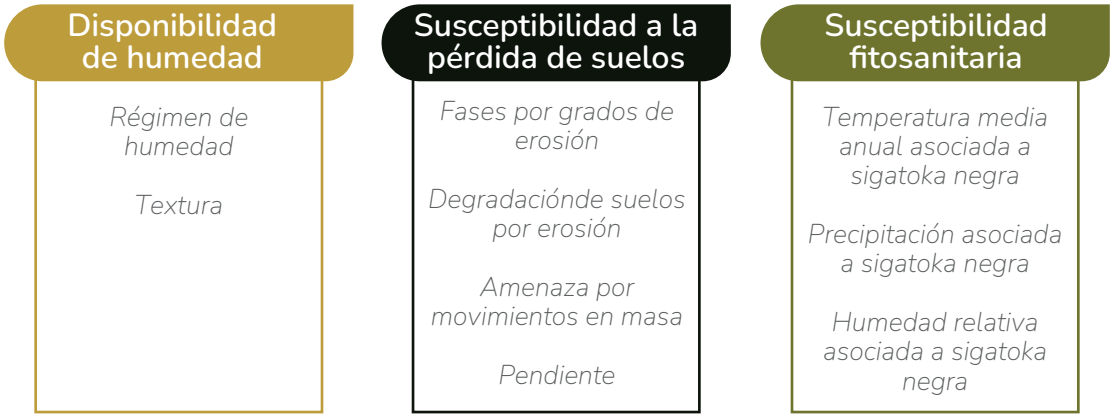
El criterio es un atributo de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976); o también se denomina como el conjunto de

propiedades de la unidad de tierra que responde integralmente a un requerimiento de un tipo de utilización. Los criterios de análisis jerárquicos se entienden como factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción comercial del plátano; las variables se consideran como atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y son utilizadas como un medio para describir las cualidades de la tierra o los criterios.

3.2.1 Componente físico

El componente físico es importante, ya que, a través del análisis de sus elementos en un espacio territorial, puede determinar en primera instancia la clase o nivel de aptitud de un territorio para soportar un tipo de producción definido. Según los requerimientos agronómicos para el plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, se han precisado algunas cualidades de la tierra desde este componente, que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario. En la figura 10 se presentan los criterios y las variables del componente físico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano.

Figura 10. Criterios y variables del componente físico



Fuente: elaboración propia.

- *Subcomponente climático*: Para la zonificación de aptitud, según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en sus fases de desarrollo tales como la temperatura media anual, el índice de disponibilidad de humedad para el cultivo y el brillo solar medio diario (tabla 5).

Tabla 5. Definición de variables del subcomponente climático

Criterio	Descripción de variables
Condiciones climáticas: Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, y que afectan directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976); (UPRA, 2013).	*Temperatura media anual*: Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de transmitir calor a su alrededor; depende principalmente de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2017).
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc): Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo.
	Brillo solar medio diario anual: El brillo solar o insolación, se refiere a la cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre (Ideam, 2017).

Fuente: elaboración propia.

- *Subcomponente edáfico*: Como cuerpo natural y complejo, el suelo tiene vital importancia en el desarrollo de los cultivos ya que la supervivencia de las especies vegetales depende de sus características. El cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón requiere condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción, donde las principales cualidades están referidas a disponibilidad de nutrientes, capacidad de laboreo y condiciones de enraizamiento, entre otras (tabla 6).

Tabla 6. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Descripción de variables
Disponibilidad de nutrientes: Cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento de las plantas, cuando otros factores de crecimiento como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).	*Acidez (pH)*: La acidez, pH o "reacción del suelo" es la designación numérica expresada como pH. Con esta notación, pH 7 es neutral. Valores inferiores a 7 indican acidez y los valores más altos indican alcalinidad (USDA, 1961).
	Saturación de bases: Relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de la base varía según si la capacidad de intercambio catiónico incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a pH 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (Soil Science Society of america, 2018).
	Carbono orgánico: El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón) (Jackson, 1958).
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC): De acuerdo con Chapman (citado por Malagón, 1995), los cationes retenidos en la superficie de minerales del suelo y dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos, pueden ser reversiblemente reemplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico y usualmente se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, cmol/kg de suelo o milimoles de carga por kg de suelo, o del material edáfico al que se le determinó.
Capacidad de laboreo: condiciones del terreno para preparar un lecho que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 2020).	*Pendiente*: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of america, 2018).
	Textura: Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón & Montenegro, 1990).
	Pedregosidad: Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloque (Van Wambeke & Forbes, 1987).
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: La fitotoxicidad es la capacidad de un elemento para causar daños temporales o de larga duración a las plantas. El daño puede ser general o limitado a determinadas especies o variedades de plantas (FAO y OMS, 2017).	*Salinidad y sodicidad*: Contenido alto de sales solubles y/o sodio intercambiable en el suelo. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de plátano. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica (CE), pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio (Na) se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).
	Saturación de aluminio: Proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. La acidez intercambiable se debe a los iones Al^{+++} y H^{+} intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl); también incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).

Criterio	Descripción de variables
Condiciones de enraizamiento: Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo de las raíces del plátano, que en conjunto conllevan a la formación adecuada tanto de las plantas como de las raíces.	*Profundidad efectiva*: Espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar, sin mayores restricciones, para conseguir el agua y los nutrientes indispensables. También se define como el total de la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (USDA, 1961)
	Textura: Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón & Montenegro, 1990).
	Pedregosidad: Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloque (Van Wambeke & Forbes, 1987).
Disponibilidad de humedad: Capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo.	*Régimen de humedad:* Se refiere a la presencia o ausencia ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos de un año. El agua retenida a una tensión de 1500 kPa o más, no está disponible para mantener con vida a la mayoría de las plantas mesófilas (Soil Survey Staff, 2022).
	Textura: Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón & Montenegro, 1990).
Disponibilidad de oxígeno: Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo no está saturado con agua, los poros permiten la libre circulación del CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, determinando condiciones de vida aeróbicas.	*Susceptibilidad a inundaciones*: Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o de cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012).
	Drenaje natural: Rapidez y el grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo, a los espacios subterráneos (USDA, 1961).
Susceptibilidad a la pérdida de suelos: Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado del suelo, originando una disminución de la productividad (FAO, 1976); (FAO, 1991).	*Fases por grados de erosión:* Desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca, a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961). *Degradación de suelos por erosión*: Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). *Amenaza por movimiento en masa*: Peligro latente de movimientos en masa de origen natural o causado o inducido por la acción humana de forma accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Servicio Geológico Colombiano, 2016) *Pendiente*: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of america, 2018).

Fuente: elaboración propia.

- *Subcomponente fitosanitario*: Se identificó la sigatoka negra, enfermedad causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, como el problema fitosanitario de mayor impacto económico en las zonas productoras de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón con destino al mercado nacional y de exportación. El criterio utilizado se denomina susceptibilidad fitosanitaria

y se explica por las condiciones climáticas que se relacionan con el proceso epidemiológico del patógeno (aparición, inoculación, propagación e infección). La tabla 7 muestra las variables climáticas relacionadas con la enfermedad.

Tabla 7. Variables del subcomponente fitosanitario

Criterio	Descripción de variables
Susceptibilidad fitosanitaria: Para el caso del cultivo de plátano, corresponde a la enfermedad denominada sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) relacionada con condiciones climáticas, que permiten explicar el potencial de aparición, incidencia y severidad de esta enfermedad en el cultivo.	*Temperatura media anual asociada a sigatoka negra*: Relación entre la temperatura y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.
	Precipitación asociada a sigatoka negra: Relación entre la cantidad de lluvia y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.
	Humedad relativa asociada a sigatoka negra: Relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Componente socioecosistémico

El componente socioecosistémico ofrece una mirada desde la integridad de los ecosistemas naturales cuando estos son alterados o modificados por la siembra del plátano; ofrece de manera transversal a los otros dos componentes, las bases para la conservación ecológica, la biodiversidad, las coberturas vegetales, la conservación y equilibrio de las masas acuáticas, y preservando por el bienestar de las emisiones de carbono y de contaminantes del aire. Implícitamente protege la relación antrópica con el ecosistema en el cual está inmerso.

Este enfoque, dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, genera de manera transversal a los demás componentes de análisis, los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica y prestación de bienes y servicios ambientales) de forma equitativa, incluyendo la sociedad, la economía y la cultura sin sesgar el desarrollo de nuevas actividades por una conservación a ultranza o por puntos de vista totalmente desarrollistas, utilitaristas.

La aptitud de la tierra desde su concepto se entiende como la adaptabilidad de un territorio para una actividad dada, por tal razón la zonificación establece desde el componente socioecosistémico una

estrecha relación con el potencial de uso del cultivo para fines comerciales, sin que esta actividad represente un generador de deterioro frente a los intereses de protección y conservación de la biodiversidad.

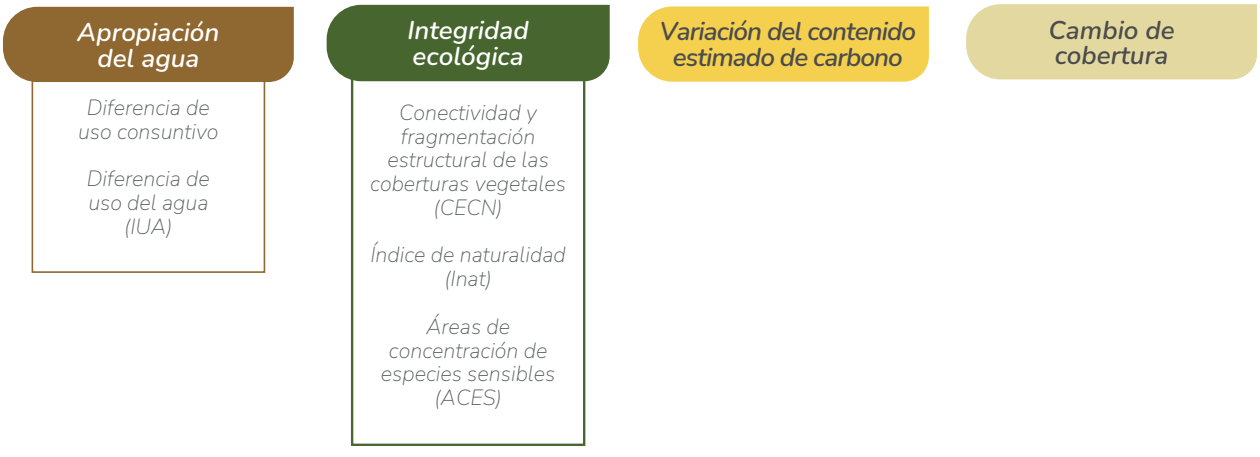
Desde el componente socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el desarrollo y la permanencia de la actividad. De esta forma, las áreas con mayor aptitud para el cultivo son aquellas donde la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o contribuye a mejorarlos.

Lo socioecosistémico aborda un grupo de criterios que delimitan áreas de aptitud (factores), otro grupo que condiciona o da ciertas alertas a la utilización de un área para el establecimiento y desarrollo del cultivo por aspectos legales y, por último, un grupo que por aspectos normativos y legales excluye cualquier actividad asociada a esta cadena.

Producto del cruce de los rangos de las variables y de los criterios, se utiliza una aplicación de las metodologías de árbol de decisiones en algunos casos, o de matriz *AHP* (Saaty, 1980), en otros casos, para llegar a describir los tres tipos de aptitudes: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Dentro del componente se evaluaron cuatro criterios: apropiación de agua, integridad ecológica, variación del contenido estimado de carbono y cambio de cobertura, representados por cinco variables que se describen a continuación (figura 11 y tabla 8).

Figura 11. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio/definición	Descripción de variables
Apropiación de agua: Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y el agua lluvia, para satisfacer la demanda del cultivo de plátano, como materia prima para su desarrollo y producción.	*Diferencia de uso consuntivo:* De acuerdo con el (Ideam, 2010), el uso consuntivo corresponde al requerimiento de agua neta para el establecimiento de un cultivo, partiendo del agua contenida en el suelo y que está disponible para la cobertura vegetal. Y según la (FAO, 2019), el uso consuntivo abarca la totalidad de agua requerida por un cultivo determinado para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde la siembra hasta la cosecha, en un régimen climático específico.
	Diferencia de uso del agua: Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda del cultivo de plátano. De la totalidad del agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa vegetal, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa aérea o por vía evapotranspiración del cultivo.
Integridad ecológica: Capacidad del ecosistema, para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo (Ciontescu, Instructivo metodológico para ejecutar indicadores de estado de conservación ArcGis-Fragstas, 2012).	*Fragmentación y conectividad de las coberturas naturales (FCECN):* La heterogeneidad espacial del paisaje se analiza a partir de la conectividad y la fragmentación (MacArthur & Wilson, 1967), (Tischendorf & Fahrig, 2000); (Correa, 2009), y requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) en el territorio que limiten o impriman mayor costo para el flujo de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos, fundamentales para el desarrollo de los sistemas productivos y la sostenibilidad del territorio, así como el grado de estabilidad geométrica y espacial que permita la permanencia de cada uno de los parches y corredores contenidos en las diferentes matrices del paisaje.
	Índice de naturalidad (INAT): Está referida a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, que son necesarios para sustentar la vida. La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis, está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio (Velez & Gomez, 2008).
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): Establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC), o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (AC). De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS).
Variación del contenido estimado de carbono: Balance entre el contenido de carbono de la biomasa área y subterránea de la cobertura vegetal frente al potencial de cambio debido al establecimiento de cultivos de plátano, lo que permite determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o como emisoras de carbono (UPRA, 2016).	
Cambio de cobertura: Cambio de cobertura: define la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente, producido por el establecimiento del cultivo de plátano, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación: • Grado de antropización y transformación de las coberturas. • Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características. • Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Componente socioeconómico

El tercer componente de la zonificación del cultivo de plátano es el socioeconómico, el cual comprende ocho criterios, respaldados en 37 variables. En este sentido, el componente, agrupa la información en dos grandes temas; el primero, orientado a identificar las condiciones propicias para un ambiente competitivo, mientras que el segundo, analiza el contexto social del territorio.

La competitividad es la capacidad para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio frente a otros productores domésticos e internacionales, y se define por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales; es decir, la productividad depende tanto del valor de los productos y servicios de un país (medido por los precios que se pagan por ellos en los mercados libres) como de la eficiencia con la que pueden producirse (Porter, 1985). En este sentido, la competitividad constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, puesto que no sólo se confirma como la condición de viabilidad de los productos en el mercado, sino que también genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

Tanto la sostenibilidad como el crecimiento en los niveles de competitividad dependen del logro del uso eficiente de los factores de producción, de la consolidación de altos niveles de innovación en los sistemas productivos, de la diversificación y ampliación de los mercados y, así como de la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida.

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, la competitividad se expresa como la capacidad de una región para generar las condiciones que promuevan el desarrollo sostenido de la producción de plátano; con ello, es posible mejorar de forma continua las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los productores.

Con fundamento en la definición planteada, la competitividad en el cultivo comercial de plátano implica un proceso que considera los requerimientos multidimensionales para desarrollar su producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales que conducen a la competitividad y, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso del cultivo comercial de plátano.

Un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, mercado laboral disponible y con buena mano de obra calificada

y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros; todo lo anterior redundará en beneficio del productor de plátano y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida.

La inversión del productor del cultivo comercial de plátano beneficia a la comunidad local; en consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos del cultivo comercial para el plátano en Colombia interesa en especial a las agencias del gobierno y a los productores con responsabilidad social.

En la Figura 12 y la Tabla 9 se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 12. Criterios y variables de componente socioeconómico

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Descripción de variables
Infraestructura productiva: Conjunto de bienes y recursos ubicados dentro de una región, que se articulan en busca de aumentar la productividad y competitividad de los emprendimientos productivos en aras de mejorar las condiciones de los habitantes de la zona en cuestión.	*Existencia de cultivos*: Corresponde a predios georreferenciados con presencia de cultivos de plátano y su colindante, siendo este último un predio con propiedad privada, sin exclusiones para el mercado de tierras y cuyo destino económico esté relacionado con la actividad agropecuaria.
	Plantas de procesamiento: Establecimiento que cuenta con la maquinaria necesaria, cumple con los principios, regulaciones de higiene y seguridad requeridos por la ley, para el procesamiento de alimentos
	Viveros registrados: Conjunto de instalaciones que tiene como propósito fundamental la producción y distribución de material vegetal. La información corresponde a los viveros registrados ante el ICA.
	Distritos de adecuación de tierras: Área de influencia de obras civiles destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje, protección contra inundaciones o para el desarrollo de actividades agropecuarias (Ley 41, Congreso de la República, 1993).
Infraestructura, bienes y servicios: Bienes de uso colectivo que se requieren en la actividad productiva, así como los canales que intervienen en el desarrollo y funcionamiento de los mercados nacionales e internacionales.	Centros de servicios: Áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo de plátano. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.
	Centros mayoristas: Unidades comerciales de distribución de productos alimenticios, que proporcionan a la población servicios de abastecimiento de productos básicos al mayoreo; sus instalaciones permiten concentrar los productos provenientes de diferentes centros de producción, para surtir de éstos a los comerciantes especializados.
	Puertos marítimos: Espacio que, situado en una orilla o en la costa, permite que las embarcaciones desarrollen operaciones de descarga y carga y/o de desembarque, embarque, para realizar operaciones de comercio internacionales.
	Puertos fluviales: Lugar situado sobre la rivera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para las actividades fluviales, sintetiza las facilidades de desplazamiento de carga, insumos, productos intermedios, productos terminados, entre otros.
	Energía eléctrica rural: Corresponde al nivel de favorabilidad para el acceso al servicio público de energía eléctrica en las zonas rurales del país, evaluado a partir del índice de cobertura de energía eléctrica, tarifa media rural no residencial y el sistema de transmisión.
	Cobertura de internet móvil: Área geográfica en la que se dispone del servicio, para realizar llamadas de voz y utilizar datos móviles para navegar por internet

Criterio	Descripción de variables
Asociatividad e institucionalidad: Presencia institucional del estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del plátano cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica condiciones internas y externas a la actividad productiva en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector agrícola.	*Asociaciones*: Grupo autónomo y voluntario de mujeres y hombres que aúnan sus esfuerzos para constituir una empresa de la que tienen la propiedad común, que se rige por reglas y gestión democráticas y que persigue además de la rentabilidad, satisfacer sus necesidades y aspiraciones, sociales, y culturales, las cuales ofrecen a los productores oportunidades de mercado, junto a servicios como una mejor formación en gestión y acceso a la información, tecnologías, innovaciones y servicios de extensión de calidad sobre prácticas agrícolas más productivas y sostenibles, al igual que ofrecen perspectivas y oportunidades que los productores no pueden alcanzar de forma individual en los mercados.
	Gremio: Asohofrucol es la organización gremial y agroempresarial que representa los intereses de los productores colombianos de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos, plantas aromáticas, especias o medicinales; adicionalmente tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal y administra el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH).
	Entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA): Son entidades como las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata), Centros Provinciales de Gestión Agro empresarial (CPGA), gremios agropecuarios, empresas privadas o de naturaleza mixta, asociaciones de profesionales, universidades y demás Instituciones de Educación Superior, Agencias de Desarrollo Local (ADL), entidades sin ánimo de lucro, organizaciones o asociaciones de productores, entre otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación (Ley 1876, Congreso de la República de Colombia, 2017) (artículo 33).
	Agrosavia: Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario.
	ICA: Sedes de la entidad oficial, cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional y aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias.
Disponibilidad de mano de obra: Identifica la disponibilidad de mano de obra en los municipios con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) y a los requerimientos del cultivo de plátano. Evalúa además las zonas cercanas en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas.	*Densidad poblacional rural en edad de trabajar (PET)*: Número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km^2, frente a las necesidades de mano de obra de acuerdo con la tecnología empleada en el cultivo de plátano hartón y dominico hartón. Dada la disponibilidad de la información de población municipal por edad, se define el rango etario de 15 a 62 años como la población en edad de trabajar según las series de población proyectadas por el DANE para el año 2022.
	Oferta educativa técnica y tecnológica: Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior técnico y/o tecnológico oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola, que facilitan la capacitación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.
	Oferta educativa universitaria: Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior universitaria oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola (ingeniería agronómica, agronomía, ingeniería agroecológica, entre otros) que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio
Dinámica del mercado de tierras: Expone la situación y comportamiento de los municipios en torno a la dinámica de la tierra, desde cuatro variables que permiten comprender la capacidad y limitantes del acceso a la tierra para la producción agrícola para el plátano, al mostrar el impacto del tamaño, la estimación del arriendo, el precio y la formalidad de los predios, con el fin de focalizar las posibles inversiones en favor de acceder a tierra para el desarrollo de la actividad. El mercado de tierras rurales se entiende cómo «*el conjunto de transacciones o acuerdos libres* de coerción, mediante las cuales se realiza el intercambio parcial o total sobre alguno o algunos de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios que no han sido objeto de exclusiones legales» (Resolución 128, Minagricultura , 2017). (MinAgricultura, 2017)	*Tamaño predial*: Superficie de terreno, en rangos de tamaños prediales, definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo de plátano y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva. Para efectos de la zonificación de aptitud, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del área rural.
	Avalúo catastral rural: Determinación, por entidad pública competente, del valor de los predios, obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (Resolución 0070, Minagricultura, 2011). Esta variable se utiliza como un **proxi** del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de información de precios comerciales a nivel nacional actualizados, recientes o tomados de fuente directa.
	Arriendo rural: Valor del pago en dinero, establecido de manera conjunta, por el propietario quien concede el goce de un predio por un tiempo determinado y el arrendatario quien paga por este goce un precio en un tiempo definido.
	Tendencia a la formalidad: Conjunto de situaciones inmobiliarias, técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios tanto públicos como privados, que proporciona seguridad jurídica a la propiedad, acorde al principio constitucional del derecho a la propiedad privada. Por el contrario, «la informalidad puede ser legal o ilegal, o estar en una frontera ambigua entre ambas. La inestabilidad e irregularidad de los ingresos en el sector informal de trabajo, activa una lógica particular de los circuitos monetarios y formas de intercambio en los mercados informales, basada precisamente en la confianza» (UPRA, 2015).

Criterio	Descripción de variables
Seguridad ciudadana: Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas. Es una situación donde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (CIDH, 2009).	*Extorsiones rurales*: Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial; está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero.» Ley 906 de 2004 (Congreso de la República de Colombia, 2004).
	Homicidios rurales: La palabra homicidio deriva del vocablo latino *homicidĭum* y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. El homicidio se puede definir como «Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional (culpabilidad)» (INMLCF, 2008).
	Secuestros rurales: Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada, o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo (Ley 599, Congreso de la república de Colombia, 2000) (artículo 168).
	Hurtos rurales: De acuerdo con el código penal colombiano, es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. También se conoce como robo. Se considera hurto calificado cuando se comete con violencia sobre las cosas, colocando a la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad o aprovechándose de tales condiciones, mediante penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en lugar habitado o en sus dependencias inmediatas, aunque allí no se encuentren sus moradores, con escalamiento, o con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar, violando o superando seguridades electrónicas u otras semejantes (Ponal, 2020).
Indicadores económicos: Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo, y que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades asociadas a la producción agrícola. Así mismo, destaca aquellos municipios con algunos incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con aparente mejor desempeño en la gestión de recursos de acuerdo con la Medición de Desempeño Municipal (DNP).	*Créditos otorgados*. Clasifica los municipios según la cuantía de créditos otorgados para las actividades agropecuarias; están direccionados a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales por Finagro, a través de la banca comercial con presencia en los territorios y son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés, respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG). Para esta medición se tuvo en cuenta el valor a precios de 2022, desde el año 2018 hasta el 2022, a nivel municipal para el cultivo de plátano y su comercialización (Finagro, 2022).
	Seguros agropecuarios: Municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción de plátano, en el periodo 2017-2021. Así, se identifican las zonas, donde las aseguradoras y tomadores de seguros, decidieron realizar la gestión del riesgo asociado a la producción agrícola (sequías, heladas, inundaciones, deslizamientos, plagas o enfermedades, entre otros). Cada año los productores agropecuarios reciben un subsidio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) a través de Finagro, para el pago de las primas de estos seguros (CNCA, 2023).
	Valor agregado agrícola municipal: Aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio, medido e integrado en dos formas: primera, en función de su importancia relativa (participación porcentual) dentro del valor agregado agropecuario (agrícola + pecuario + pesquero + silvicultura) del municipio; segunda: se identifican los municipios con mayor capacidad de generación del valor agregado agrícola en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado), de acuerdo con los seis grupos homogéneos de municipios que establece el DNP para la Medición del Desempeño Municipal para el año 2021 (DANE, 2022).
	Desempeño municipal: Adopta la medición y la comparación que realiza el DNP en la publicación de la Medición de Desempeño Municipal (MDM) para el año 2021. La MDM tiene como objetivo comparar el desempeño municipal de las entidades territoriales entendido como capacidad de gestión (acciones y decisiones) y los resultados de desarrollo (el aumento de la calidad de vida de la población) teniendo en cuenta sus capacidades iniciales, para incentivar una mejor gestión, calidad del gasto y la inversión orientada a resultados (DNP, 2021).
	Zonas Más Afectadas por el Conflicto Armado (Zomac): Estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 2017 (Minhacienda, 2017).
	Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET): Instrumento de planificación y gestión a 10 años, a partir del año 2017, para llevar de manera prioritaria y con mayor celeridad programas de desarrollo económico, social y ambiental a los territorios más afectados por el conflicto armado, con mayores índices de pobreza, presencia de economías ilícitas y debilidad institucional; está conformado por 170 municipios Agencia de Renovación del territorio (ART. Agencia de Renovación del territorio, 2020).

Criterio	Descripción de variables
Condiciones de vida: Indicadores estadísticos utilizados para estudiar la manera específica en que viven las personas, en un marco de tiempo y en una sociedad determinada, considerando como principales características vitales: salud, educación, empleo, entre otras. Mide el grado de privación en las dimensiones que abarca la medición de la pobreza multidimensional, a través de datos censales, con indicadores municipales, que permiten determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad de esta. Este índice permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria (DANE, 2018).	*Salud*: Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestadas como las barreras de acceso a este servicio y a las zonas sin aseguramiento en salud. • *Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapista o institución de salud. • *Privación por falta de aseguramiento en salud*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no se encuentra asegurada en salud, es decir presenta alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX) (DANE, 2018).
	Trabajo: Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de trabajo informal y tasa de dependencia. • *Privación por tasa de dependencia económica:* una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. • *Privación por empleo formal*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un ocupado sin afiliación a pensiones (DANE, 2018).
	Condiciones de vivienda y servicios públicos: Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y para esto se entrelaza la información de parámetros como hacinamiento crítico, eliminación de excretas, paredes y pisos inadecuados, y la limitación al acceso de agua mejorada. • *Privación por acceso a fuente de agua mejorada*: en el caso de los hogares rurales, una persona se considera privada si el agua la obtienen de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero u otra fuente, agua embotellada o en bolsa. • *Privación por inadecuada eliminación de excretas*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar rural que cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tienen servicio sanitario. • *Privación por material inadecuado de pisos*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar, cuya vivienda cuenta con pisos de tierra, arena, barro. • *Privación por material inadecuado de paredes exteriores:* un hogar rural se considera en privación, si su vivienda cuenta con paredes de guadua u otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o no tiene paredes (DANE, 2018).
	Condiciones de niñez y juventud: Porcentaje de hogares de las zonas rurales con privaciones combinadas en las variables barreras de acceso a servicios para cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, inasistencia y rezago escolar. • *Privación por inasistencia escolar*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa. • *Privación por rezago escolar*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior a la norma nacional). • *Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño de 0 a 5 años sin acceso a todos los servicios de cuidado integral (salud y cuidado). • *Privación por trabajo infantil*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 12 y 17 años trabajando (DANE, 2018).

Criterio	Descripción de variables
	Condiciones educativas del hogar: Porcentaje de hogares de los centros poblados y rurales dispersos, con privaciones combinadas en las variables analfabetismo y bajo logro educativo: • *Privación por logro educativo*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es menor a 9 años de educación. • *Privación por analfabetismo*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar en el que hay, al menos, una persona de 15 años o más que no sabe leer y escribir (DANE, 2018).

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la evaluación de tierras del cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, se tomaron como referencia las categorias que la UPRA ha utilizado en los ejercicios de zonificación, las cuales corresponden a categorías de aptitud: aptitud alta (A1), aptitud media (A2), aptitud baja (A3) y no apto (N1). Asimismo, se tienen en cuenta las categorías de exclusiones legales y condicionantes legales (tabla 10).

Tabla 10. Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano.

Categoría		Definición
Aptitud		
A1	Alta	Zonas con las mejores condiciones desde el punto de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico.
A2	Media	Zonas con limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico.
A3	Baja	Zonas con fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
N1	No apto	Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Restricciones legales		
N2	Restricción legal	Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de la actividad productiva
Condicionantes legales		
C1	Condicionante legal	Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo del cultivo.

Fuente: UPRA (2014).

3.3.1 Criterios y variables del componente físico

A continuación se presentan los rangos de aptitud por subcomponente (climático, edáfico y fitosanitario) que fueron obtenidos a través de consulta en fuentes primarias de información, consultas con expertos, acordados con profesionales de entidades (tabla 11).

Tabla 11. Rangos de aptitud del componente físico

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Climático	Condiciones climáticas	Temperatura media anual	0C	> 20	18-20	17-18	< 17
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Índice entre 0 y 1	> 0,80	0,74-0,80	0,45-0,74	< 0,45
		Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	> 4	3-4	< 3	-
Edáfico	Disponibilidad de nutrientes	Acidez	pH	5,5-6,5	5,0-5,5 y 6,5-7,8	<4,5 y > 7,8	-
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol+/kg de suelo	≥ 20	10-20	< 10	-
		Saturación de bases	Porcentaje (%)	> 35	10-35	< 10	-
		Carbono orgánico	Porcentaje (%)	1,4 -7,6; Andisoles	0,5-1,4 y >7,6	< 0,5	Histosoles
	Capacidad de laboreo	Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 25	25-50	50-75	> 75
		Textura	Clases texturales	F, FL, FArA, FArL, FAr	FA, L, ArA, ArL	A, AF, Ar	-
		Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad y sodicidad	Conductividad eléctrica (CE dS/m)	< 1	1-2	2-4	> 4
			Porcentaje de saturación de sodio (PSI)	No sódico (< 15)	-	-	Sódico (≥ 15) Salino sódico
		Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	< 15	15-45	45-80	> 80
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	≥ 50	25-50	< 25	Lithic, Petroferric, Petrocalcic.
		Textura	Clases texturales	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Ar	-
		Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Clases de regímenes de humedad	Údico y perúdico	Ústico	Ácuico	Perácuico y arídico
		Textura	Clases texturales	Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	FA, L	A, AF	-
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Fase cartográfica de inundabilidad	No hay	Cortas	Largas	Muy largas
		Drenaje natural	Clases de drenaje	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Fases por grados de erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente, amenaza por movimientos en masa	Cualitativo, producto de combinación de clases por fases por erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente, amenaza por movimientos en masa y factor LS	Baja susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de plátano	Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de plátano	Condiciones que presentan alta susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de plátano	Restricciones por muy alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, que imposibilitan los cultivos de plátano
Fitosanitario	Susceptibilidad fitosanitaria	Temperatura media anual asociada a sigatoka negra	ºC	< 23 y > 28	23-25	25-28	-
		Precipitación asociada a sigatoka negra	mm/año	< 1400	1400-3000	> 3000	-
		Humedad relativa asociada a sigatoka negra	Porcentaje (%)	< 80	80-85	> 85	-

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Criterios y variables del componente socioecosistémico

Desde el componente socioecosistémico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1) las cuales están referidas a tres categorías:

- La primera, hace referencia al criterio cambio de cobertura; las áreas de exclusión que se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido, deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual; por lo tanto, no puede establecerse cultivo de plátano.

- La segunda, considera los ecosistemas de manglares y bosques secos, como zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o a su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con cultivo de plátano.

- La tercera, involucra aquellas coberturas de bosques que fueron deforestadas después del año 2010. Estas áreas fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación en Colombia (Cabrera et *al*., 2011); no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola, según lo adscrito en el acuerdo de París de la COP21. Se toma 2010 como

fecha límite, en concordancia con la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la implementación de estrategias para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos sobre la población, el medio ambiente y la economía del país.

La exclusión en áreas deforestadas después del 2010 se enmarca en las siguientes estrategias nacionales:

- Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono (MinAmbiente, 2012).
- Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo.

En la Tabla 12 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioecosistémico.

Tabla 12. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para el cultivo comercial de plátano

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Apropiación de agua	Diferencia de uso consuntivo	Mm^3	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor < 41, 29	La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado 41,29-234	La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto > 234	-
	Diferencia de uso del agua	Mm^3	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de plátano <2106	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de plátano 2106-5978	La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico, o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor, o ligeramente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de plátano > 5978	-

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Integridad ecológica	Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural	Conectividad baja. >17.500. Menor número de parches. Mayor tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 1. Parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 0-17.500. Moderado número de parches. Moderado tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 2. Parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta. 0. Mayor número de parches. Menor tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 3. Parches largos con mayor complejidad de forma	-
	Índice de naturalidad (INAT)	Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	INAT muy baja-vital, INAT baja-estratégica, INAT moderada <50	INAT alta 50-75	INAT muy alta-protección 75-100	-
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de especies migratorias	Áreas sin identificación de APC. Baja presencia de APC y especies sensibles. > 2,33	APC con densidad muy baja de especies sensibles y APC con densidad baja de especies sensibles. Alta presencia de APC y especies sensibles. 1,67-2,33	APC con densidad moderada de especies sensibles. APC con densidad alta de especies sensibles. APC con densidad muy alta de especies sensibles. Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies. < 1,67	-

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Variación del contenido estimado de carbono		Porcentaje (%)	El cultivo es sumidero de carbono <0,4698	El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono 0,4698-0,6012	El cultivo es fuente de emisión de carbono > 0,6012	-
Cambio de cobertura		Categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de plátano	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como arroz, maíz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, palma, zonas quemadas y cultivos permanentes herbáceos.	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, mosaicos de cultivos con espacios naturales, café, cultivos permanentes arbóreos y arbustivos, cultivos agroforestales y plantaciones forestales	Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan cultivos confinados, mosaicos de cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados.	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de plátano, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Criterios y variables del componente socioeconómico

A partir del componente socioeconómico, los criterios y variables se clasificaron en tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hubo clasificación no apto (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos, cuya variación respondió a factores exógenos. En la tabla 13 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioeconómico.

Tabla 13. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico para el cultivo de plátano

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	Predio	El predio con cultivo	El colindante al predio con cultivo	Resto
	Plantas de procesamiento	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Viveros registrados	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Distritos de adecuación de tierras	Polígonos	Distritos activos	Distritos inactivos	Sin distritos
Infraestructura, bienes y servicios	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Centros mayoristas	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3-6	> 6
	Puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-3	> 3
	Energía eléctrica rural	Nivel de favorabilidad (unidades)	> 7	5-7	< 5
	Cobertura de internet móvil	Tecnología y número de antenas/10 km^2	Tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas	Tecnología 3G, < 2 antenas	Sin cobertura
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (EPSEA)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1/2	1/2-2	> 2
	Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de la población rural en edad de trabajar	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/ km^2	> 24,4	9,7-24,4	< 9,7
	Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	>2
	Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	>2
Dinámica del mercado de tierras	Tamaño predial rural	Hectárea (ha)	> 11,4	2,1-11,4	< 2,1
	Avalúo catastral rural	Millones de COP$/ ha	< 4,5	4,5-17	> 17 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.
	Arriendo rural	Miles de COP$/ ha/año	< 400	400-1000	> 1000
	Tendencia a la formalidad	Predio	Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	–	Predios sin información catastral, con mejoras, sin interrelación catastro registro, con falsa tradición, con presunción de baldíos, con presunción de informalidad, con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios con inscripción en el RUPTA.
Seguridad ciudadana	Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2205	> 0,2205
	Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,7429	> 0,7429
	Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0582	> 0,0582
	Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 6,1507	> 6,1507

Criterios	Variables		Unidad de medida	Aptitud		
				Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Indicadores económicos	Créditos otorgados		Millones de COP$	> 1479	< 1479	Sin créditos
	Seguros agropecuarios		Municipios	Con cobertura de seguro agrícola	Sin cobertura de seguro agrícola	–
	Valor agregado agrícola municipal		Participación (%)	> 71,6	71,6-42,3	< 42,3
	Desempeño municipal		Indicador MDM (puntaje)	≥ 55	45-55	< 45
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)		Municipios	Declarados ZOMAC	Resto	–
	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)		Municipios	Declarados PDET	Resto	–
Condiciones de vida	Salud	Barreras de acceso a servicios	% de hogares con privaciones	3,3	13,5	6,6
		Sin aseguramiento en salud	% de hogares con privaciones	12,7	13,4	33,0
	Trabajo	Trabajo informal	% de hogares con privaciones	85,3	92,6	94,7
		Tasa de dependencia	% de hogares con privaciones	30,3	45,3	69,1
	Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	Hacinamiento crítico	% de hogares con privaciones	6,7	9,0	16,7
		Inadecuada eliminación de excretas	% de hogares con privaciones	16,3	41,0	46,3
		Inadecuado material de paredes exteriores	% de hogares con privaciones	2,8	3,0	8,8
		Inadecuado material de piso	% de hogares con privaciones	13,7	14,7	58,3
		Sin acceso a fuentes de agua mejorada	% de hogares con privaciones	22,7	67,4	51,2
	Condiciones de la niñez y la juventud	Barreras de acceso al cuidado	% de hogares con privaciones	1,7	3,3	13,0
		Trabajo infantil	% de hogares con privaciones	1,7	3,2	3,5
		Inasistencia escolar	% de hogares con privaciones	4,2	8,0	16,4
		Rezago escolar	% de hogares con privaciones	15,7	26,3	42,5

Criterios	Variables		Unidad de medida	Aptitud		
				Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
	Condiciones educativas del hogar	Analfabetismo	% de hogares con privaciones	12,2	18,5	33,7
		Bajo logro educativo	% de hogares con privaciones	59,9	81,6	82,9

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Restricciones y condicionantes legales

En esta fase de la metodología se identificó la normatividad que regula la realización de actividades productivas agrícolas, ya sea de forma excluyente o condicionante. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o excluyen un uso determinado del territorio rural, lo que implicó, en este caso, restricciones legales o condicionantes para el uso. El carácter excluyente se refiere a aquellas áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos, mientras que los condicionantes legales se refieren a impedimentos directamente relacionados con la normatividad que limita el uso del suelo por interés ambiental, cultural y social.

Los condicionantes legales agrupan todos aquellos factores de orden ecológico o social cuyo soporte implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben estudiarse en conjunto con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas. Es decir, las áreas bajo condicionantes legales podrán reclasificarse en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas (territorios indígenas y afrocolombianos) o de aclaración de determinantes legales que puedan ser incluidos en la zonificación. Desde el punto de vista socioecosistémico y socioeconómico, las áreas definidas por su importancia biológica, el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad y la preexistencia de comunidades que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial debe proceder a través de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana.

La tabla 14 presenta las restricciones legales definidas para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano y la figura 16 su respectivo mapa.

Tabla 14. Restricciones legales

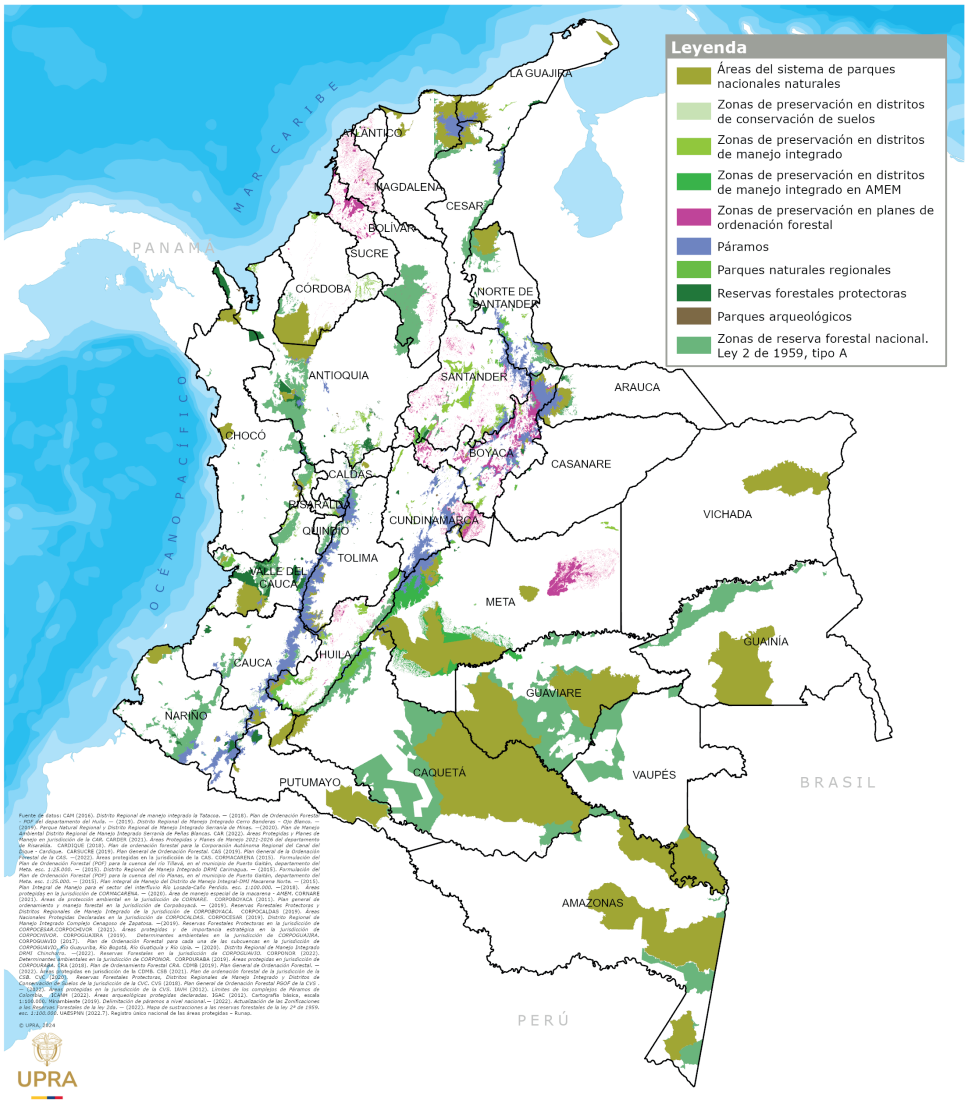
Variable	Áreas de restricción legal
Ecosistemas estratégicos (páramos)	*Páramos*: El Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos. Así mismo, facultó al Gobierno colombiano para clausurar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que pueden perjudicarlos. Al respecto, el ente judicial señala lo siguiente: «El objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y Minas están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de las labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental. En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para esto, se considera como referencia la cartografía contenida en el Atlas de páramos de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) hasta que se cuente con la cartografía a una escala más detallada (Ley 1450 de 2011). La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional establece que, ante la vulnerabilidad, la fragilidad y la dificultad para recuperar los ecosistemas de páramos, el Estado tiene la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida a preservar este tipo de ecosistemas. La razón de esta norma se debe no sólo a que es un tipo de bioma poco común en el mundo, sino también a los importantes servicios ambientales que presta y a que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia. De acuerdo con la Resolución 0886 de 2018, se ha avanzado en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando allí con anterioridad al 16 de junio de 2011. De tal forma, se han diseñado programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, y la puesta en marcha de estos programas a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural mediante la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y otras entidades adscritas.
	Áreas del sistema de parques nacionales naturales: Forman parte del Sistema nacional de áreas protegidas (Sinap) y están integradas por los tipos de áreas estipulados en el Decreto 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de los parques nacionales naturales; el área natural única; las reservas naturales; los santuarios de fauna, los santuarios de flora; los santuarios de fauna y flora; y la vía parque. De conformidad con el Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.
	Parques naturales regionales: De conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.
	Reservas forestales protectoras: De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla a establecer o mantener y usar sosteniblemente los bosques y demás coberturas vegetales naturales.
	Distritos de manejo integrado: Están definidos por el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, como espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos al uso sostenible, a la preservación, a la restauración, al conocimiento y al disfrute. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Hacen parte dentro de esta categoría los Distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los Distritos de manejo integrado (DMI): Distritos regionales de manejo integrado (DRMI): • Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental-Corponor). • Bosques secos del Chicamocha; Lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá-Corpoboyacá). • Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas). • Cuchilla Mesa Alta; Cuchilla San Cayetano; Cuchillas Negra y Guanaque; Páramo de Rabanal; Páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor-Corpochivor) • Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; Cerro El Tabor; Humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).

Variable	Áreas de restricción legal
	• Cerro de San Nicolás; Cuchilla Los Cedros; Cerro El Capiro; Embalse Peñol Guatapé y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; Páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare-Cornare). • Humedal San Silvestre; Páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; Serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander-CAS). • Cerro Banderas Ojo Blanco; Serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM). • Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA). • Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio-Corpoguavio). • El Chilcal; Guacas; Isla Ají, Laguna de Sonso; Pance; Páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, Serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofitico de Atuncela (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC). • Ensenada de Rionegro; Alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá-Corpourabá). • Complejo de Humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS). • Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena). Distritos de manejo integrado (DMI): • Cuchilla de Bellavista; Laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas). • Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama-Cerro Manjui (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR). • Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu (Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Corpoguajira). • Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS). • Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; Cristalina-La Mesa; Cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder). • Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA). • Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga-CDMB). Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (AMEM) (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido. *Distritos de conservación de suelos (DCS)*: De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015 se definen como espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla. En esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). • Cañón de rio Grande (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC); Barbas-Bremen; alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder) • Reserva hídrica sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena); • Ciénaga de Bañó; ciénaga de Betancí; ciénaga los Negros; Complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; Sierra Chiquita (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS). • Umpalá-Cañón río Chicamocha (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga-CDMB).

Variable	Áreas de restricción legal
Planes de ordenación forestal	Según el Decreto 1076 de 2015, el plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) con base en las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, lo que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF se proponen usar los recursos forestales de manera planificada; asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento; manejar integral y sosteniblemente el recurso forestal; y estructurar el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de los componentes biofísicos principales, como el ecológico y el silvicultural, los suelos, la hidroclimatología y los componentes socioeconómicos y legales. Actualmente, el Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones autónomas regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por lo tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las áreas de ordenación forestal definidas por la corporación autónoma regional del alto magdalena (CAM); Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique); Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena); para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá); Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio); Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA); Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS), se presentan exclusiones legales relacionadas con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación
Parques arqueológicos	Son áreas arqueológicas protegidas, declarados mediante una resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Icanh, ello permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada y el encargado de ejecutar el plan de Manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018). *Plan de manejo arqueológico*: Concepto técnico de obligatoria atención emitido por la autoridad competente respecto a contextos arqueológicos, bienes muebles e inmuebles integrantes del patrimonio o zonas de influencia arqueológica. El plan de manejo establece oficiosamente o a solicitud de sus tenedores los niveles permitidos de intervención, las condiciones de manejo y los planes de divulgación (Decreto 833 de 2002)
Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A	Las zonas de reserva forestal nacional fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales (ZRFN): ZRFN del Pacífico; ZRFN central, ZRFN del río Magdalena; ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; ZRFN de la serranía de los Motilones; ZRFN del Cocuy; y ZRFN de la Amazonia. La zonificación adelantada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en las zonas de reserva forestal nacional definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C, según lo cual se establece que las zonas tipo A son «las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica». El MADS adoptó la zonificación y el ordenamiento de las reservas forestales nacionales mediante las siguientes resoluciones: a. Resolución 1922 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal central, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013a). b. Resolución 1923 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013b). c. Resolución 1924 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013c). d. Resolución 1925 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila (MADS, 2013d). e. Resolución 1926 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013e). f. Resolución 1275 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959 (MADS, 2014a). g. Resolución 1276 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2014b). h. Resolución 1277 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés (MADS, 2014c).

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Mapa de restricciones legales



RESTRICCIONES LEGALES

Condicionantes legales: Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo de plátano.

La tabla 15 presenta los condicionantes legales definidos para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano y la figura 14, su respetivo mapa.

Tabla 15. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	*Distritos de manejo integrado (DMI)*: De conformidad con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Además, se incluyen áreas descritas en los planes de manejo, diferentes a las *áreas para la preservación*, *restauración*, *restauración para la preservación*, *uso sostenible* y *uso público* (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), contenidas en los siguientes *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y *Distritos de manejo integrado (DMI)*: *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)*: • Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera nororiental-Corponor) • Bosques secos del Chicamocha; Lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá-Corpoboyacá) • Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas) • Cuchilla Mesa Alta; Cuchilla San Cayetano; Cuchillas Negra y Guanaque; Páramo de Rabanal; Páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor-Corpochivor) • Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR) • Cerros de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; El Capiro; embalse El Peñol Guatapé y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; bosques, mármoles y Pantágoras; Páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare-Cornare) • Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander-CAS) • Cerro Banderas Ojo Blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación autónoma regional del alto Magdalena-CAM) • Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA) • Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio-Corpoguavio) • El Chilcal; Guacas; Isla Ají, Laguna de Sonso; Pance; Páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, Serranía de los Paraguas; La Plata (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC) • Ensenada de Rionegro; Alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá-Corpourabá) • Complejo de humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS) • Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena) *Distritos de manejo integrado (DMI)*: • Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas) • Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento de las quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama-cerro Manjui (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR) • Bañaderos; Pastos Marinos *Sawairu* (Corporación autónoma regional de La Guajira, Corpoguajira) • Área de Manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS) • Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina-La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder) • Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA)

Condicionante	Descripción
	• Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta ce Bucaramanga-CDMB) Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del Área de manejo especial La Macarena (AMEM) (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido. Dentro de estas áreas también se definen zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental. *Distritos de conservación de suelos (DCS)*: El Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015 define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla. Además, se incluye áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las zonas identificadas como *áreas para la preservación*, *restauración*, *uso sostenible y uso público* (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR), para los siguientes DCS: • Cañón de rio Grande (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC) • Barbas-Bremen; Alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder) • Reserva hídrica sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena) • Ciénaga de Bañó; ciénaga de Betancí; ciénaga los Negros; complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; sierra Chiquita (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS) • Umpalá-Cañón río Chicamocha (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga-CDMB) Dentro de estas áreas también se definen zonas de *Bosques habilitados por zonificación ambiental*. *Reservas forestales protectoras*: De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla a establecer o mantener y usar sosteniblemente los bosques y demás coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes a *Uso sostenible, aprovechamiento sostenible, desarrollo sostenible, restauración para el uso sostenible*. *Áreas de recreación*: Conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado. *Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC)*: Totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad de su propietario, se destina para su uso sostenible, preservación o restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona. *Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente*: Por medio de las resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades; con base en dichos estudios.

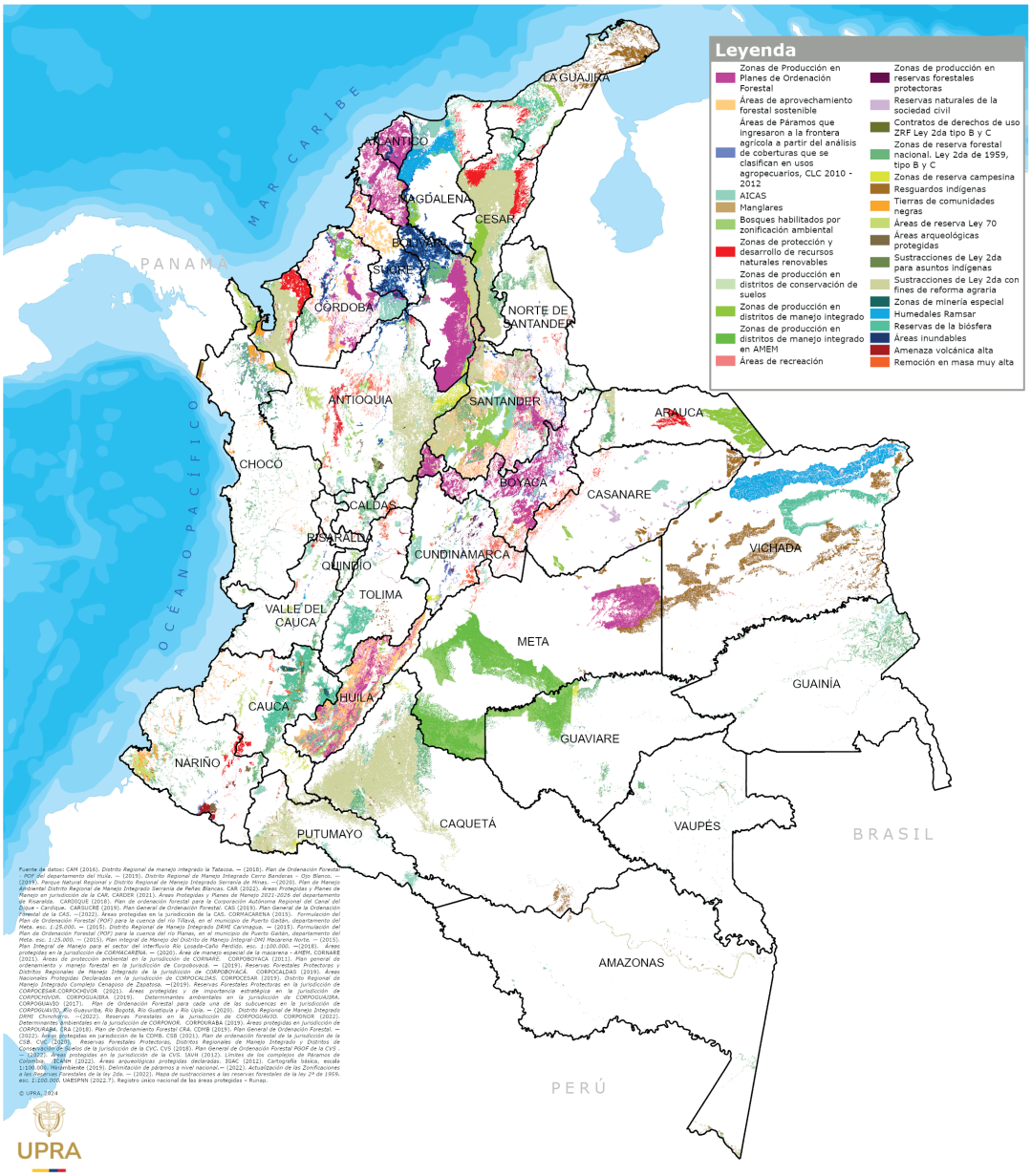
Condicionante	Descripción
Planes de ordenación forestal	Según el Decreto 1076 de 2015, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidroclimatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos.
	Actualmente, el Decreto 1076 de 2015, recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones autónomas regionales deben contar con un plan de ordenación forestal en el que se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y el respectivo manejo. De acuerdo con los criterios técnicos y legales, se presentan condicionantes legales para el manejo de las áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación autónoma regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA); la Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre); la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB); la Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y la Corporación autónoma regional de Santander (CAS). Estas áreas condicionadas se relacionan con las *áreas forestales protectoras*; las *áreas protectoras para la regulación*; las *áreas de restauración del bosque seco tropical (Bs-T)*; las *áreas forestales para la conservación*; las *áreas misceláneas o de producción mixta*; las *áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea*; las *áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos*; las *áreas forestales de producción directa*; las *áreas forestales de protección para el uso sostenible*; y las *zonas para la restauración, las plantaciones de carácter protector, el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables*, las *macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables*, los *servicios ambientales de conectividad biológica y la restauración ecológica*. Lo anterior, permite también definir zonas de *Bosques habilitados por zonificación ambiental*. Adicionalmente, se definen zonas específicas de *aprovechamiento forestal sostenible*, considerando los planes de ordenación forestal de las siguientes CAR: CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación: *Área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal*; *Forestal productor directo*; *Forestal productor indirecto*; *Forestal productor para el uso directo*; *Forestal productor para el uso indirecto*; *Forestal protector para el uso sostenible*; *Área forestal productora*; *Restauración*; *Aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables*; *MUMF-Producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables*; *áreas de restauración para la producción y áreas forestales productoras condicionadas*.
Ecosistemas estratégicos	*Rondas hídricas*: El Decreto 1449 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector Ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales deben mantener en cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo las áreas forestales protectoras. Éstas se definen como «una faja no inferior a 30 m de ancha, paralela a las líneas de marea máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua». La ronda, de conformidad con la Ley 388 de 1997, es un determinante ambiental que debe considerarse como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta No. 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007, MADS). El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación de propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. La norma consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental al ser áreas de especial importancia ecosistémica
	Manglares: Se definen como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diversas familias denominadas mangle con otras plantas; con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida; y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995, MMA). Para que los manglares sean conservados, el Ministerio del Medio Ambiente de la época desarrolló el Programa nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en el año 2002. En estos ecosistemas, se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema. Se exceptúan las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995, MMA).
	Humedales: Son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a muchos factores que alteran las características físicas, biológicas y químicas, lo cual afecta la flora y la fauna allí presente. Por su arte, el Decreto 1640 de 2012 considera los ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, puesto que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y con los procesos de regulación disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.
	Bosques secos: Son parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas, las sequías son pronunciadas, por la baja humedad atmosférica, y la evapotranspiración potencial es alta, lo cual se asocia con la escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, por lo que el Ministerio del Medio Ambiente de la época desarrolló un plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la Sequía (PAN) en el año 2005. Con ello, se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas y la aplicación de medidas no sólo que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos, sino también contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.

Condicionante	Descripción
Distinciones internacionales	Agrupan los lugares que, por factores ecológicos, motivan el reconocimiento internacional y nacional mediante la adscripción a tratados. El soporte legal de los bosques secos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial sin que represente una restricción al uso o la reducción de la aptitud del territorio para la implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados con las autoridades ambientales competentes. Las áreas son definidas por su importancia biológica y de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de la presente zonificación de aptitud, se consideraron las siguientes distinciones internacionales: *Humedales Ramsar:* Este convenio se refiere a la protección de humedales. En el convenio se define una ***zona húmeda*** o ***humedal*** como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994). Al respecto, cabe resaltar que la Ley 1450 de 2011 indica que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales con base en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente o quien haga sus veces. La norma destaca que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional del Convenio Ramsar no se podrán adelantar esas actividades, aunque las limitaciones de las áreas deben obedecer al respectivo plan de manejo en el que se definen las zonas de conservación, preservación y uso. *Reservas de la biósfera:* Son áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Como ecosistemas terrestres o marítimos, se caracterizan porque no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables sin poner en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados, que deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. En Colombia, las distinciones internacionales abarcan las siguientes áreas: el cinturón andino; El Tuparro, la Sierra Nevada de Santa Marta; la ciénaga grande de Santa Marta; el Seaflower; y la serranía de Chiribiquete y la Lindosa; Cinturón Andino. *Áreas de importancia para la conservación de las aves silvestre y la biodiversidad (*AICAS*)*: Son áreas identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por el BirdLife Internacional, una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero. Los criterios técnicos para la identificación de las AICAS se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta las especies globalmente amenazadas (criterio A1); las especies de distribución restringida (criterio A2); el conjunto de especies restringidas a los biomas (criterio A3); y las congregaciones de especies (criterio A4).
Áreas de interés cultural y social	Comprende las zonas delimitadas por el Estado para el reconocimiento, protección y desarrollo de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan o por ser un patrimonio arqueológico nacional. Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios. *Tierras de las comunidades negras:* son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con Ley 70 de 1993, si se espera asumir la propiedad colectiva como un bien adjudicable, las comunidades negras deberán establecer un consejo comunitario a la manera de una administración propia y los requerimientos se formularán según la normativa del Gobierno. *Áreas de reserva Ley 70 de 1993:* Son las tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico, reconocidas a las comunidades negras, que han venido ocupando de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, como propiedad colectiva. Esto con el fin de proteger la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana (Ley 70 de 1993). Zonas de reserva campesina: Son tierras baldías de la nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos con el fin de fomentar la pequeña propiedad rural. Sin embargo, se deben sujetar tanto a las políticas de conservación del área, medio ambiente y recursos naturales renovables, como a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994). En las zonas de reserva campesina, la acción del Estado considerará las reglas y criterios sobre el ordenamiento ambiental territorial; la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos; la participación de éstos en las instancias de planificación; las decisiones regionales; y las características de las modalidades de producción. *Áreas de resguardos indígenas:* Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas. Con un título de propiedad colectiva, estas zonas gozan de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para su manejo y vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo (Decreto 2164 de 1995). Conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, estas áreas presentan un carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables, cuyo condicionante se fundamenta, además, en lo establecido por la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 (2014). *Áreas arqueológicas protegidas (APP):* Conforman un polígono o zona delimitada que, por sus evidencias arqueológicas, requiere de una especial protección y conservación, con el fin de posibilitar la investigación, la divulgación y el turismo responsable (Instituto Colombiano de Antropología e Historia [Icanh], 2019). Estas áreas siguen un plan de manejo arqueológico definido por el Icanh, según se le permite realizar labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto. *Áreas de reserva especial minera (ARE):* Son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera con explotaciones tradicionales de minería informal. La concesión solamente se otorgará a la comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, modificada por el Decreto 019 de 2012). Se incluyen, además, las *zonas mineras especiales de comunidades negras y zonas mineras indígenas*. *Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959:* de acuerdo con la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción. Para la presente zonificación, se establecieron como condicionante dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso

Condicionante	Descripción
Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C	*Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo B y C*: Las zonas de reserva forestal nacional fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales (ZRFN): *ZRFN del Pacífico*; *ZRFN central*; *ZRFN del río Magdalena*; *ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta*; *ZRFN de la serranía de los Motilones*; *ZRFN del Cocuy*; y *ZRFN de la Amazonia*. *Zona tipo B*: Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central). *Zona tipo C*: Zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para desarrollar actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal. Ésas deben incorporar el componente forestal y no implicar la reducción de las áreas de bosque natural presentes en los diferentes estados sucesionales (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central). Se incluyen, además, los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierra (ANT).
	Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959: De acuerdo con la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción. Para la presente zonificación se establecieron como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso. Se incluyen, además, los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierra (ANT).
Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios	Agrupan áreas en páramos delimitados donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, en las cuales, de acuerdo con la Ley 1930 de 2018, se podrá permitir la continuación de este tipo de actividades agropecuarias de bajo impacto haciendo uso de buenas prácticas que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos. De acuerdo con la Resolución 1294 de 2021, corresponden a actividades agropecuarias de bajo impacto las «actividades agrícolas, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan».
Gestión de riesgo	De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, en el que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la gestión del riesgo se define como el «proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible». Entre las variables de gestión de riesgo se incorporan las siguientes: *Amenaza por remoción en masa muy alta*: Comprende el desplazamiento desde la ladera debajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de la gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material. Esta amenaza se considera como un peligro latente relacionado con un fenómeno físico de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes o el medio ambiente. *Amenaza volcánica alta*: Comprende cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no considera la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán e incide en el arrasamiento o destrucción de la vegetación, de cultivos y de las estructuras existentes a lo largo de área. *Áreas inundables*: Zonas con desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río o cualquier cuerpo de agua o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012). La inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona determinada.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Mapa de condicionantes legales



CONDICIONANTES LEGALES

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Análisis multicriterio

Método diseñado para alcanzar un objetivo específico mediante la valoración, de manera estructurada, de varios criterios. Un criterio es la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. En el ámbito de la zonificación, el análisis multicriterio se empleó en la definición de opciones estratégicas de tipo físico, socioecosistémico y socioeconómico, en función de identificar los sitios donde es más adecuado establecer y desarrollar un cultivo de plátano.

Los criterios pueden ser de dos tipos: factores (en los que se definen los niveles de aptitud) o restricciones (de carácter técnico, normativo o técnico-normativo). Un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para el sector productivo en consideración; una restricción es un criterio que limita, condiciona o excluye dichas alternativas (Eastman et *al*., 1995).

3.5.1 Proceso analítico jerárquico

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más empleadas es el proceso analítico jerárquico (*AHP*), desarrollado por el matemático Thomas Saaty; consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito de este método es permitir que los agentes decisores (expertos consultados) puedan estructurar un problema multicriterio en forma visual mediante la construcción de un modelo jerárquico (Saaty, 1980).

El *AHP* se basa en la estructuración jerárquica y comparación de pares de alternativas y permite, mediante la realización de una matriz de doble entrada (de comparación pareada), generar la calificación del grado de incidencia que un factor tiene sobre los otros, comparándolos por pares. Asimismo, mediante la generación de los vectores propios de estas relaciones, estima el grado de consistencia de las calificaciones como un valor de significancia estadística y, a su vez, se genera el valor de la ponderación para poder realizar la suma lineal ponderada en la siguiente fase de análisis.

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizaron comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios), se atribuyeron valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas y se entregó una síntesis de estas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty se basó en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, con lo cual se logró medir cómo contribuyó cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprendió. Para estas comparaciones se utilizaron escalas de

razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (Tabla 16).

Tabla 16. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importante				Igual importancia	Más importante			

Fuente: UPRA (2014).

3.5.2 Matriz del proceso analítico jerárquico

Siguiendo el procedimiento planteado, se realizó la comparación por pares de criterios para calificar cada uno según la importancia relativa de un criterio respecto a otro; esto se desarrolló para todos los criterios definidos para el análisis mediante un taller donde se calificaron por pares los criterios, usando una escala de importancia.

La tabla 17 muestra que A es una matriz de comparaciones pareadas de ***n*** criterios a_{ij} es la medida de la preferencia del criterio en el renglón ***i*** cuando se le compara con el criterio de la columna *j*. Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} fue igual a 1, pues se estaba comparando el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia a_{ij} automáticamente fue el valor recíproco de a_{ij}, es decir $1/a_{ij}$.

Tabla 17. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

A =

	Criterio 1	Criterio 2	...	...	Criterio n
Criterio 1	1	a_{12}	...	...	a_{1n}
Criterio 2	$1/a_{12}$	1	...	...	a_{2n}
.	.	.	...	...	.
..	..	..	...	...	..
Criterio n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	...	...	1

Fuente: UPRA (2014).

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida para cada cultivo, se calcularon las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística utilizando el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*) (Siraj *et al*., 2013).

La entrada de datos en esta herramienta fue la matriz de comparación de pares de criterios, la cual se normalizó por columna (se dividió el valor de cada casilla de la matriz entre el de la sumatoria de la columna a la cual pertenecía dicho valor). A partir de la matriz normalizada, se obtuvo el llamado vector de prioridad asociado, que representó los pesos de cada uno de los criterios considerados.

De esta manera se tiene que el vector de prioridades de cada criterio vinculado a la zonificación de aptitud se definió de la siguiente manera:

$$(P_1 * \text{criterio}_1) + (P_2 * \text{criterio}_2) + \cdots + (P_n * \text{criterio}_n)$$

Donde:

n = número de criterios
P_i = grado de incidencia que un criterio tiene sobre los otros.

La tabla 18 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano para los componentes físicos y socioecosistémicos. Por su parte, la tabla 19 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico.

Tabla 18. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano

Criterios	Condiciones climáticas	Disponibilidad de nutrientes	Capacidad de laboreo	Apropiación de agua	Toxicidad por sales sodio y aluminio	Integridad ecológica	Condiciones de enraizamiento	Variación del contenido estimado de carbono	Disponibilidad de humedad	Disponibilidad de oxígeno	Cambio de cobertura	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Susceptibilidad Fitosanitaria	Pesos ponderados (%)
Condiciones climáticas	1													22,3
Disponibilidad de nutrientes	1	1												17,3
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1											13,8
Apropiación de agua	1/3	1/3	1/3	1										11,0
Toxicidad por sales sodio y aluminio	1/3	1/3	1/3	1/3	1									8,8
Integridad ecológica	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								7,0
Condiciones de enraizamiento	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1							5,4
Variación del contenido estimado de carbono	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						4,3
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					3,4
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				2,7
Cambio de cobertura	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			2,2
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1		1,7
Susceptibilidad fitosanitaria	1/9	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de plátano

Criterios	Infraestructura productiva	Infraestructura, bienes y servicios	Asociatividad e institucionalidad	Disponibilidad de mano de obra	Dinámica del mercado de tierras	Seguridad ciudadana	Indicadores económicos	Condiciones de vida	Pesos ponderados (%)
Infraestructura productiva	1								31,4
Infraestructura, bienes y servicios	1/3	1							23,9%
Asociatividad e institucionalidad	1/3	1/3	1						16,4%
Disponibilidad de mano de obra	1/3	1/3	1/3	1					11,2
Dinámica del mercado de tierras	1/5	1/5	1/3	1/3	1				7,0
Seguridad ciudadana	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1			5,0
Indicadores económicos	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1		3,1
Condiciones de vida	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	2,0

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 20 muestra la matriz de paso mediante la cual se cruzan los criterios físicos y socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación del mapa integrado de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón a escala 1:100.000 en Colombia.

Tabla 20. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano

Componente	Socioeconómico			
Biofísico		A1	A2	A3
	A1	A1	A1	A2
	A2	A1	A2	A3
	A3	A2	A3	A3

Fuente: UPRA (2018).

Se combinó la información de los criterios considerados en la zonificación realizando una suma lineal ponderada; a los criterios se les aplicaron los pesos calculados para cada uno y se obtuvieron los mapas preliminares de evaluación de tierras para el cultivo de plátano.

$$S = \sum W_i * X_i$$

Donde:

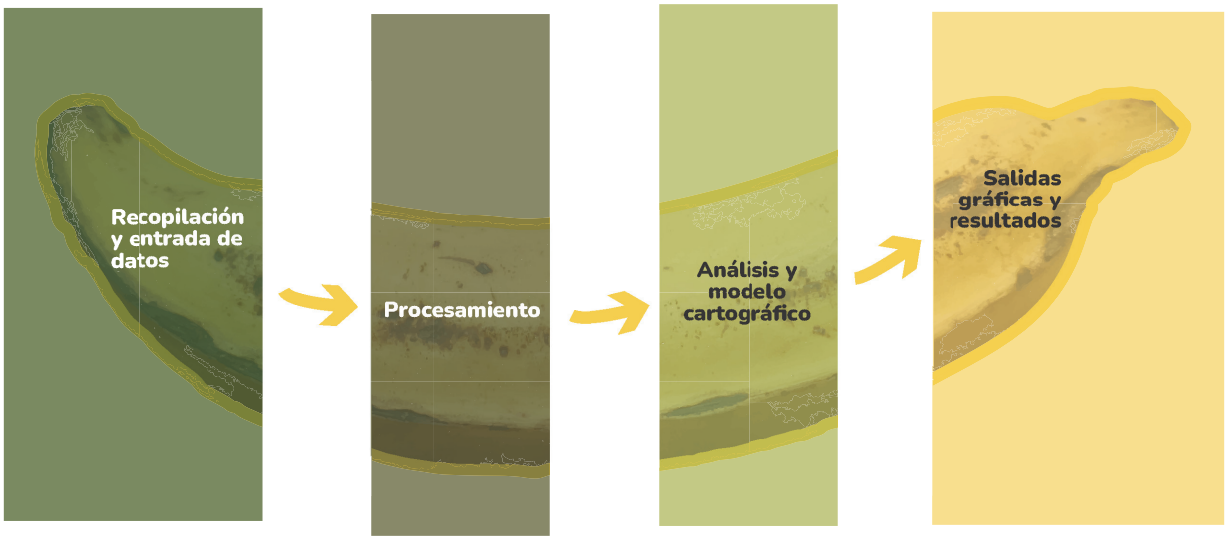
S = mapa con categorías de aptitud
W_i = peso del criterio i
X_i = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud).

3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico

El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias permitiendo una aproximación cuantitativa para detectar, mostrar y explicar los patrones espaciales más importantes que se encuentran en un grupo de datos localizados en el espacio con el objeto de lograr un fin determinado. Una parte importante de esta fase son las técnicas o herramientas de análisis espacial, que incluyen un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información (generalmente *ráster*), con el propósito de producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso de evaluación de tierras, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención de los mapas de aptitud del cultivo de plátano. Los pasos empleados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 15.

Figura 15. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

- *Recopilación de información*: Consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) utilizada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de esta.

- *Procesamiento de la información*: Abarcó una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplearon para la estandarización o reescalamiento de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para la evaluación de tierras.

- *Análisis de la información*: Consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio de conformidad con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos entre 0 y 3, que indicaban la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran conformados por variables continuas, el análisis se realizó mediante algunas estadísticas de la variable, asignando directamente la calificación de la categoría de aptitud.

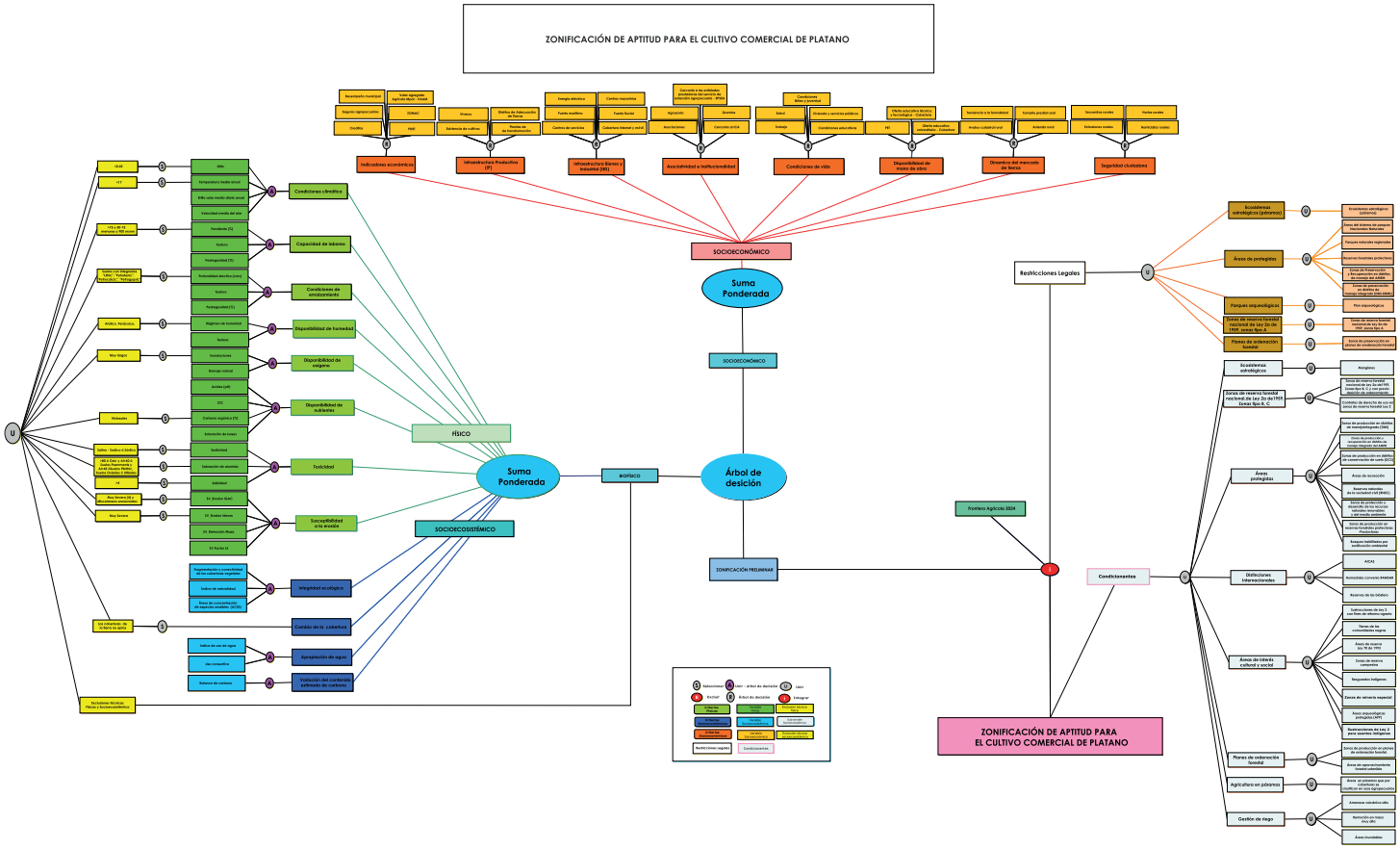
  Esta etapa del proceso también abarcó el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas a nivel de variable y criterio generados por cada componente, la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio y la integración de las exclusiones legales y condicionantes.

  Uno de los procedimientos de mayor empleo en esta fase fue el álgebra de mapas, una serie de procedimientos que, operando sobre una o varias capas en información (en este caso los mapas generados de cada criterio), permitían obtener información derivada cuyo resultado fue el mapa de aptitud.

- *Salidas gráficas y resultados*: consiste en la presentación, a manera de mapas y estadísticas por departamentos y municipios, de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón. Estas salidas fueron soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

En la figura 16 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón.

Figura 16. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón

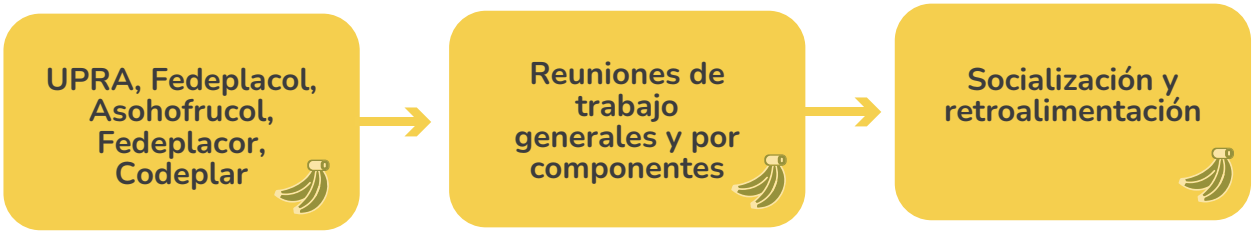


Fuente: elaboración propia

3.7 Proceso de socialización y validación de los mapas

En la figura 17 se presenta la estrategia planteada para la socialización y validación de la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón para el mercado nacional y de exportación, escala 1:100.000.

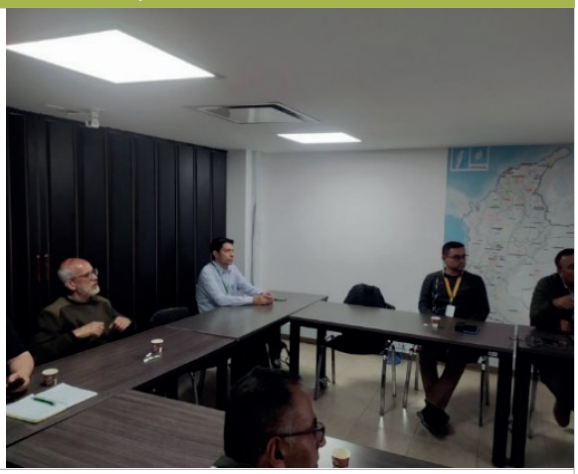
Figura 17. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1 Socialización y visitas de campo

Tabla 21. Socializaciones y visitas a campo de la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano

Socializaciones y recorridos de campo	
UPRA, Bogotá. 13 de julio de 2023. Asohofrucol, Agrosavia regional Meta, Comité Departamental de Platanicultores de Arauca (Codeplar) y Federación de Platanicultores de Córdoba (Fedeplacor).	
Municipio de Belalcázar (departamento de Caldas). 27 de julio de 2023. Instalaciones de la planta de procesamiento de plátano de la Asociación de productores de plátano de Belalcázar. (Agropebel).	
Municipio de Santa Rosa de Cabal (departamento de Risaralda). 28 de julio de 2023. Representantes de la Asociación de productores de plátano de Santa Rosa de Cabal (Asoplasa).	

Socializaciones y recorridos de campo	
Municipio de Togüí (departamento de Boyacá). 27 de julio de 2023. Agricultores del municipio de Togüí.	
Municipio de Moniquirá (departamento de Boyacá). 27 de julio de 2023. Asociación de productores agropecuarios de Moniquirá y Bajo Ricaurte	
Municipio de San Juan de Urabá (departamento de Antioquia). 25 de julio de 2023 Asociación Asotierragrande.	
Municipio de Montería (departamento de Córdoba). 25 de julio de 2023. Asohofrucol y Federación de platanicultores de Córdoba (Fedeplacor).	

Socializaciones y recorridos de campo	
Municipio de Palermo (departamento de Huila). 28 de julio de 2023. Visita a predios de productores de la Asociación de productores de plátano de Palermo (Asproplabap).	
Municipio de Restrepo (Valle del Cauca). 28 de julio de 2023. Asociación de plataneros del municipio de Restrepo (Asoplatanares)	

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, los días 15 y 18 de agosto de 2023, se adelantaron dos reuniones virtuales para socializar criterios, rangos y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico de la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano. Participaron Asohofrucol, Agrosavia, Codeplar, Fedeplacor, Asoagrocord, Asoplasa, Sinuplat, Agropebel y Campored.

Los resultados de las reuniones y de los recorridos a cultivos comerciales de plátano, permitieron realizar algunos ajustes de rangos y obtener los mapas correspondientes a los criterios y variables, los mapas intermedios biofísico y socioeconómico, así como un mapa integrado, los cuales fueron presentados en tres de las principales zonas productoras: Llanos orientales, costa caribe y eje cafetero (tabla 22).

Tabla 22. Validación de mapas integrados para la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano

Validación de mapas	
Municipio de Saravena (departamento de Arauca). 01 de noviembre de 2023. Asociación de productores de plátano de Fortul (Asopafor), Asociación de productores de plátano de Tame (APPTA), Asociación de productores de plátano de Saravena (Asoplasa) y Comité Departamental de productores de plátano de Arauca (Codeplar).	
Municipio de Montería (departamento de Córdoba). 02 de noviembre de 2023. Federación de productores de plátano de Córdoba (Fedeplacor) y Asohofrucol.	
Municipio de Pereira (departamento de Risaralda). 01 de noviembre de 2023. Federación de productores de plátano de Colombia (Fedeplacol).	

Fuente: Elaboración propia.

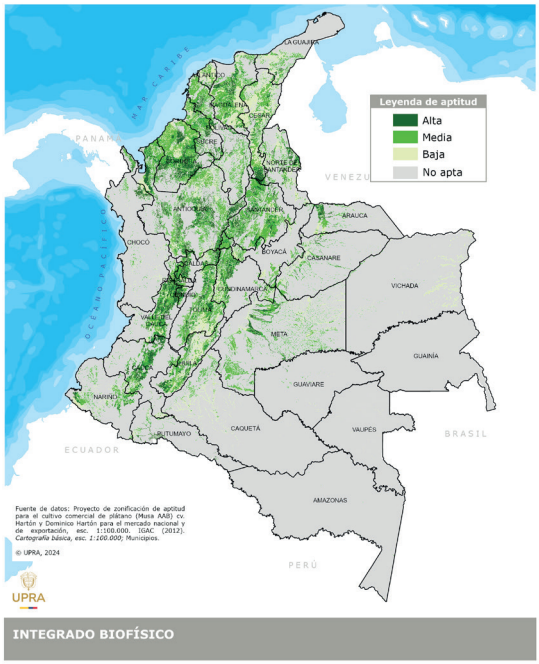
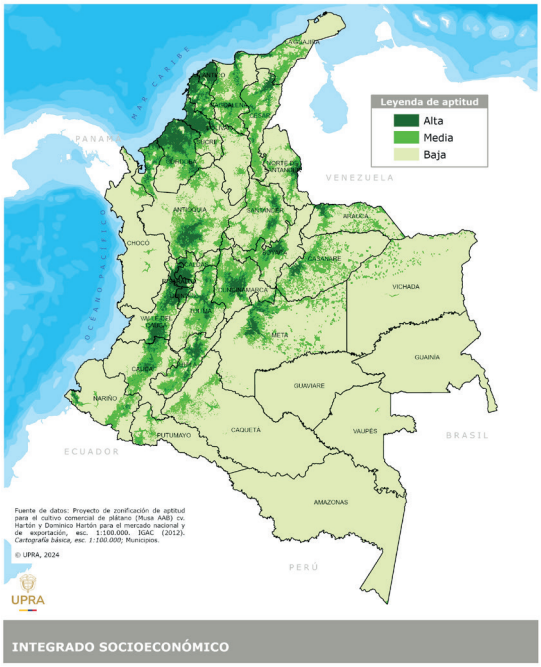
04 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón, dirigido al mercado nacional y de exportación, en Colombia a escala 1:100.000.

Se presentan los mapas intermedios biofísico (físico y socioecosistémico) y socioeconómico, y el mapa integrado generalizado a escala general. Igualmente, se relacionan los resultados de las áreas por categorías alta (A1), media (A2) y baja (A3) y por aptitud total, tanto para los primeros 10 departamentos, como para los primeros 10 municipios.

El mapa biofísico que integra los criterios físicos y socioecosistémicos, muestra una mayor área de aptitud alta (A1) en cuatro zonas: la caribe, en zonas de los departamentos de Córdoba y norte de Antioquia; en el occidente del país desde Cauca hasta departamentos del eje cafetero; la zona de Santander y sur de Sucre; y en la Orinoquía, en los departamentos de Arauca y Meta. Por su parte, el mapa socioeconómico destaca una mayor aptitud baja (A3) y media (A2) en la Orinoquía, Amazonía y en el andén Pacífico, áreas que se explican por la baja infraestructura presente, el deficiente acceso a diferentes servicios al agricultor y a las limitadas condiciones de competitividad para la cadena del plátano (figura 18).

Figura 18. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000

Mapa biofísico	Mapa socioeconómico
	

Fuente: elaboración propia.

El mapa de la zonificación de aptitud para el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, mostró que Colombia dispone de 14.409.674 hectáreas aptas para el desarrollo de esta actividad agrícola con fines comerciales, lo cual equivale al 12,6 % del área continental del país y 33,6 % de la frontera agrícola nacional. Del total de las áreas aptas, el 32,6 %, corresponde a *aptitud alta* (A1); el 31,8 %, a *aptitud media* (A2) y el 35,7 %, a *aptitud baja* (A3). Las zonas no aptas (N1) llegaron a 73.506.405 hectáreas (tabla 23 y figura 19).

Tabla 23. Áreas según categorías de aptitud para la producción de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000

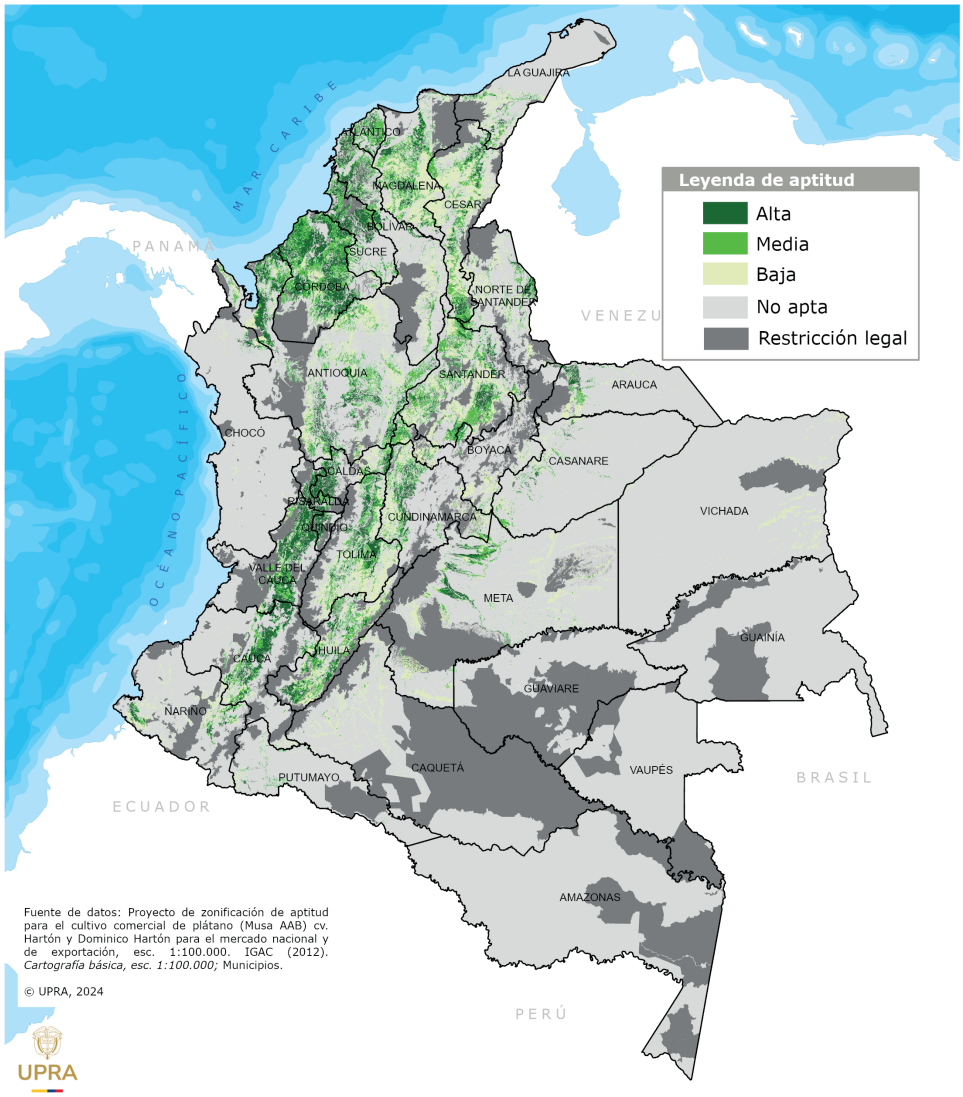
Aptitud	Área (ha)	% Nacional	% Frontera agrícola *
Alta (A1)	4.690.880	4,1	10,9
Media (A2)	4.579.236	4,0	10,7
Baja (A3)	5.139.557	4,5	12,0
Total, área apta	**14.409.674**	**12,6**	**33,6**
No apta técnica	28.535.267	25,0	
Fuera de frontera agrícola	71.130.031	62,4	
Total, territorio nacional	114.074.972	100	

*Frontera agrícola nacional: 42.944.940 hectáreas.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el MADR (2021), en Colombia existen 462.827 hectáreas sembradas de plátano, es decir, solo un 3,2 % de la superficie potencial con aptitud identificada (14.409.674 hectáreas), cifras que indican una suficiente área para su posible fomento, teniendo en cuenta otras instancias de diagnóstico como los Planes de Ordenamiento Productivo (POP) y los Planes de Reconversión Productiva.

Figura 19. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, escala 1:100.000



Fuente: elaboración propia.

La tabla 24, ordenada de mayor a menor por aptitud total, presenta a los departamentos de Antioquía con 1.749.917 hectáreas, Córdoba con 1.394.093 Santander con 1.218.382, Cesar con 1.039.875 y Magdalena con 956.989 hectáreas como los de mayor aptitud total para el cultivo de plátano.

Tabla 24. Departamentos con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de plátano cv. hartón y dominico hartón en Colombia (ha)

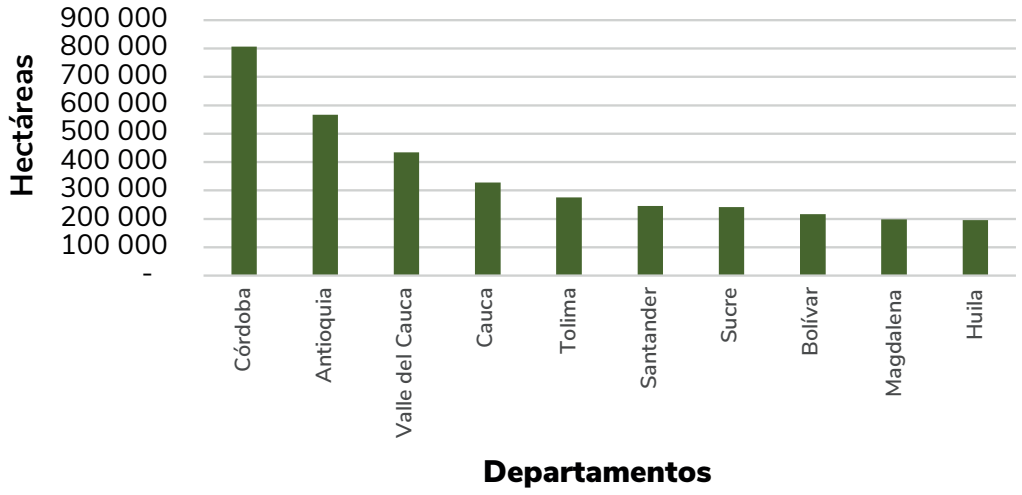
Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Antioquia	567 086	644 969	537 863	1 749 917
Córdoba	806 531	470 466	117 096	1 394 093
Santander	245 134	502 947	470 300	1 218 382
Cesar	154 156	355 888	529 831	1 039 875
Magdalena	198 988	342 841	415 160	956 989
Tolima	276 345	287 321	391 286	954 952
Meta	143 436	167 567	469 982	780 986
Huila	196 264	271 105	238 690	706 059
Valle del Cauca	434 969	139 794	40 320	615 083
Bolívar	217 171	173 840	200 533	591 543
Cauca	328 465	157 739	94 425	580 630
Cundinamarca	156 269	185 869	218 840	560 978
Sucre	241 151	133 213	29 998	404 363
Norte de Santander	51 019	111 037	202 783	364 838
Boyacá	38 294	98 507	185 339	322 139
Caldas	194 353	61 380	56 866	312 599
Nariño	58 051	59 152	162 403	279 606
Caquetá	570	17 408	209 452	227 430
La Guajira	28 110	72 373	115 300	215 782
Casanare	31 883	71 353	97 660	200 895
Arauca	58 706	45 836	75 991	180 533
Atlántico	61 736	106 562	4 602	172 899
Vichada		775	166 429	167 203
Chocó	25 110	36 745	73 614	135 468
Risaralda	98 770	25 358	906	125 033
Quindío	67 572	4 458	174	72 204
Putumayo	10 741	31 315	26 647	68 704
Guaviare		3 331	3 747	7 077

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Vaupés			2 517	2 517
Amazonas			806	806
Guainía		91		91
San Andrés, Providencia y Santa Catalina				-
Total, general	**4 690 880**	**4 579 236**	**5 139 557**	**14 409 674**

Fuente: elaboración propia.

Los primeros cinco departamentos que mostraron la mayor aptitud alta (A1), para el cultivo de plátano son Córdoba con 806.531 hectáreas, Antioquia con 567.086 hectáreas; en el occidente colombiano, en Valle del Cauca con 434.969 hectáreas y Cauca con 328.465 hectáreas, seguidos por Tolima con 276.345 hectáreas (Figura 20).

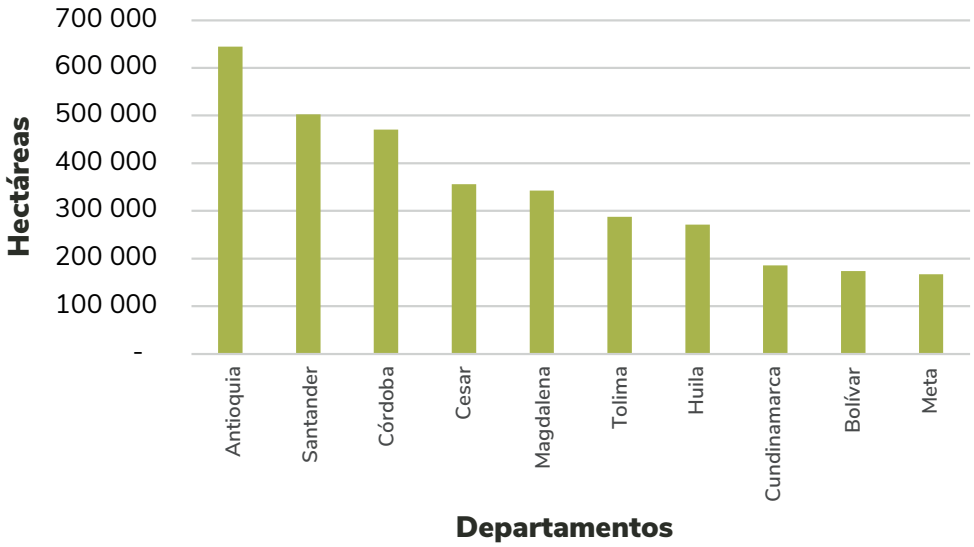
Figura 20. Departamentos con la mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de plátano



Fuente: elaboración propia.

La aptitud media (A2) está representada en departamentos como Antioquia (644.969 hectáreas); Santander (502.947 hectáreas); Córdoba (470.466 hectáreas); Cesar (355.888 hectáreas) y Magdalena (342.841 hectáreas) (Figura 21).

Figura 21. Departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de plátano



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, los departamentos que representan la mayor superficie de aptitud baja (A3) se distribuyen en diferentes zonas del territorio nacional, como Antioquia con 537.863 hectáreas; Cesar con 529.831 hectáreas; Santander con 470.300 hectáreas; Meta con 469.982 hectáreas, y Magdalena con 415.160 hectáreas (tabla 25).

Tabla 25. Departamentos con aptitud baja (A3) para el cultivo de plátano

Departamento	Aptitud baja (A3)
Antioquia	537 863
Cesar	529 831
Santander	470 300
Meta	469 982
Magdalena	415 160
Tolima	391 286
Huila	238 690
Cundinamarca	218 840
Caquetá	209 452
Norte de Santander	202 783

Fuente: elaboración propia.

La tabla 26 muestra los municipios que obtuvieron las mayores extensiones por categoría de aptitud total: Montería (departamento de Córdoba), Cimitarra (Santander), Valledupar (Cesar), La Macarena (Meta) y Cumaribo en el Vichada son los cinco primeros con la mayor extensión para el cultivo comercial de plátano.

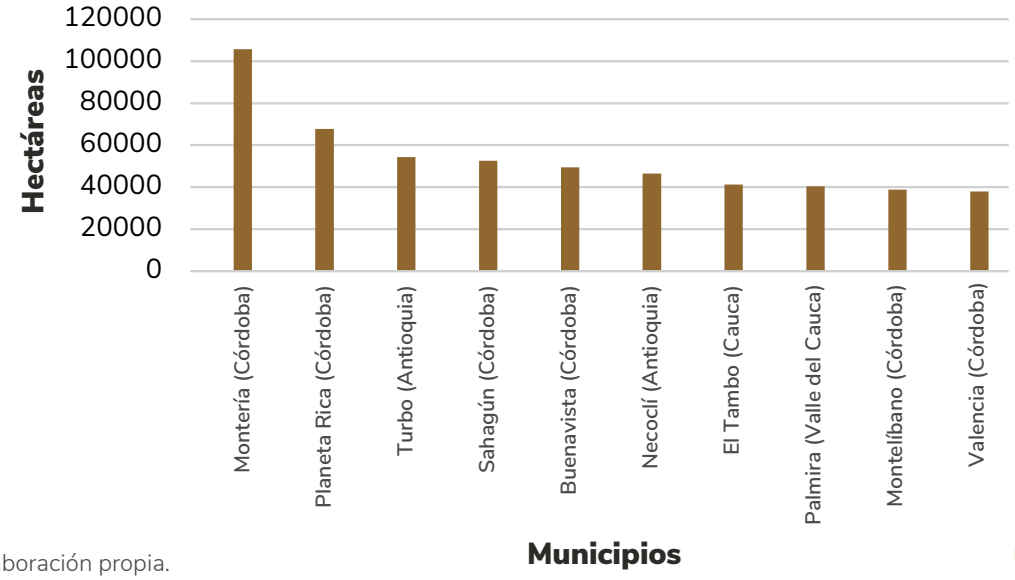
Tabla 26. Municipios con mayor aptitud para el cultivo comercial de plátano

Municipio	Total, apto (ha)
Montería (Córdoba)	238 349
Cimitarra (Santander)	175 399
Valledupar (Cesar)	164 400
La Macarena (Meta)	117 898
Cumaribo (Vichada)	116 392
Puerto Gaitán (Meta)	115 898
Turbo (Antioquia)	107 909
Pivijay (Magdalena)	97 526
Planeta Rica (Córdoba)	93 709
Tierralta (Córdoba)	91 677

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, los municipios que presentaron la aptitud más alta (A1) para el cultivo comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón en Colombia, están en el departamento de Córdoba: Montería con 105.749 hectáreas, Planeta Rica con 67.751 hectáreas, Sahagún con 52.600 y Buenavista con 49.464 hectáreas respectivamente; Se interpone entre ellos el municipio de Turbo (Antioquía) con 54.405 hectáreas, (figura 21).

Figura 22. Municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de plátano cv. hartón y dominico hartón en Colombia (ha)



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Colombia dispone de suficiente área apta para la producción comercial de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón con destino al mercado nacional y de exportación. Se identificaron 14.409.674 hectáreas aptas a lo largo del territorio nacional.

Las mejores aptitudes coinciden en áreas de condiciones climáticas apropiadas y que tienen buena fertilidad y un relieve adecuado para su laboreo, condiciones que se presentan en los departamentos de la región caribe, valles interandinos y eje cafetero, así como en las zonas intermedias de las cordilleras y piedemonte llanero.

En el oriente del país, se concentra la mejor aptitud en las zonas de influencia de los ríos que descienden de la cordillera oriental; en el resto de esta área, los altos contenidos de aluminio intercambiable hacen que la aptitud sea baja o se consideren zonas no aptas para las explotaciones comerciales de plátano.

Las áreas con aptitud alta (A1), principalmente en Córdoba, Antioquia y Valle del Cauca no interfieren en la sostenibilidad hídrica de las subzonas hidrográficas involucradas, lo que indica que la demanda adicional de agua por la implementación del cultivo comercial de plátano es suplida por la oferta hídrica superficial.

El establecimiento del cultivo comercial de plátano no generaría conflictos con la integridad ecológica en el Caribe, los valles interandinos, piedemonte de Arauca, eje cafetero y riberas del Ariari. Estas áreas, que se encuentran dentro la frontera agrícola, no afectarían la matriz actual.

En la actualidad, solo la región Caribe presenta una aptitud adecuada para el mercado de exportación de fruta, favorecida por la presencia de tres grandes puertos marítimos y los embarcaderos privados en Urabá.

La presencia de las asociaciones y de soporte institucional, son determinantes por el impacto positivo que genera en las zonas de mejor aptitud, ubicadas principalmente en Córdoba, Urabá y del eje cafetero, condición que facilita el desarrollo de la cadena productiva.

El acceso a la tierra en la zona occidente y en el centro del país, presenta dificultades por los reducidos tamaños prediales y los mayores costos. Lo anterior influye en que la actividad deba recurrir a otras formas de acceso como el arriendo.

Bibliografía

Agrosavia. (2019). *Manual técnico para la produccióon de plátano hartón llanero en los Llanos Orientales.* (Vol. 1). Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de https://www.agrosavia.co/media/11705/35703.pdf

Agrosavia. (2020). *Recomendaciones tecnológicas para el cultivo de plátano con destino a mercados especializados: densidades de siembra, fertilización y picudos.* Mosquera, Colombia. Obtenido de https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Agrosavia. (2022). *Tecnología para el cultivo del plátano en el suroeste antioqueño.* Mosquera. Obtenido de https://www.legiscomex.com/Documentos/entrevista-javier-diaz-analdex-rci272

Al Harthy, K., Siti, H., Yahya, A., Roslan, I., & Yahyai, R. (2018). *Effects of saline irrigation water on morphological characteristics of banana (Musa spp.).* International Food Research Journal, 5, 195-200. Obtenido de https://squ.elsevierpure.com/en/publications/effects-of-saline-irrigation-water-on-morphological-characteristi

Aranzazu, F., Valencia, J., Castrillón, C., Bolaños, M., Castellanos, P., Perez, J., y Rodriguez, J. (2002). *El cultivo de plátano. Manual técnico.* Bogotá: Corpoica. Obtenido de https://repositorio. sena.edu. co/handle/11404/6983?show=full

Ardila, Y. (2022). *Establecimiento tecnificado del cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) como alternativa de producción diferente al monocultivo de café en la vereda la Florida. Palermo. Huila.* Palermo, Huila, Colombia.

Aristizábal, M., y Jaramillo, C. (2005). *Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano (Musa AAB) "Dominico Hartón.* Manizalez. Obtenido de http/profile/Manuel-Aristizabal-Loaiza/publication/221719399_Identificacion_y_descripcion_de_las_etapas_de_crecimiento_del_platano_Dominico_Harton_Musa_AaA/links/02faf4f6901d4b2de6000000/Identificacion-y-descripcion-de-las-etapas-de-crecimiento-del-platan

Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *¿Por qué el capital natural es fundamental para el desarrollo económico?* Washington. Obtenido de https://publications.iadb.org/es/capital-natural-en-america-latina-y-el-caribe

Bautista, L., Bolaños, M., Cardona, W., Morales, H., Lopez, D., y Peña, A. (2020). *Plátano (Musa AAB). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca.* Bogotá. Obtenido de http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf

Cardona, L., Betancourt, M., Rodríguez, G., Patiño, A., Palacios, S., García, B., y Bedoya, C. (2014). *Proyecto fortalecimiento del sector agropecuario y agroindustrial mediante la innovación ciencia y tecnología en el departamento de Risaralda-UNISARC.* Santa Rosa de Cabal, Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/350358277_Cultivo_del_platano_practicas_y_recomendaciones

CIAT - FAO. (2013). *Estado del arte y opciones de manejo del moko y la sigatoka negra en Latinoamérica y el Caribe.* Cali, Colombia. Obtenido de https://www.fao.org/3/i3400s/i3400s.pdf

Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para ejecutar indicadores de estado de conservación ArcGis-Fragstas.* Bogotá, Colombia.

Corpoica. (2002). *Evaluación de diferentes alternativas de producción en el piedemonte araucano y adiestramiento de profesionales en tecnología para el manejo integrado del plátano con énfasis en sigatoka negra en el departamento de Arauca :informe final.* Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.12324/12027.

CTA. (2020). *Manual de plátano.* Corredor Tecnológico Agroindustrial Obtenido de:: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/01-manual-platano-2020-EBOOK.pdf

DANE. (2016). *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. 1-10. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf

DANE. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Bogotá. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019.pdf

DNP. (2010). *Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010).Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014:prosperidad para todos*. Obtenido de <www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx>

Doorenbos, J., y Kassam, A. (1979). *Efecto del agua sobre el rendimientos de cultivos. Riego y drenaje.* FAO.

Eastman, J., Jin, W., Kiem, P., y Toledano, J. (1995). *Raster procedures for multicriteria/multi objective decisions. Photogrametric enginnering and remote sensing.* Massachusetts: American Society.

FAO. (1976). *A framework for lan evaluation.* Roma.

FAO. (2003). *Evaluación de tierras con metodología FAO.* Santiago de Chile.

FAO. (2007). *Land and water discussion paper.* (F. a. Nations, Editor) Obtenido de http://www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf

FAO. (2023). *Portal terminológico de la FAO*. Recuperado el 11 de 08 de 2023, de https://www.fao.org/faoterm/es/

Farfán V., F. (2005). *Producción de café en un sistema intercalado con plátano Dominico Hartón con y sin fertilización química*. Cenicafé. Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2803%29269-280.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano.* (C. d. Caldas, Ed.) Caldas, Colombia. Obtenido de https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4242

Gobernación de Cundinamarca y Agrosavia. (2018). Obtenido de http://cundinet.cundinamarca.gov.co/portal/agricultura/manual_interpretacion_evaluacion_de_tierras/cultivo/platano.html

González L. (2017). *Aumento de la producción del cultivo de plátano en la vereda Monserrate del municipio de Arauca.* Bucaramanga, Colombia. Obtenido de http://hdl.handle.net/11634/10884

González, H., Pernia, J., Ramirez, Y., González, A., Soto, A., Rodríguez, G., y Rodríguez, V. (2018). *Desarrollo de raíces en plantas de plátano en suelos del sur del lago de Maracaibo.* Revista Científica Producción Agropecuaria. Venezuela. Obtenido de https://investigacion.unesur.edu.ve/index.php/rpa/article/view/84

Guerrero, S. (2016). *Características morfométricas de cultivares de musáceas establecidos en la finca La María.* Quevedo, los ríos.

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., y Willis, R. (2015). *Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation. En: Global Food Security* (Vol. 5, p. 25-36). doi:10.1016/j.gfs.2015.04.001

Hernández Y., M. M. (2007). *Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción.* Revista de la Facultad de Agronomía.

ICA. (7 de septiembre de 2015). Resolución 3168 de 2015. Bogotá. Obtenido de: https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx

Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: matodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000.* Bogotá, Colombia.

Infoagro. (s. f.). El cultivo de plátano. *infoagro.com.* Recuperado el 12 de 06 de 2023, de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp#:~:text=El%20conjunto%20de%20la%20inflorescencia,pueden%20contar%20con%2012%2D14.

Instituto Colombiano Agropecuario. (1976). *El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica* (Vol. 50). Cali, Colombia. Obtenido de: file:///C:/Usuario/Downloads/27529_16556%20(2).pdf

Ley 41. Congreso de la República. (1993). *Por la cual se organiza el subsector de adecuación de tierras y se establecen sus funciones*. Bogotá.

Ley 811. (Junio de 2003). *Minambiente.gov.co*. Recuperado el 11 de 03 de 2023, de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-811-2003.pdf

MADR. (2004). *Caracterización de la cadena de plátano en Colombia*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: http://repiica.iica.int/DOCS/B0040E/B0040E.PDF

MADR. (2005). *La cadena de plátano en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005*. Obtenido de: https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/modelos-productivos/modelo-productivo-platano.

MADR. (2021). *Cifras sectoriales cadena de plátano*.

Minagricultura. (2018). *Resolución 261 de 2018*. Bogotá, Colombia. Obtenido de: https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf

Moreno, A., Hernández, E., y Grisales, F. (2005). *Productividad del sistema: café intercalado con plátano en barreras*. Cenicafé. Colombia. Obtenido de: https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056(01)079-085.pdf

ProMusa. (15 de julio de 2020). *www.promusa.org*. Obtenido de https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano

Real Academia Española. (06 de 2023). *Diccionario de la lengua española*. (RAE.es, Editor) Obtenido de https://dle.rae.es/contenido/cita

Rodiek, J. (2008). *Protecting ecosystems and open spaces in urbanizing environments*. En *Landscape and urban planning* (Vol. 3, pág. 84). doi:10.1016/j.landurbplan.2007.10.001

Rossiter, D. (2009). *Land evaluation towards a revised framework. Land and water discussion paper.* Roma: FAO.

S, G. (2016). *Características morfométricas de cultivares de musáceas establecidos en la finca experimental La María*. (U. t. Quevedo., Ed.) Quevedo, Ecuador.

Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy procces*. USA: Mc Graw hill.

TradeMap. (2023). *TradeMap*. Obtenido de: https://www.trademap.org

UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional. Metodología a escala 1:100.000*. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta Nacional.

UPRA. (2017). *Lineamientos para la implementación de la estrategia de ordenamiento territorial agropecuario*. Bogotá, Colombia.

USDA. (1961). *Land Capability Classification*. Agriculture Handbook, 18.

Anexo

Fichas metodológicas de criterios y variables.

Tabla de contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico **119**
1.1. Criterio condiciones climáticas **119**
1.1.1. Variable temperatura media anual 122
1.1.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) 124
1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual 127
1.2. Criterio disponibilidad de nutrientes **129**
1.2.1. Variable acidez (pH) 134
1.2.2. Variable saturación de bases 137
1.2.3. Variable carbono orgánico 139
1.2.4. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) 142
1.3. Criterio capacidad de laboreo **144**
1.3.1. Variable pendiente 147
1.3.2. Variable textura 149
1.3.3. Variable pedregosidad 152
1.4. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio **154**
1.4.1. Variable salinidad y sodicidad 157
1.4.2. Variable saturación de aluminio 160
1.5. Criterio condiciones de enraizamiento **162**
1.5.1. Variable profundidad efectiva 165
1.5.2. Variable textura 168
1.5.3. Variable pedregosidad 170
1.6. Criterio disponibilidad de humedad **172**
1.6.1. Variable régimen de humedad 175
1.6.2. Variable textura 178
1.7. Criterio disponibilidad de oxígeno **181**
1.7.1. Variable susceptibilidad a inundaciones 184
1.7.2. Variable drenaje natural 186
1.8. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos **188**
1.9. Criterio susceptibilidad fitosanitaria **193**
1.9.1. Variable temperatura media anual asociada a sigatoka negra 196
1.9.2. Variable humedad relativa asociada a sigatoka negra 198
1.9.3. Variable precipitación total anual asociada a Sigatoka negra 200

2. Fichas metodológicas componente socioecosistémico **202**
2.1. Criterio apropiación de agua **202**
2.1.1. Variable diferencia de uso consuntivo 206
2.1.2. Variable diferencia de uso del agua 210
2.2. Criterio integridad ecológica **215**
2.2.1. Variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN) 220
2.2.2. Variable índice de naturalidad (INAT) 231
2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) 234
2.3. Criterio variación del contenido estimado de carbono **240**
2.4. Criterio cambio de cobertura **246**

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico **252**
3.1. Criterio infraestructura productiva **252**
3.1.1. Variable existencia de cultivos 255
3.1.2. Variable plantas de procesamiento 258
3.1.3. Variable viveros registrados 261
3.1.4. Variable distritos de adecuación de tierras 263
3.2. Criterio infraestructura, bienes y servicios **266**
3.2.1. Variable centros de servicios 270
3.2.2. Variable centros mayoristas 272
3.2.3. Variable puertos marítimos 275
3.2.4. Variable puertos fluviales 278
3.2.5. Variable energía eléctrica rural 280
3.2.6. Variable cobertura de internet móvil 287

3.3. Criterio asociatividad e institucionalidad **291**
3.3.1. Variable asociaciones 294
3.3.2. Variable gremio 296
3.3.3. Variable entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA) 299
3.3.4. Variable Agrosavia 301
3.3.5. Variable ICA 304
3.4. Criterio disponibilidad de mano de obra 306
3.4.1. Variable densidad de población en edad de trabajar (PET) 309
3.4.2. Variable oferta educativa técnica y tecnológica 313
3.4.3.Variable oferta educativa universitaria 317
3.5. Criterio dinámica del mercado de tierras **321**
3.5.1.Variable tamaño predial 325
3.5.2.Variable arriendo rural 329
3.5.3.Variable avalúo catastral rural 333
3.5.4.Variable tendencia a la formalidad 338
3.6. Criterio seguridad ciudadana **343**
3.6.1. Variable extorsiones rurales 346
3.6.2. Variable homicidios rurales 349
3.6.3. Variable secuestros rurales 352
3.6.4. Variable hurtos rurales 355
3.7. Criterio indicadores económicos **358**
3.7.1. Variable créditos otorgados 362
3.7.2. Variable seguros agropecuarios 365
3.7.3. Variable valor agregado agrícola municipal 367
3.7.4. Variable desempeño municipal 372
3.7.5. Variable zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC) 379
3.7.6. Variable planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET) 381

3.8. Criterio condiciones de vida **383**
3.8.1. Variable salud 386
3.8.2. Variable trabajo 388
3.8.3. Variable condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos 392
3.8.4. Variable condiciones de la niñez y la juventud 396
3.8.5. Variable condiciones educativas del hogar 400

4. Fichas metodológicas de restricciones legales **403**
4.1. Criterio restricciones legales **403**
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos 409
4.1.2. Variable áreas protegidas 411
4.1.3. Variable planes de ordenación forestal 414
4.1.4. Variable Parques arqueológicos 417
4.1.5. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A 419

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales **421**
5.1. Criterio condicionantes legales **421**
5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical) 425
5.1.2. Variable áreas protegidas 428
5.1.3. Variable planes de ordenación forestal 432
5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C 434
5.1.5. Variable distinciones internacionales 437
5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social 440
5.1.7. Variable Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios 445
5.1.8. Variable gestión de riesgo 447

1. Fichas metodológicas del componente físico

1.1 Criterio condiciones climáticas

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE: Climático**		
CRITERIO: Condiciones climáticas		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		

- Temperatura media anual, expresada en grados centígrados (°C).
- Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), expresado como índice, entre 0 y 1.
- Brillo solar medio diario anual, expresado en horas sol/día.

DEFINICIÓN

Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976)

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Inciden directamente en la fisiología de las variedades de plátano (hartón y dominico hartón), afectando la tasa fotosintética, respiración, actividad enzimática, nutrición mineral, absorción y transporte del agua, metabolismo del nitrógeno, entre tantos, los cuales condicionan la posibilidad del establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción (Campos, 2205).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Debido a que no está disponible la normal climatológica 1981-2010 para algunas estaciones meteorológicas operadas por el Ideam que registran los diferentes parámetros del clima, como por ejemplo la evapotranspiración de referencia, se generan inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada y actualizada del clima en algunas regiones productoras de plátano en el país.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El criterio se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables temperatura media anual, índice de disponibilidad de humedad, en función de la precipitación total y la evapotranspiración del cultivo, y el brillo solar medio diario anual, construidas a partir de las normales climatológicas 1981 y 2010 del Ideam.

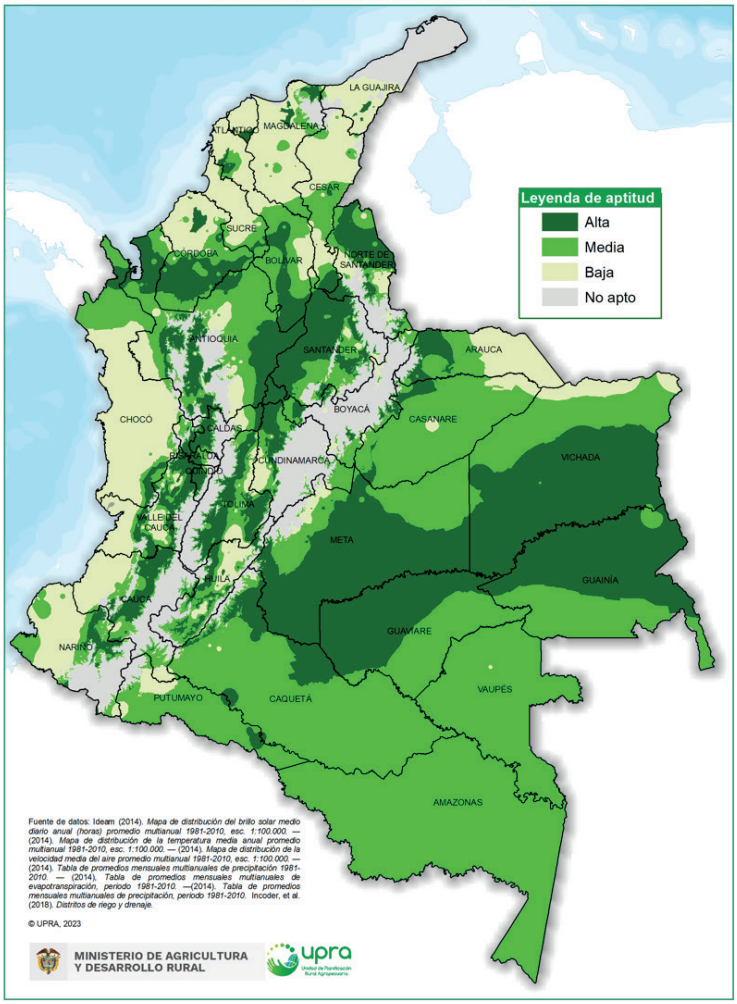
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud, con base en la comparación de rangos, a través de un árbol de decisión, así:

Ajuste IDHc	Temperatura media (°C/año)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
A2	A1	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
A3	A1	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1
Cualquiera	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Sin distrito	N1
Cualquiera	N1	Con distrito	A1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). Yield response to wáter. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma. p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Ideam. (2017). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá.
- Ideam. (2017). Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá
- Ideam. (2017). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.1.1 Variable *temperatura media anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Climático		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: Temperatura media anual	UNIDAD DE MEDIDA: °C	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende principalmente de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2017)

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La temperatura del aire ejerce un efecto en todos los procesos fisiológicos de las plantas. La velocidad de crecimiento está limitada por cierto rango de temperatura, comprendida entre los valores máximo y mínimo, fuera de los cuales este se afecta; el valor óptimo se encuentra entre estos dos. Los efectos acumulativos de la temperatura tienen directa incidencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo de plátano (Doorenbos & Kassam, 1979).

Para la zonificación de aptitud es fundamental conocer la distribución espacial anual de la temperatura del aire ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo cual permite diferenciar zonas con aptitudes alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apto (N1) para el cultivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Los valores asignados para la construcción de rangos de temperatura se realizaron según los requerimientos térmicos del plátano de los cultivares hartón y dominico hartón.

Para la zonificación de aptitud de plátanos se determinó <17 grados centígrados como *No apto (N1)*

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se dispone de una base de datos actualizada y normalizada de la información de temperatura de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam, en 2017 a escala 1:100.000, basado en una serie histórica de 1981 a 2010.

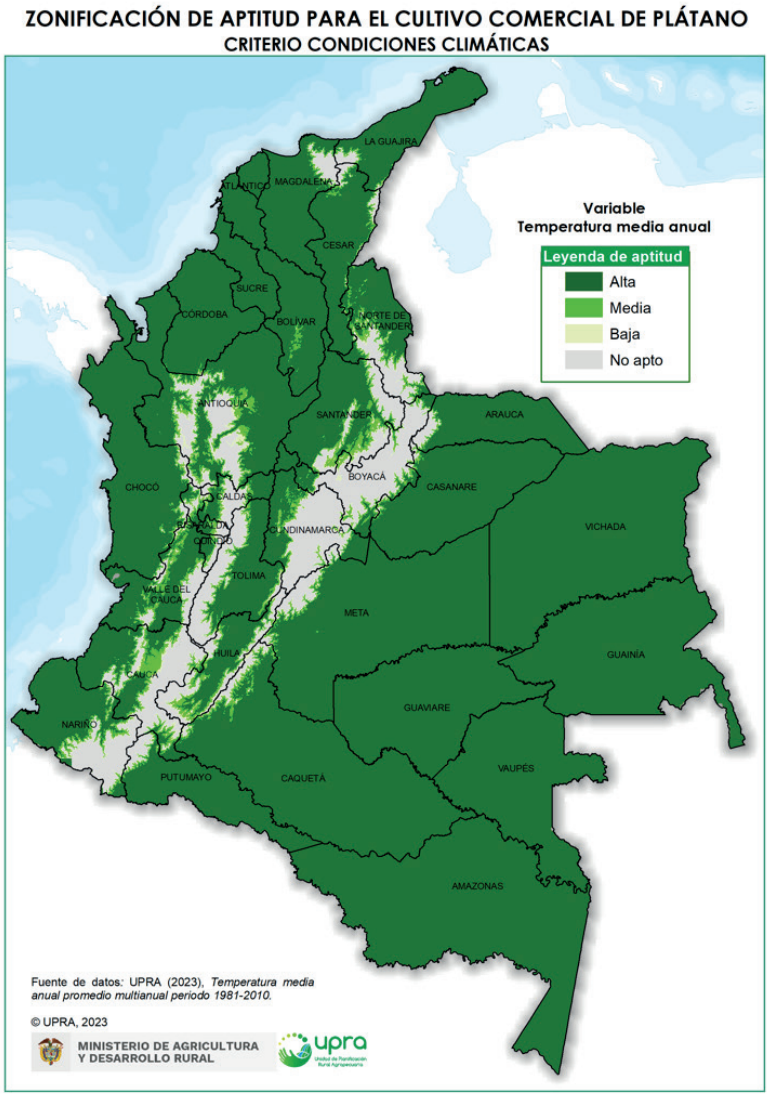
Se realizó la delimitación a nivel espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Los rangos de aptitud para la zonificación de plátano se presentan en la siguiente tabla:

Temperatura (°C)	Aptitud
> 20	Alta (A1)
18-20	Media (A2)
17-18	Baja (A3)
< 17	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N° 33, FAO, Roma, p. 193.*
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Ideam. (2017). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.1.2 Variable *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Climático		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	**UNIDAD DE MEDIDA:** índice, entre 0 y 1	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo (Campos, 2005).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
La variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación natural. Las necesidades de agua para los cultivos son estimadas a través de la evapotranspiración actual y son suplidos en la medida que la precipitación esté disponible; esta relación indica que cuando los valores estén cercanos o iguales a 1, las necesidades de agua están siendo compensadas y, en la medida que se aleja, aumentan los déficits hídricos, lo que afecta el potencial de abastecimiento de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Se estableció como valor de exclusión técnica (N1), menos de 0,45 de IDHc que ocasiona estrés hídrico y, por lo tanto, imposibilidad para establecer el cultivo de plátano y permitir su crecimiento, desarrollo y producción.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Colombia presenta una amplia gama de condiciones climáticas que van desde lo semidesértico (La Guajira) hasta lo muy húmedo (Chocó) y desde el nivel del mar (costas caribe y pacífica) hasta la criósfera (nevados), que dificultan de manera importante establecer mapas nacionales, dado que en muchas regiones del país, los modelos de estimación de la evapotranspiración (evapotranspiración de referencia *ETo Penman-Monteith* y del cultivo *ETc)* se sobreestima o subestima, sobre todo en las regiones de condiciones de baja evaporación. Dicho análisis de humedad para el cultivo se centra únicamente en lo climático, excluyendo el suelo (almacenamiento de agua del suelo), primero porque no se cuenta con información nacional de humedad aprovechable (capacidad de campo menos punto de marchitez permanente); además, la información de suelos que tiene cubrimiento nacional son los estudios generales (escala 1:100.000) y estos contienen asociaciones como unidades cartográficas de suelos. Es así como, al no incluir en el modelo, la capacidad de almacenamiento del suelo no es conveniente incluir en el modelo el almacenamiento mes a mes, con lo que conlleva a la inconveniencia de incluir las pérdidas de agua por escorrentía, como se sugiere con la precipitación efectiva (80 %, FAO/AGLW, USDA por Crowat 8.0 y otras recomendadas), además de que no se cuenta con mapa nacional para esta (USDA, 1961)		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	

El procesamiento de esta variable se realizó en un sistema de información geográfico, a través de mapas *ráster* de precipitación, evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo mes a mes, mediante los siguientes cálculos *ráster*:

Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc) se calculó en función de la siguiente ecuación:

$$IDHc = [(ETa_{ene}/ETc_{ene}) + (ETa_{feb}/ETc_{feb}) \ldots\ldots\ldots (ETa_{dic}/ETc_{dic})]/12$$

$$Eta = ETc \text{ cuando } P \geq ETc \text{ y } ETa = P \text{ cuando } P < ETc$$

Donde:

P = precipitación mensual multianual.

ETc = evapotranspiración del cultivo mensual bajo condiciones estándar.

Eta = evapotranspiración actual, se refiere a la cantidad de agua que suministra la precipitación en dicho mes y es evapotranspirada; los anteriores generados a partir de la normal climatológica 1981 a 2010.

Por su parte, la evapotranspiración del cultivo (ETc) es:

$$ETc = Kc * ETo$$

Donde:

Kc: Coeficiente hídrico del cultivo de plátano. Valor utilizado = 1,2 (FAO, 1976)

Una vez calculados los valores de IDHc mensuales multianuales desde enero hasta diciembre, fueron llevados a un promedio anual.

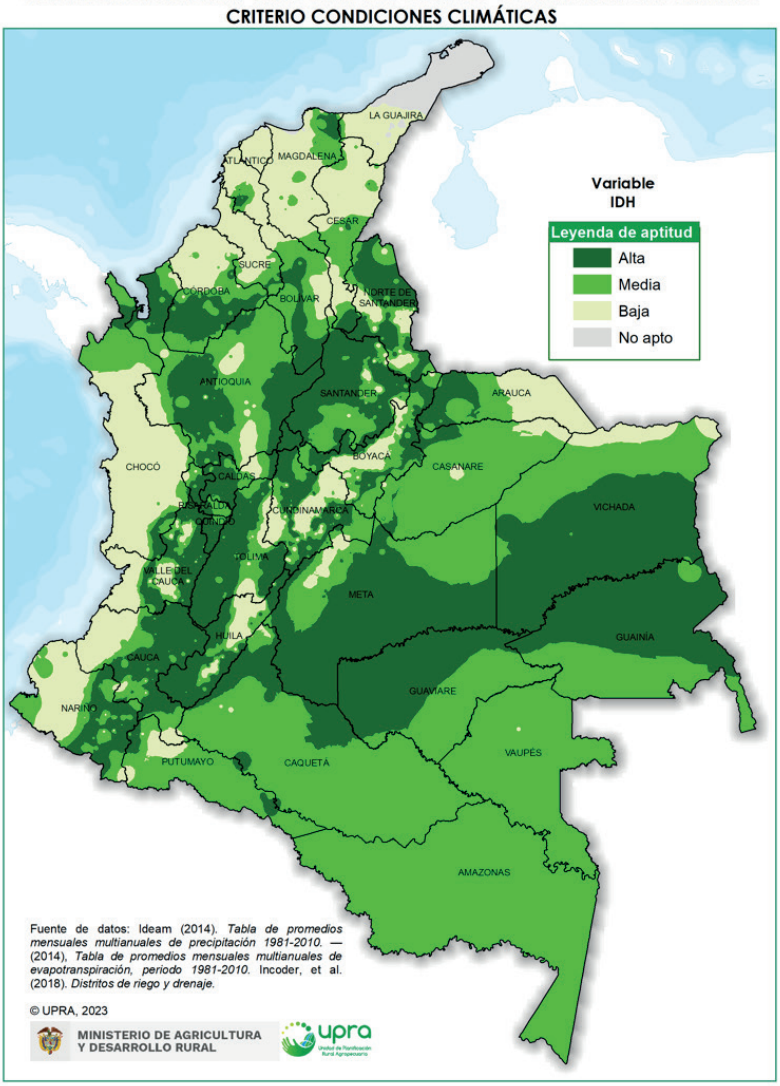
Los rangos de aptitud para el cultivo de plátano se presentan a continuación:

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	IDHc _ Exceso	Aptitud
> 0,80	Sin calificación	Alta (A1)
0,74-0,80	2,09-3,2	Media (A2)
0,45-0,74	> 3,2	Baja (A3)
< 0,45	Sin calificación	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución del IDHc anual

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

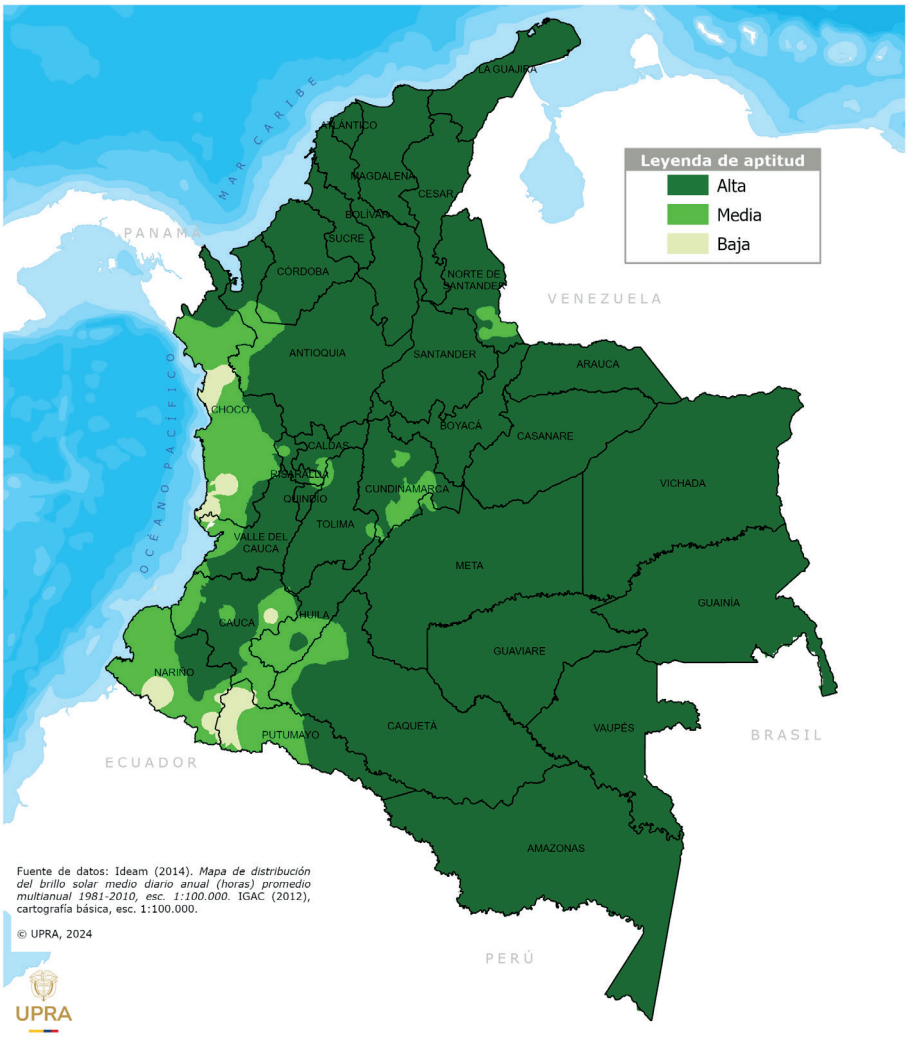
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* No. 33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Ideam. (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.1.3 Variable *brillo solar medio diario anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Climático			
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas			
VARIABLE: Brillo solar medio diario anual		UNIDAD DE MEDIDA: Horas sol/día	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	
DEFINICIÓN			
La cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre, se denomina brillo solar o insolación (Ideam, 2017).			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO			
Incide directamente en la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, en la tasa de asimilación neta, y en la acumulación de materia seca, es decir, en la producción de plátano.			
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO			
La variable no presenta valor de exclusión técnica (N1)			
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
No se dispone de una base de datos actualizada de la información de brillo solar de todo el territorio nacional generado por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene normalizada solo está hasta 2010 del Ideam. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja la condición de insolación actual del país.			
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN			
La información utilizada de base para las unidades de brillo solar se toma del mapa de *isohelias* anuales elaborado por el Ideam (2017) a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 a 2010. Se realiza una delimitación espacial del brillo solar, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico. La actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA. Los valores de aptitud para la variable brillo solar son:			
Unidad de análisis	Distribución del brillo solar medio diario anual		

Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
> 4	Alta (A1)
3-4	Media (A2)
< 3	Baja (A3)
-	No apto (N1)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS
Variable brillo solar medio diario anual

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N°33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Ideam. (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.2 Criterio *disponibilidad de nutrientes*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO: Disponibilidad de nutrientes		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Acidez (pH), expresada en rangos de pH.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada en cmol/kg de suelo.
- Saturación de bases, expresada en porcentaje (%).
- Carbono orgánico, expresado en porcentaje (%).

DEFINICIÓN

Cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento de las plantas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo, son favorables (USDA, 1961).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Considera las relaciones químicas en la zona radicular del suelo, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Estas relaciones, según las características de las unidades de tierra a escala 1:100.000, están en función de la acidez o pH, de la capacidad de intercambio catiónico, de la saturación de bases y del contenido de carbono orgánico (FAO, 1976).

Este criterio contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionado directamente con los contenidos, en el suelo, de los elementos mayores, secundarios y menores, esenciales para el desarrollo del plátano.

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que la saturación de bases sea alta y esté acompañada de capacidad de intercambio catiónico alta y el pH adecuado, las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en el buen desarrollo y rendimiento.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Como exclusión técnica (N1), se encuentran los suelos denominados Histosoles, debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos (no han sido drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva, a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono, fijación de nitrógeno (MADS, 2020)

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

En los análisis de los estudios generales de suelos se encuentran las variables que son responsables del almacenamiento de los elementos nutritivos, como la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, y el pH como factor que determina la disponibilidad de cada uno de los elementos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los valores de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación que se consideró en cada una de las variables es:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez (pH)	pH	5,5-6,5	5,0-5,5 y 6,5-7,8	< 5,0 y > 7,8	-
Capacidad de Intercambio catiónico	cmol/kg de suelo	> 20	10-20	< 10	-
Saturación de bases	%	> 35	10-35	< 10	-
Carbono orgánico	%	1,4 - < 7,6; *Andisoles*	0,5-1,4; > 7,6	< 0,5	*Histosoles*

Los suelos *Andisoles* tienen calificación diferente, ya que, en condiciones naturales, tienen altos contenidos de carbono orgánico, al igual que los *Histosoles*.

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para discriminar los diferentes niveles de aptitud, se construyó una tabla de ponderación mediante la asignación porcentual a cada una de las variables que conforman el criterio de acuerdo con el favorecimiento que cada una de las variables representan al desarrollo del cultivo (acidez 20 %; CIC, 20 %; saturación de bases 30 % y carbono orgánico, 30 %). Los rangos de calificación en la suma ponderada son: A1 > 2,5; A2 > 2 y < 2,5 y A3 ≤ 2.

Árbol de decisión del criterio

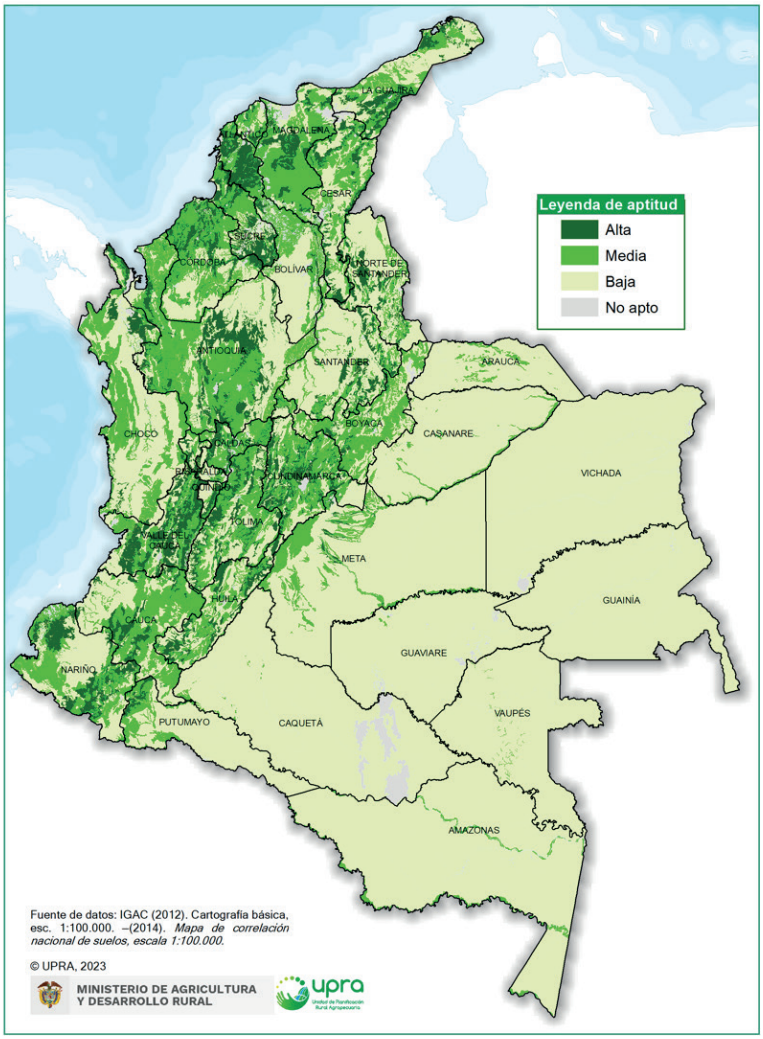
Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
5,5-6,5	> 35	> 20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A1
			< 0,5	A2
		10-20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A2
		10	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A2
	10-35	> 20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		10-20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A3

Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
		< 10	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		10-20	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
5,0-6,5 y 6,5-7,8	> 35	> 20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A1
			< 0,5	A2
		10-20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A2
		< 10	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A3
	10-35	> 20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		10-20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		10-20	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3

Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
5,0-6,5 y 6,5-7,8	< 10	< 10	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
<5,0 y > 7,8	> 35	> 20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A2
		10-20	1,4-7,6	A1
			0,5-1,4 y > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		< 10	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	10-35	> 20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		10-20	1,4-7,6	A2
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 20	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		10 - 20	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	1,4-7,6	A3
			0,5-1,4 y > 7,6	A3
			< 0,5	A3
Histosoles				N1
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos			

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (1976). *A Framework for Land Evaluation*. En: Soils Bulletin 32. Roma.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- MADS. (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook* no. 210. EUA: Soil Conservation Service.

1.2.1 Variable acidez (*pH*)

<table>
<tr><td colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Acidez (pH)</td><td>UNIDAD DE MEDIDA: pH</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">La acidez, pH o «reacción del suelo» es la designación numérica expresada como pH. Con esta notación, un pH 7 es neutral. Valores inferiores a 7 indican acidez y los valores más altos indican alcalinidad (USDA, 2017).

pH: este término fue introducido por Sörensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H^+ (αH^+) como una función logarítmica, por lo cual corresponde al logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo (Garavito, 1979).

El pH puede definirse como:
$$pH = \log \frac{1}{\log(\propto H^+)} = -\log \propto H^+ = -\log(\propto H^+)$$</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="3">El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos; de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya sea porque determina su solubilidad o porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y, por lo tanto, la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la CIC de suelos y raíces, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes (Garavito, 1979).

El pH del suelo tiene una importancia determinante para la disponibilidad de los iones nutritivos, lo cual incide directamente en el crecimiento vegetal porque afecta principalmente:

• La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes y su permanencia en formas no disponibles para las plantas.
• El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de ellos, la absorción radicular se dificulta y si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).
• La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">No se consideraron rangos no aptos (N1) para el cultivo de plátano, puesto que los valores extremos pueden corregirse mediante el uso de enmiendas, aunque esto representa incrementar los costos de producción.</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen pH diferente al componente calificado, por lo tanto, niveles diferentes de aptitud.</td></tr>
</table>

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El IGAC (2010), en el manual codificado de reconocimiento de suelos, clasifica el pH de la siguiente manera:

pH	Clase
< 3,5	Ultra ácido
3,5-4,4	Extremadamente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido
5,6-6,0	Moderadamente ácido
6,1-6,5	Ligeramente ácido
6,6-7,3	Neutro
7,4-7,8	Ligeramente alcalino
7,9-8,4	Moderadamente alcalino
8,5-9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

La variable se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de pH se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos de calificación de esta variable se realizaron a partir de los datos de laboratorio que aparecen en el perfil modal del mayor componente de la unidad cartográfica.

El cultivo de plátano se produce en variadas condiciones de acidez en las diferentes regiones del país (Farfán V. F., 2005; ICA, 1976; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989, 1994).

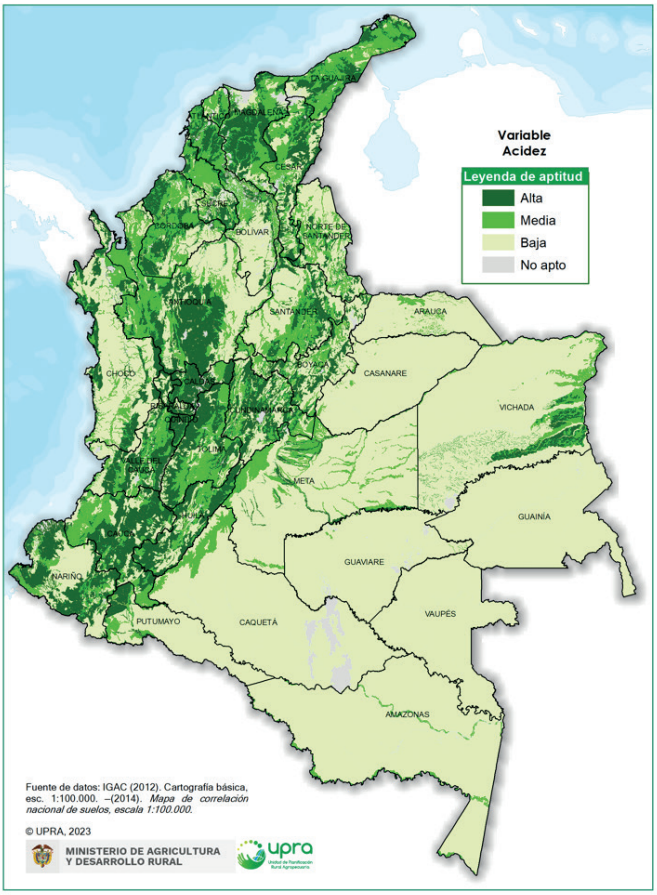
Acidez (pH)	Aptitud
5,5-6,5	Alta (A1)
5,0-5,5 y 6,5-7,8	Media (A2)
< 4,5 y > 7,8	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores y reportes técnicos.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Farfán V., F. (2005). *Producción de café en un sistema intercalado con plátano Dominico Hartón con y sin fertilización química*. Cenicafé 56 (3):269-280.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1994). *Recomendaciones para la fertilización del plátano en la zona cafetera*. Cenicafé. Avances técnicos 208.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé.
- Garavito N., Fabio. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*, 2 ed. Bogotá: IGAC. p. 30 y 128.
- ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda edición*. San José de Costa Rica: IICA.

1.2.2 Variable *saturación de bases*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de Nutrientes		
VARIABLE: Saturación de bases	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de las bases varía según si la capacidad de intercambio catiónico incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a pH 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (Soil Science Society of America, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Estima la cantidad de los elementos nutrientes (protones) del suelo, la cual determina su productividad natural.

El contenido alto de saturación de bases indica que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos para las plantas de plátano. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la capacidad de intercambio catiónica es elevada. Cuando en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, deben adicionarse fertilizantes.

La saturación de bases cambiables, calculada mediante la proporción que ocupan en la CIC, disminuye a medida que aumenta el grado de lavado y el intemperismo de los suelos (Malagón, 1995).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se determinaron áreas no aptas (N1) por esta variable, debido a que, en las unidades de tierras con baja saturación de bases, se pueden aplicar fertilizantes para regular su contenido, como parte del manejo del cultivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de varios tamaños que tienen saturación de bases diferente al componente calificado, que corresponden a aptitudes diferentes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Es importante aclarar que los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales. Se toma como base la tabla de consideraciones generales para evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

Rangos de porcentaje de saturación de bases					
Rango	< 10	10-35	36-50	51-70	> 70

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos mínimos de nutrientes en el suelo para el establecimiento de un cultivo de plátano (Farfán, 2005; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1994, 1989; ICA. 1976), se establecieron los siguientes rangos de aptitud:

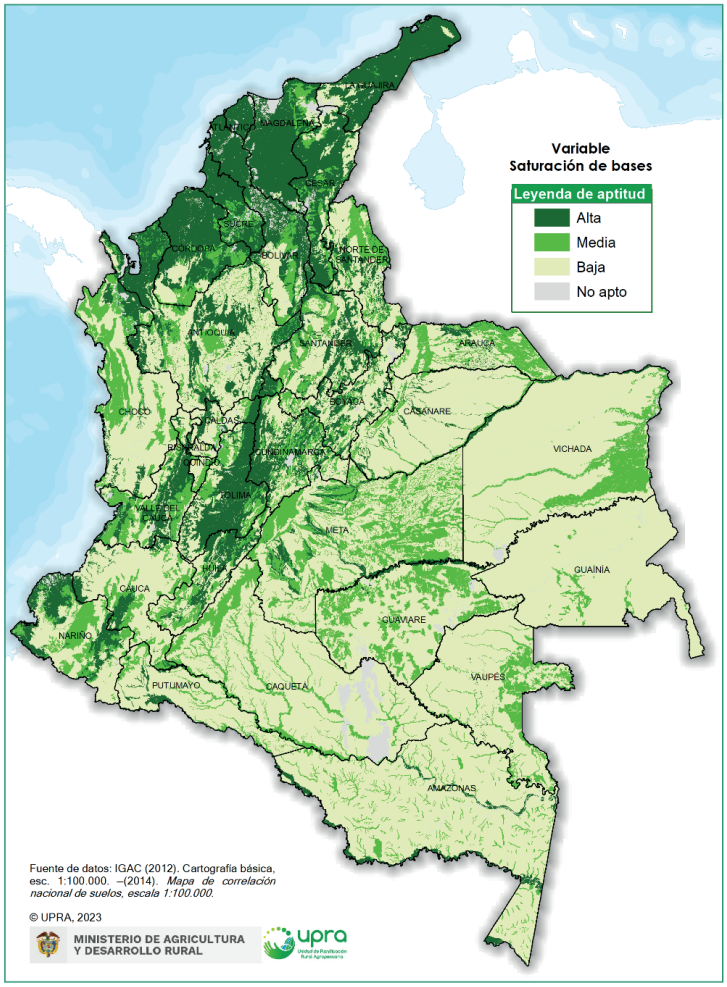
Saturación de bases	Aptitud
> 35	Alta (A1)
10-35	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores e investigación relacionada.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Farfán V., F. (2005). *Producción de café en un sistema intercalado con plátano Dominico Hartón con y sin fertilización química.* Cenicafé 56(3):269-280. 2005. Recuperado de: • https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/199/1/arc056%2803%29269-280.pdf. • Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano.* Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé. • Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1994). Recomendaciones para la fertilización del plátano en la zona cafetera. Cenicafé. Avances técnicos 208. • ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico.* Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano. • IGAC. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. P. 423-427. • IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* 119 p. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC. • Malagón, D. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. p. 423-427. Bogotá: IGAC. • Soil Science Society of America. (2018). Glosario de términos de ciencias del suelo. Recuperado de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

1.2.3 Variable *carbono orgánico*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: Carbono orgánico	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón) (Jackson, 1958).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
El carbono orgánico del suelo es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro. Se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nitrógeno en el suelo, cuyo aporte mineral es escaso. La materia orgánica también modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto la parte biológica, el carbono proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999).		

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
Como exclusión técnica (N1) se encuentran los suelos denominados Histosoles, debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos (no han sido drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva, a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono, fijación de nitrógeno (MADS, 2020).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, lo cual significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen variadas cantidades de carbono orgánico, lo cual significa aptitud diferente al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
La variable se construyó a partir del contenido de carbono orgánico registrado en la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se tomaron de los horizontes superficiales del perfil modal. Se tiene en cuenta la tabla para el cálculo de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), la cual discrimina los contenidos de acuerdo con el clima donde se encuentra, considerando que el plátano es propio de clima cálido y templado.

Rangos de carbono orgánico (%)					
Clima cálido	≤ 0,2	0,2-0,5	0,5-1,7	1,71-2,9	< 3,0
Clima templado	< 0,5	0,6-1,7 y > 7,6	1,8-2,9 y 6,5-7,6	3,0-4,1 y 5,4-6,5	4,2-5,3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Los rangos para asignar los valores de aptitud para la variable se construyen teniendo en cuenta los requerimientos de materia orgánica y de nitrógeno referenciados para el cultivo de plátano (Moreno *et al*., 2005: Farfán, 2005: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989, 1994; ICA, 1976), de la siguiente forma: Los rangos para asignar los valores de aptitud para la variable son los siguientes:

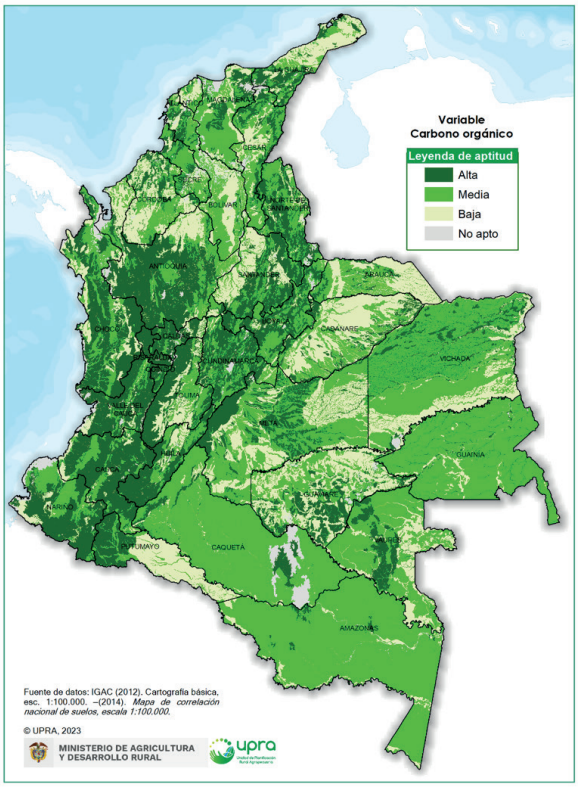
Carbono orgánico (%)	Aptitud
1,4-7,6; Andisoles	Alta (A1)
0,5-1,4 y >7,6	Media (A2)
< 0,5	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada. Los *Andisoles* tienen calificación diferente porque en condiciones naturales, tienen altos contenidos de materia orgánica.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Farfán V., F. (2005). *Producción de café en un sistema intercalado con plátano Dominico Hartón con y sin fertilización química*. Cenicafé 56(3):269-280. 2005. Recuperado de:
- https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/199/1/arc056%2803%29269-280.pdf.
- Borie, G.; Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). «*Actividad biológica en suelos*». En: Frontera Agrícola 5. p. 29-32.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda ed. San José de Costa Rica: IICA.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1994). Recomendaciones para la fertilización del plátano en la zona cafetera. Cenicafé. Avances técnicos 208.
- ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. p. 205.
- MADS. (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Recuperado en marzo 15 de 2023 de https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc

1.2.4 Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	UNIDAD DE MEDIDA: cmol/kg de suelo	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

De acuerdo con Chapman (citado por Malagón, 1995), los cationes retenidos en la superficie de minerales del suelo y dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos pueden ser reversiblemente reemplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico y usualmente se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, cmol/kg de suelo o milimoles de carga por kg de suelo, o del material edáfico al que se le determinó.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La capacidad de intercambio de cationes y aniones es una de las características más importantes del suelo, ya que, independientemente de otras interpretaciones, determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal y constituye gran parte de la capacidad reguladora del medio (Cortés y Malagón, 1984).

La CIC tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Es un indicador de la fertilidad de los suelos, dado que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas de plátano. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y, por consiguiente, en la estructura y estabilidad de los agregados.

El suelo no solamente retiene los elementos denominados mayores (N, P, K) y los secundarios (Ca, Mg y S), sino los elementos menores o micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición del plátano, y es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

Suelos con baja CIC pueden retener pocos cationes y, en consecuencia, requieren dosis más frecuentes de fertilizantes, que los suelos con alta CIC (Cortés y Malagón, 1984).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se determinó área no apto (N1) por esta variable, debido a que a las unidades de tierras con baja CIC se les puede aplicar enmiendas para mejorar la capacidad de intercambio de cationes como la materia orgánica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de esta, existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones de diferente aptitud al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se obtuvo a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Es importante aclarar que los valores de CIC se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales.

Para asignar las calificaciones se tiene en cuenta las consideraciones generales para interpretar análisis de suelos (IGAC, 2010).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los límites de variación (rangos de aptitud) se conforman de acuerdo con los valores considerados en la tabla original, de la siguiente forma:

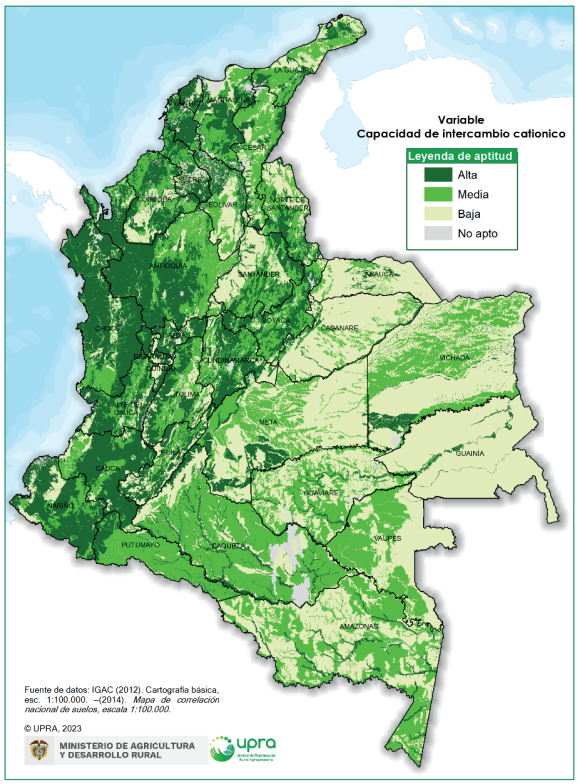
CIC (cmol/kg de suelo)	Aptitud
≥ 20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y la literatura relacionada.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Malagón C., Dimas. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC. p. 423-427.
- Malagón C., Dimas. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Cortés A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: UJTL. p. 270.

1.3 Criterio *capacidad de laboreo*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO: Capacidad de laboreo		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Pendiente, expresada en rangos de pendiente (%).
- Textura, expresada en clases texturales.
- Pedregosidad, expresada en fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Condiciones del terreno para preparar un lecho, con unas condiciones que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 2020).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Influye en la realización de las diferentes labores culturales, tanto manuales como mecanizadas, que van desde la preparación del lote, trazado, siembra, desyerbas, aplicación de plaguicidas, fertilizaciones y cosecha, entre otros.

El establecimiento del cultivo de plátano implica el uso de maquinaria, en las actividades de preparación del terreno y construcción de drenajes y, eventualmente, infraestructura de riego, especialmente cuando se encuentra en áreas planas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

La pendiente presenta límites que se califican como no aptos (N1), cuando son mayores de 75 %, ya que no permiten el desarrollo de labores, especialmente las mecanizadas.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de esta, existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

La pedregosidad no se encuentra en rangos por porcentaje, solamente si es pedregoso, lo cual implica que es mayor de 35 %.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos para las tres variables que conforman este criterio se obtienen de la información química del mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de la pendiente, clases texturales la pedregosidad.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Pendiente	Porcentaje (%)	< 25	25-50	50-75	> 75
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	L, ArA, ArL	A, AF, Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

Además de las texturas seleccionadas, en la aptitud alta (A1), se incluyen los suelos Andisoles, en la aptitud moderada (A2), se incluyen los horizontes orgánicos y los subgrupos *Vertic*; en la aptitud baja (A3), se incluyen los suelos clasificados como Vertisoles por su alto contenido de arcilla, al igual que los Psamments por su alto contenido de arenas.

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La determinación de la clase de aptitud se obtiene tomando las tres variables y comparando los rangos de aptitud entre sí.

Árbol de decisión para el criterio

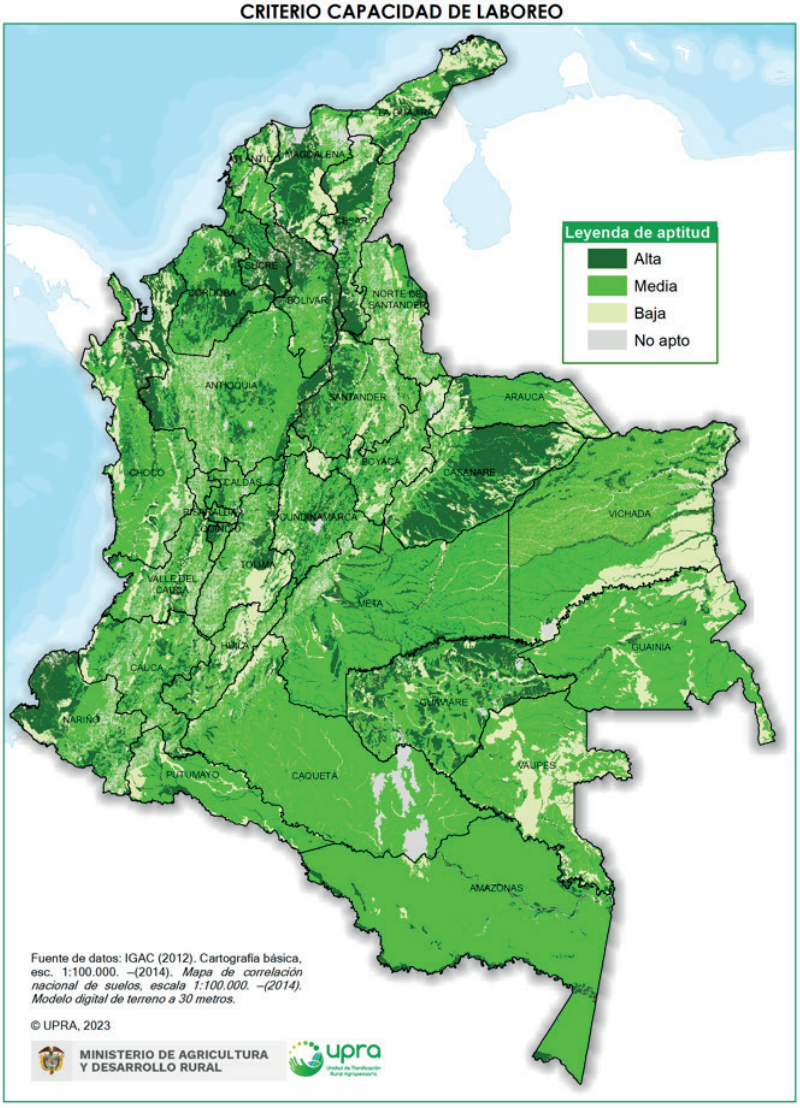
Pendiente (%)	Textura (clase textural)	Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
≤ 25	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	L, ArA, ArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
25-50	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	L, ArA, ArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
50-75	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	L, ArA, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 75	Cualquiera	Cualquiera	N1

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud es la limitación que cada una de las variables representa en el manejo de los suelos, ya que reduce las posibilidades de una buena preparación y, por lo tanto, genera cultivos con deficiencias en su desarrollo y con dificultades para diferentes labores culturales.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2020). *Mecanización agrícola sostenible*. Recuperado de http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.3.1 Variable *pendiente*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de Laboreo</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Pendiente</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil science society of America, 2018).</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Incide directamente en la traficabilidad de la maquinaria y de las personas y, por lo tanto, en la eficiencia de la adecuación, preparación y mantenimiento y demás labores de los cultivos de plátano, ya sea en forma manual, con tracción animal o mecanizada.

De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes hasta del 12 % sin dificultades; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales tanto para el establecimiento como para el mantenimiento del cultivo, especialmente en sistemas comerciales intensivos como el del plátano.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Pendientes mayores del 75 % se excluyen como zonas no aptas (N1) para cultivos comerciales de plátano, debido a las exigencias en el desempeño de la maquinaria.</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">El uso de las fases cartográficas por pendiente a la escala 1:100.000, implica que en un polígono determinado se encuentran áreas pequeñas que pueden tener mayor o menor pendiente a la dominante, las cuales indican diferencias en el manejo del suelo.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

<table>
<tr><th>Clase compuesta</th><th>Porcentaje (%)</th></tr>
<tr><td>Plana</td><td>0-3</td></tr>
<tr><td>Ligeramente ondulada</td><td>3-7</td></tr>
<tr><td>Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada</td><td>7-12</td></tr>
<tr><td>Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada</td><td>12-25</td></tr>
<tr><td>Ligeramente escarpada o fuertemente quebrada</td><td>25-50</td></tr>
<tr><td>Moderadamente escarpada o moderadamente empinada</td><td>50-75</td></tr>
<tr><td>Fuertemente escarpada o fuertemente empinada</td><td>> 75</td></tr>
</table>
El proceso de generación del mapa de pendientes se basó en el uso de las fases de pendiente que se encuentran en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), hasta el 50 %, de aquí en adelante se utilizan los mismos rangos, pero originados del modelo de elevación DEM de 30 metros.</td></tr>
</table>

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

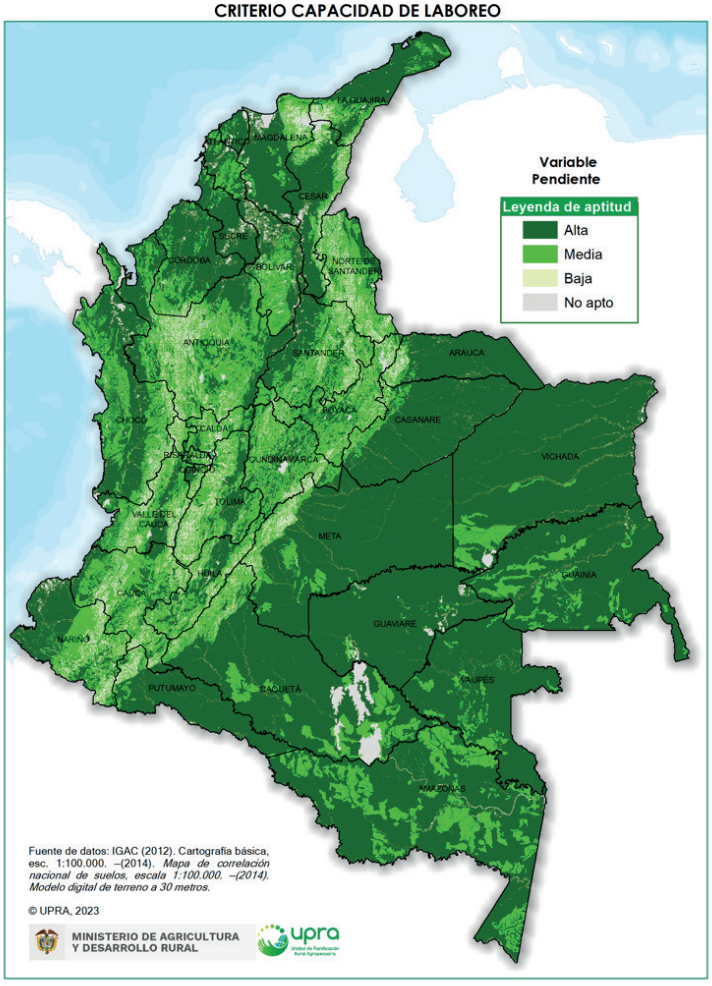
Esta variable presenta rangos de aptitud de acuerdo con las condiciones del terreno (ICA, 1976; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989) y con la exigencia a la maquinaria utilizada en las diferentes labores de los cultivos, así:

Pendiente (%)	Aptitud
≤ 25	Alta (A1)
25-50	Media (A2)
50-75	Baja (A3)
> 75	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé. • ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano. • IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Soil Science Society of America. (2018). Glosario de términos de ciencias del suelo. Recuperado de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

1.3.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clases texturales	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “tierra fina” del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO
Se relaciona con la consistencia, la cual determina la resistencia del suelo a su ruptura y deformación en los diferentes estados de humedad, que afecta los requerimientos de potencia de la tracción utilizada. Para que los implementos, ya sean manuales o mecánicos, penetren con facilidad en el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Suelos con altos contenidos de arcilla se vuelven pesados y pegajosos (cuando las arcillas son de relación 2:1): los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y no facilitan la construcción de surcos o drenajes.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
Aunque los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, el uso de la maquinaria e implementos, no se excluye alguna clase.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta su calificación, ya que el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del mayor componente de la unidad; por tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no es posible reflejar en la calificación de la unidad, dada la escala que se determinó para la presente zonificación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
La información base para determinar la textura de las unidades de suelos fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Esta variable se califica de acuerdo con el comportamiento de la textura cuando se remueve el suelo, especialmente en lo relacionado con la pegajosidad, facilidades de labranza y la susceptibilidad a la compactación. Las clases texturales se presentan de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):

Arenosa (A)
Arenosa franca (AF)
Franco arenosa (FA)
Franca (F)
Franco limosa (FL)
Limosa (L)
Franco arcillo arenosa (FArA)
Franco arcillosa (FAr)
Franco arcillo limosa (FArL)
Arcillo arenosa (ArA)
Arcillo limosa (ArL)
Arcillosa (Ar)

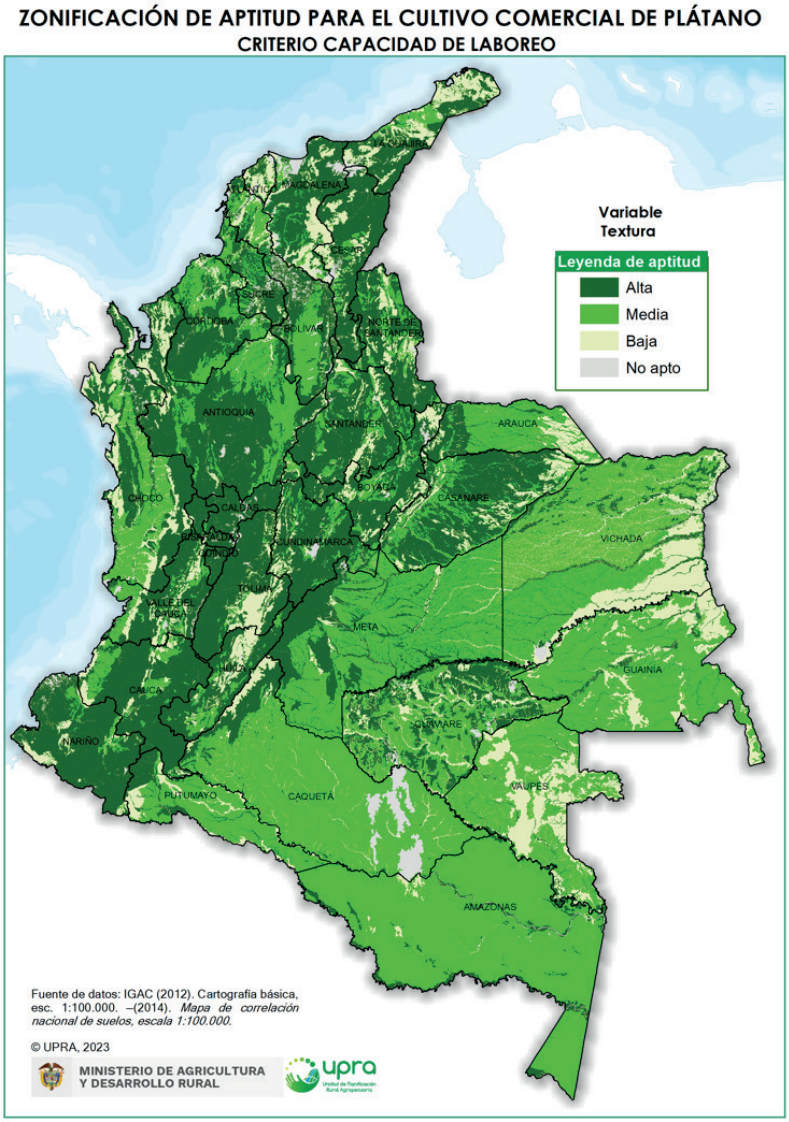
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Las clases texturales donde las prácticas de laboreo se pueden hacer satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo ni a los implementos, al igual que los suelos Andisoles, se determinaron con aptitud alta (A1). Las clases texturales con aptitud media (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. También se incluyen en esta categoría las texturas orgánicas, ya que su alta porosidad facilita la compactación del suelo. Igualmente, los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos Oxic), por su baja pegajosidad. También se incluyen los subgrupos *Vertic*. Las clases texturales con aptitud baja (A3) corresponden a las gruesas (*Psamments*), porque facilitan la compactación del suelo, desgastan con mayor rapidez las herramientas y no permiten la construcción de surcos, igualmente la clase arcillosa, cuando esta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a *Vertisoles*.

Rangos de aptitud

Textura	Aptitud
F, FL, FArA, FArL, FAr	Alta (A1)
FA, L, ArA, ArL	Media (A2)
A, AF, Ar	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Malagón C., Dimas y Montenegro G., Hugo. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 101 y 157.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook No. 18. 639 p. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.3.3 Variable *pedregosidad*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: Pedregosidad	UNIDAD DE MEDIDA: Fase cartográfica de pedregosidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Repercute en la integridad de los implementos agrícolas, lo que limita las prácticas de laboreo, además de disminuir el área útil por unidad de superficie.

En la medida en que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se dificultan las labores de adecuación de tierras y demás prácticas culturales como el uso de herramientas especiales, drenajes, surcados y cosecha.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se considera rango de exclusión técnica (N1) ya que se pueden mejorar las condiciones del suelo removiendo la pedregosidad, solo que estas prácticas elevan los costos de preparación de las tierras; de otra parte, no todos los cultivos de plátano son mecanizados.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), solamente aparece fase pedregosa; no se encuentra discriminada en rangos por porcentaje de recubrimiento.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de la fase cartográfica de pedregosidad del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Esta variable se tomó únicamente como aparecen en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa, pero sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La asignación de rangos corresponde a la fase cartográfica de pedregosidad, es decir, fase pedregosa y sin fase de pedregosidad (expresión que indica tácitamente que no hay pedregosidad).

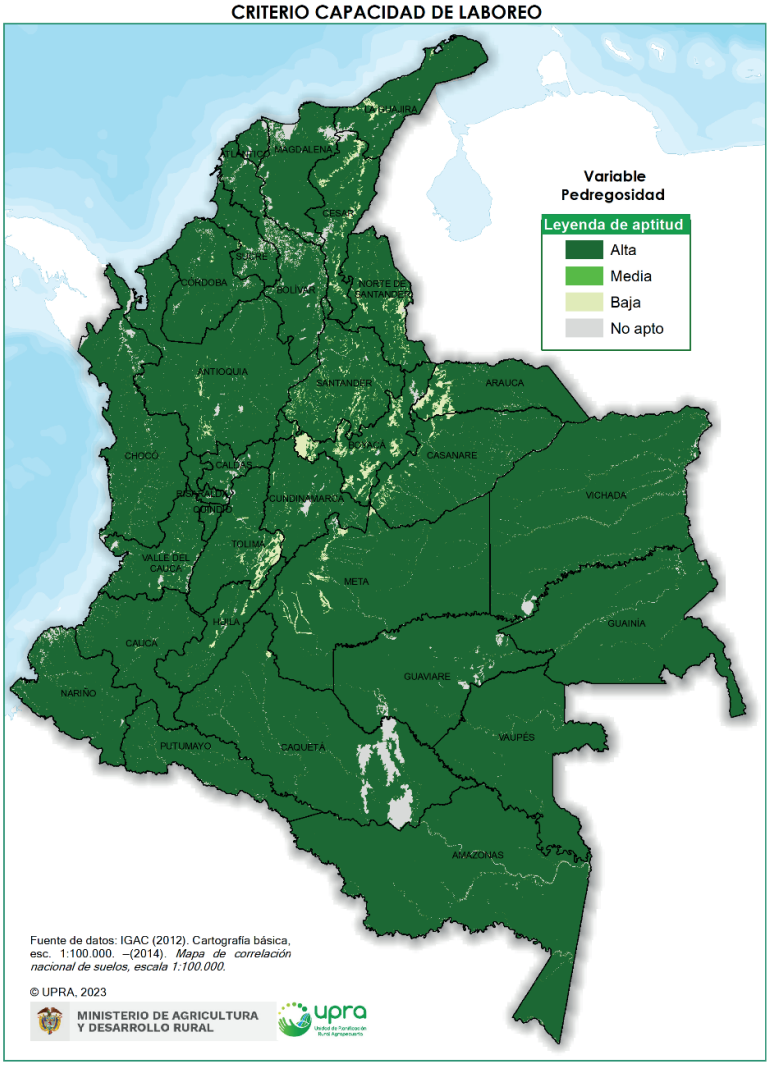
Rangos de pedregosidad

Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.). (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. EUA: SMSS, monografía técnica No. 15. p. 44-46.

1.4 Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Salinidad y sodicidad: salinidad expresada en dS/m y sodicidad expresada en porcentaje de saturación de sodio (PSI).
- Saturación de aluminio: expresado en porcentaje (%).

DEFINICIÓN

La fitotoxicidad es la capacidad de un elemento o compuesto para causar daños temporales o de larga duración a las plantas. El daño puede ser general o limitado a determinadas especies o variedades de plantas (FAO y OMS, 2017).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos para las plantas de plátano, restringe el crecimiento y la producción, además de producir efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos.

En general, algunos elementos en cantidades elevadas restringen el uso de las tierras a ciertas plantas tolerantes y/o resistentes, además incrementan los costos para la adecuación y manejo, ya que se requiere la aplicación de enmiendas.

En el ámbito de los suelos colombianos, tienen gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.

El sodio (Na), además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo debido al efecto dispersante, produce disminución del crecimiento de las raíces de las plantas y necrosis en las hojas. Las sales afectan la absorción de otros elementos (K^+, NO_3, fósforo PO_4) por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhiben la división celular.

El aluminio (Al^{+++}) es uno de los elementos que se encuentra comúnmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos y las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la producida por deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato), inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

De acuerdo con la fisiología de las plantas y las propiedades de los suelos colombianos, cada una de las variables incluidas en el criterio, tiene rangos donde no es posible el cultivo comercial de plátano: se consideran no aptas (N1), las tierras que presenten saturaciones de sodio (PSI) superior a 15 %, los suelos con salinidad mayor de 4 dS/m y donde la saturación de aluminio supere el 80 %.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de esta existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

En cuanto a los contenidos de sales y sodio, la base del mapa nacional de correlación de suelos, no en todos los casos presenta los valores, sino que se refiere a la presencia o no presencia.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvo de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), y se dio la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables, así:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	< 15 (Andisoles)	15-45	45-80	> 80
Salinidad	dS/m	< 1	1-2	2-4	> 4
Sodicidad	PSI	No sódico (< 15)	-	-	Sódico (≥ 15) Salino sódico

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores e investigación relacionada con el cultivo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades del adecuado desarrollo de las plantas y su efecto en la producción.

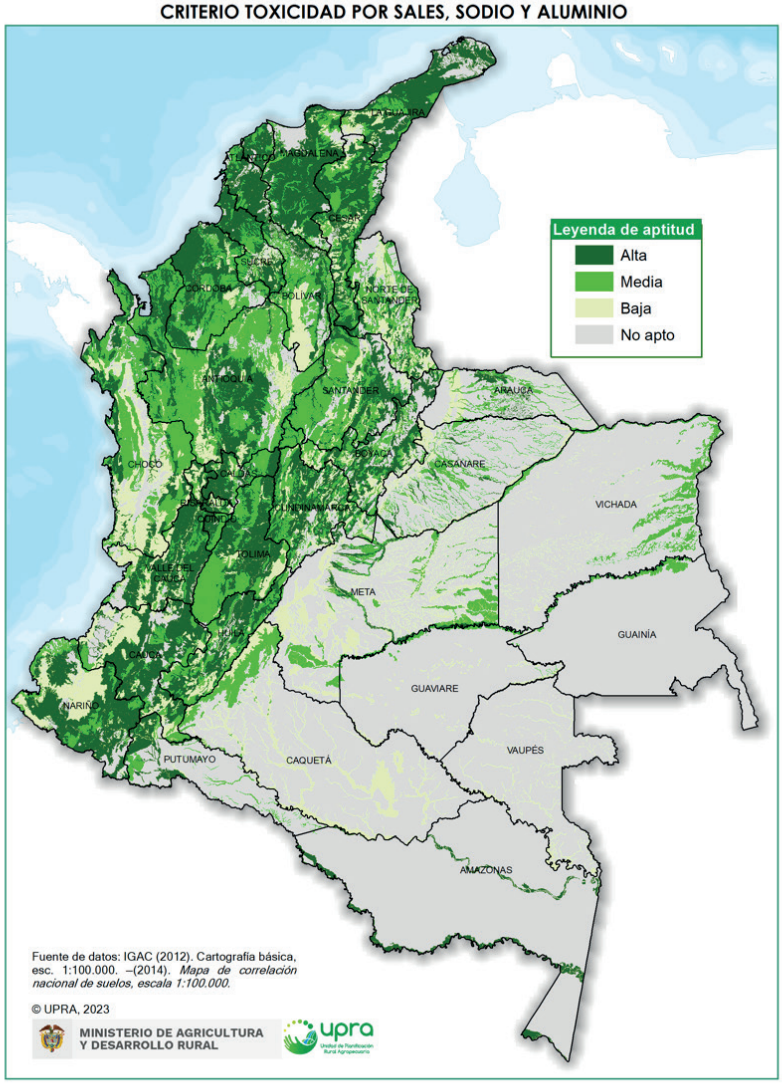
Árbol de decisión para el criterio

Saturación de aluminio	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
≤ 15	< 1	No sódico	A1
		Sódico	N1
	1-2	No sódico	A1
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A3
		Sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1
15-45	< 1	No sódico	A2
		Sódico	N1
	1-2	No sódico	A2
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A3
		Sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1
45-80	< 1	No sódico	A3
		Sódico	N1
	1-2	No sódico	A3
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A3
		Sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1
>80	Cualquiera	Cualquiera	N1

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO y OMS. (2017). *Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS*. Estudio FAO producción y protección vegetal 228. Roma.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.4.1 Variable *salinidad y sodicidad*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: Salinidad y sodicidad</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Salinidad (dS/m) y sodicidad (PSI)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Contenido alto de sales solubles y sodio intercambiable en el suelo. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de plátano.

El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica (CE), pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio (Na) se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="3">La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural, se asocian con el fenómeno climático de aridez, con los materiales de origen ricos en sales, como sucede con algunas rocas sedimentarias y con los ascensos del nivel freático, el cual deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. En forma adquirida, se relaciona con riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales, así como también con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con regímenes de humedad ústico.

El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (Garavito, 1979). El plátano es una especie que no tolera excesos de sales en el suelo.

Algunos sectores del país con aptitud para el cultivo de plátano se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, el cual precisa de un óptimo manejo para que se evite la salinización.

Los altos contenidos de sales o de sodio, tienen los siguientes efectos negativos en el desarrollo de las plantas:

• La salinidad influye en los valores del pH y por tanto afecta la disponibilidad de nutrientes.
• Afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K^+), Nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y calcio (Ca^+).
• Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
• El sistema radicular no se desarrolla en forma adecuada.
• Las raíces profundizan menos y hay menos ramificaciones.
• No hay división y crecimiento celular y, por tanto, las plantas disminuyen su desarrollo.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">Se considera que unidades de tierra con presencia de conductividad eléctrica mayor de 4 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 %, no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de plátano, debido a las mínimas probabilidades de un buen desarrollo.</td></tr>
</table>

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal dificultad para evaluar esta variable es la falta de información; en los estudios generales de suelos a escala: 1:100.000, en algunos casos, solamente aparece la presencia o no presencia de sales.

Las sales no se presentan de manera uniforme: varía tanto de forma horizontal como Vertical y también en el transcurso del año. La presencia se evidencia en forma de manchas y costras (las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio, en costras negras, debido a la dispersión de la materia orgánica). Estas características dificultan la toma de información por parte de los edafólogos en el campo para realizar su respectivo mapeo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los suelos salinos y sódicos o no sódicos se obtuvieron a partir de la base de del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El plátano se considera una especie susceptible tanto a las sales como al sodio presentes en el suelo (Al Harthy *et al*., 2018).

Los suelos con aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor de 1 dS/m (no salino) y menos del 15 % de Na intercambiable; con aptitud media (A2), se califican los suelos ligeramente salinos (1 a 2 dS/m) y menos de 15 % de saturación de Na; los suelos con baja aptitud (A3) presentan de 2 a 4 dS/m y menos de 15 % de sodio; los suelos no aptos técnicamente (N1), son suelos sódicos, que presentan más del 15 % de saturación de Na o más de 4 dS/m de salinidad.

Salinidad y sodicidad

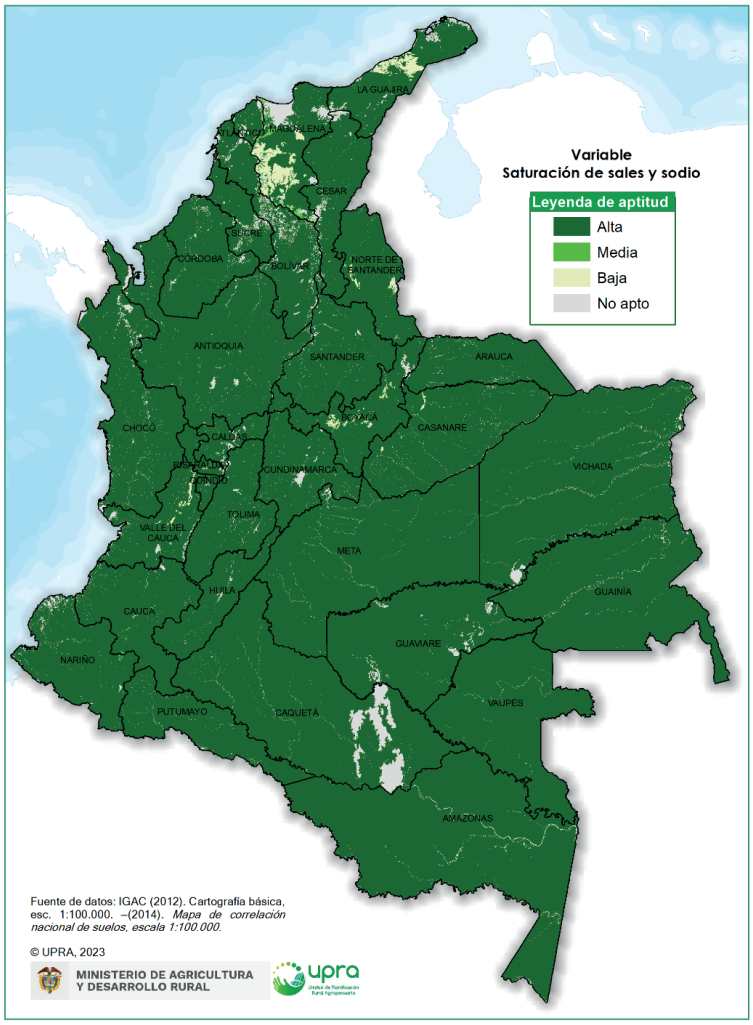
Variables	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad (dS/m)	< 1	1-2	2-4	> 4
Sodicidad (% Na)	No sódico (< 15)	-	-	Sódico (≥ 15) Salino sódico

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con reportes de investigación.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Al Harthy, K. M., Siti Aishah, H., Yahya, A., Roslan, I., y Al Yahyai, R. (2018). *Effects of saline irrigation water on morphological characteristics of banana (Musa spp.)*. International Food Research Journal. 25, S195-S200. Recuperado de https://squ.elsevierpure.com/en/publications/effects-of-saline-irrigation-water-on-morphological-characteristi.
- Garavito N., Fabio. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 148 y 149.
- Garavito N., (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

1.4.2 Variable *saturación de aluminio*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: Saturación de aluminio	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Es la proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. La acidez intercambiable se debe a los iones Al^{+++} y H^{+} intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl); también incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), que es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5 y que afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, del magnesio y del potasio.

Se ha establecido que cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+++} en la solución del suelo, la saturación es menor de 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada a Al; cuando es mayor de 60 %, la concentración de Al en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).

Un alto contenido de aluminio en el suelo limita la degradación microbiana de la materia orgánica, inhibe el crecimiento de las raíces y como consecuencia, reduce la toma de agua y de nutrientes, afectando la productividad. Los excesos de aluminio disminuyen la disponibilidad del fósforo, elemento importante en el suministro de energía para las plantas de plátano y responsable de un buen desarrollo del sistema de raíces.

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+++} intercambiable es necesario aplicar altas dosis de enmiendas alcalinas, para elevar el pH a niveles no tóxicos, o utilizar plantas que sean tolerantes a la acidez (Cortés y Malagón, 1984).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se considera como no apto (N1), para el cultivo de plátano, el contenido mayor de 80 %.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a la escala 1:100.000 son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la misma; esto significa que dentro de esta existen áreas de menor tamaño que tienen contenidos de aluminio diferente al componente calificado, los cuales pueden o no ser restrictivos para el cultivo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La calificación de aptitud de los diferentes contenidos de aluminio (Al^{+++}) se obtuvo a partir de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Los rangos se obtienen a partir de la tabla para la evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

Saturación de aluminio (%)					
Rangos (%)	> 60	30-60	15-29	5-14	< 5

La calificación para obtener estos rangos se hace a partir del mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

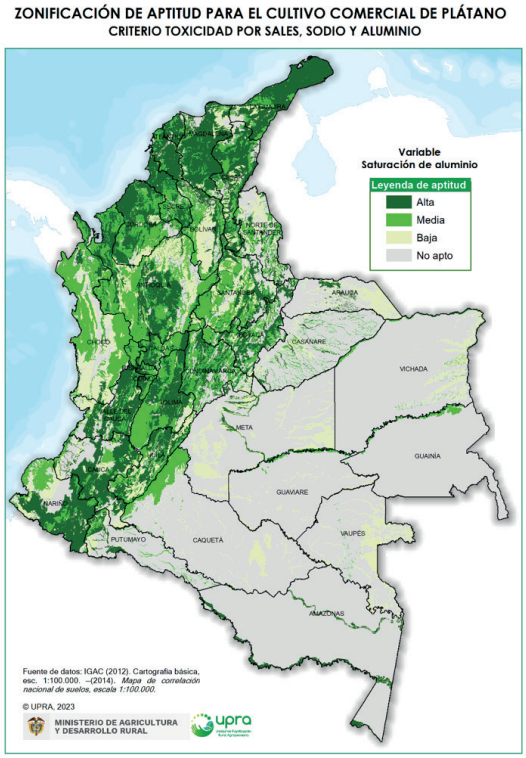
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo como base las diferentes consultas con el gremio y reportes técnicos como Corpoica (2002), se determinaron las siguientes aptitudes:

Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 15	Alta (A1)
15-45	Media (A2)
45-80	Baja (A3)
> 80	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Corpoica. (2002). *Evaluación de diferentes alternativas de producción en el piedemonte araucano y adiestramiento profesional en tecnología para el manejo integrado del plátano con énfasis en sigatoka negra en el departamento de Arauca.*
- Cortés L., Abdón y Malagón C., Dimas. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: UJTL.
- Garavito N., Fabio. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. p. 128-130. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.5 Criterio *condiciones de enraizamiento*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO: Condiciones de enraizamiento		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Profundidad efectiva, expresada en centímetros (cm).
- Textura, expresada en clases texturales.
- Pedregosidad, expresada como fases cartográficas de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo del sistema radicular, que conllevan al adecuado desarrollo y producción de las plantas del plátano.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

En la medida en que se desarrolle adecuadamente el rizoma y que las raíces puedan explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico adecuado, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes, de los cuales depende la capacidad para la adecuada formación de los frutos y de los nuevos colinos o brotes.

Cuando las raíces encuentran un medio propicio para su desarrollo, como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad que cause daños o impida la formación adecuada de las raíces y profundidad radicular adecuada, el desarrollo del cultivo y la producción se llevan a cabo satisfactoriamente.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los límites a partir de los cuales se consideró que no es posible el establecimiento de cultivos de plátano, considerados no aptos (N1), corresponden a la profundidad menor de 25 cm por contactos líticos o pétricos.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de esta existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), fase de pedregosidad y las clases texturales; la calificación de este criterio se da por medio de un árbol de decisión.

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Profundidad efectiva	Centímetros	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo ≥ 50	Superficial 25-50	Muy superficial < 25	Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

Además de las texturas consideradas, los horizontes orgánicos se consideran con aptitud media (A2), por su alto contenido de materia orgánica, igualmente se incluyen en esta clasificación los suelos *Oxisoles* y *Ultisoles*, los subgrupos *Oxic*, por tener arcillas de mejores características físicas y, además, los subgrupos *Vertic*. En la aptitud baja (A3), se incluyen los suelos *Vertisoles*, los *Psamments*, los primeros por altos contenidos de arcilla y los últimos por alto contenido de arena.

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se tomaron las tres variables (profundidad efectiva, pedregosidad y textura) y se dio calificación de acuerdo con la limitación que cada variable representa en el adecuado enraizamiento de las plantas de plátano.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades de una buena formación de raíces y frutos, y, por lo tanto, su producción.

Las consociaciones de suelos calificados como *Lithic*, *Petrocalcic* y *Petroferric* no se consideran aptos debido a la limitación extrema para la penetración de las raíces.

Árbol de decisión para el criterio

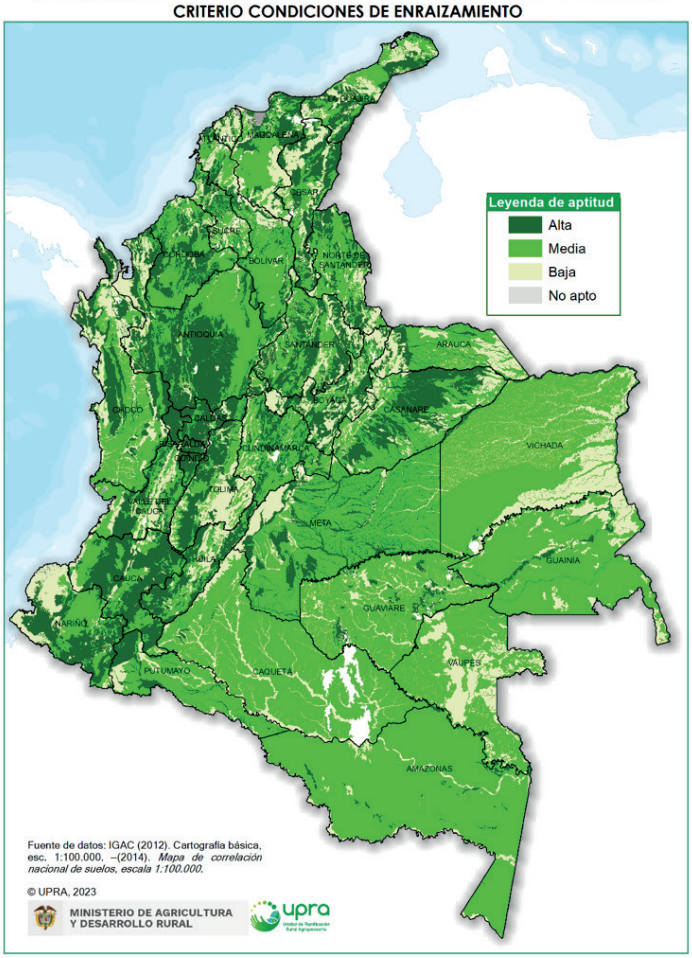
Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo ≥ 50	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Superficial 25-50	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3

Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy superficial < 25	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Suelos Lithic, Petroferric, Petrocalcic y Petrogypsic			N1

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.5.1 Variable *profundidad efectiva*

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="3">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Profundidad efectiva</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Centímetros (cm)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar, sin mayores restricciones, para conseguir el agua y los nutrientes indispensables. También se define como el total de la profundidad del perfil del suelo que es favorable para desarrollo de las raíces (USDA, 1961).</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="4">La profundidad del suelo puede influir en el tipo de plantas que pueden crecer en él. Los suelos más profundos generalmente pueden proporcionar más agua y nutrientes a las plantas que los suelos más superficiales. Además, la mayoría de las plantas dependen del suelo como soporte mecánico y esto es especialmente cierto para las plantas leñosas altas (Rajakarunay Boyd, 2008).

Determina el espacio donde el rizoma y las raíces pueden desarrollarse, afectando el proceso vegetativo y la formación de nuevos brotes o colinos. En un suelo profundo las plantas pueden encontrar mayor humedad; por lo tanto, resisten mejor la sequía.

Para el cultivo de plátano, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 50 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos (líticos, *petroférricos*, *petrocálcicos*) y sin presencia de horizontes argílicos o compactados.

Otros elementos que afectan la profundidad efectiva son las condiciones de hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones, los cuales se evalúan en otros criterios.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Se definieron como no aptas (N1) para el establecimiento del cultivo comercial de plátano, cuando existen contactos líticos, petroférricos o petrocálcicos, debido a extrema dificultad de ser penetrados por el sistema radicular.</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones y, se califica la profundidad del componente que ocupa la mayor área dentro de la unidad. Esto quiere decir que en la unidad cartográfica existen algunos sectores con diferentes profundidades efectivas a la calificada y, por lo tanto, aptitudes diferentes.</td></tr>
</table>

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En la determinación de los rangos de aptitud para la profundidad efectiva de los suelos, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas como la presencia de roca continua y compacta, y los contactos pétricos, dado que otras, como los horizontes argílicos y compactados pueden ser perforados con el uso de equipos como subsoladores y cinceles.

De acuerdo con la clasificación definida por el IGAC (2010), los límites de variación de la profundidad efectiva del suelo se establecen de la siguiente manera:

Clases por profundidad efectiva

Clase	Profundidad (cm)
Muy superficial	< 25
Superficial	25-50
Moderadamente superficial	50-75
Moderadamente profunda	75-100
Profunda	100-150
Muy profunda	> 150

Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos de profundidad efectiva para el cultivo de plátano (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989, 1994; ICA. 1976), se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos con profundidad mayor de 50 cm; aptitud media (A2), entre 25 y 50 cm, aptitud baja (A3) menor de 25 cm y se excluyeron las profundidades menores a 25 cm por contactos, por no tener espacio físico suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas, así:

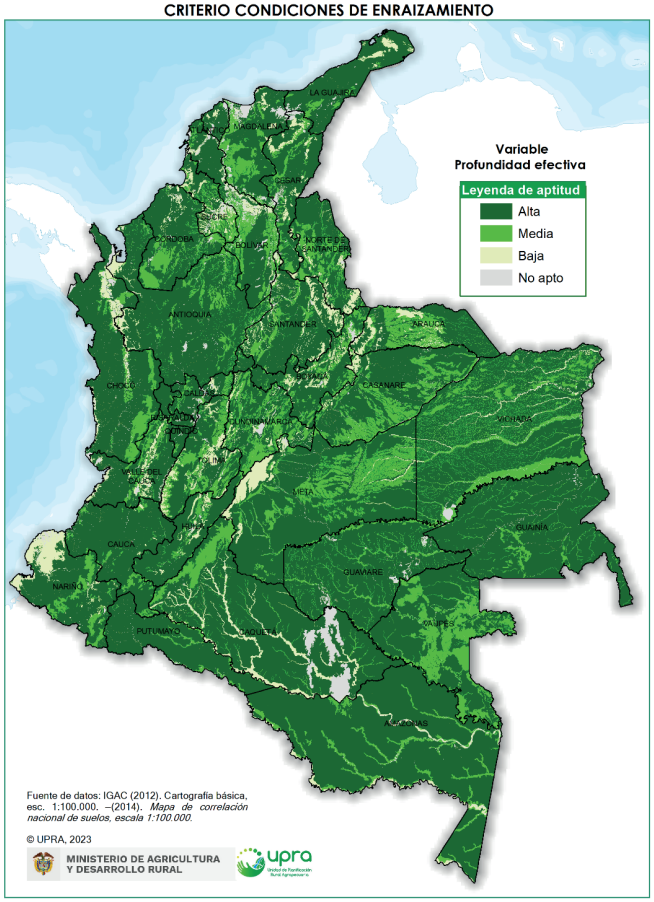
Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
≥ 50	Alta (A1)
25-50	Media (A2)
< 25	Baja (A3)
Consociaciones de suelos *Lithic*, *Petroferric* y *Petrocalcic*	No apto (N1)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1994). Recomendaciones para la fertilización del plátano en la zona cafetera. Cenicafé. Avances técnicos 208.
- ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Rajakaruna, N. y Boyd, R.S. (2008). Edaphic Factor. En: Encyclopedia of Ecology. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-depth#:~:text=Soil%20depth%20can%20greatly%20influence,e.g.%2C%20shrubs%2C%20trees>.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook* No. 210. EUA: Soil Conservation Service.

1.5.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clases texturales	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990)

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Se relaciona con la consistencia, la permeabilidad y la porosidad del suelo, que afectan la penetración de las raíces y el espacio entre partículas, permitiendo que circule el oxígeno que favorece la aireación y, por lo tanto, buena formación de rizomas, raíces y brotes o colinos.

En suelos de texturas finas, las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos, más aún si se tiene en cuenta que las raíces jóvenes son muy débiles; mientras que, en los suelos de texturas gruesas, se puede presentar exposición libre de las raíces por desplazamiento de las partículas por acción del agua o el viento.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se excluye alguna clase textural para el desarrollo del cultivo de plátano, aunque la textura con altos contenidos de arcilla representa mayor grado de dificultad para el desarrollo de raíces.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, donde se califica la clase textural en los horizontes superficiales del perfil más representativo, por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad con texturas de diferente calificación que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la textura asociada a las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). A partir de esta base de datos se realizó un agrupamiento de clases texturales, de acuerdo con los rangos definidos. Las clases texturales se presentan de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):

Arenosa (A)	Franco arcillo arenosa (FArA)
Arenosa franca (AF)	Franco arcillosa (FAr)
Franco arenosa (FA)	Franco arcillo limosa (FArL)
Franca (F)	Arcillo arenosa (ArA)
Franco limosa (FL)	Arcillo limosa (ArL)
Limosa (L)	Arcillosa (Ar)

Esta variable se define con base en los requerimientos para los cultivos de plátano, en relación con su crecimiento y desarrollo, consultados con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos para obtener buenos resultados de los cultivos (ICA, 1976; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989; Moreno et *al*., 2005), las clases texturales que se determinaron con aptitud alta (A1), tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), donde el cultivo de plátano puede obtener un mejor desarrollo debido al buen suministro de oxígeno y condiciones de suelo suelto, para crecimiento de las raíces.

Los grupos texturales con aptitud media (A2), se califican de esta forma debido a que la clase que integran el grupo textural francas finas, presentan baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en suelo y por tanto favorecen los encharcamientos con problemas en disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, el endurecimiento del suelo; igualmente los suelos orgánicos y los *Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic* por sus buenas características físicas y los subgrupos *Vertic*. Las clases texturales finas, se califican con aptitud baja (A3), por su alto contenido de arcilla, lo cual desarrolla alta pegajosidad y baja aireación, donde se incluyen los Vertisoles y los Psamments, por efectos contrarios de poca adherencia.

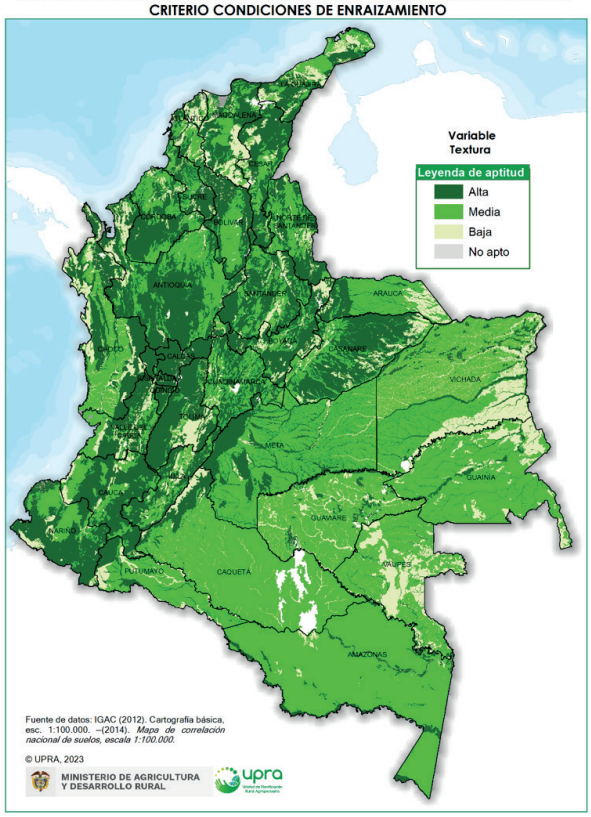
Rangos de aptitud

Textura (clases texturales)	Aptitud
F, FL, FA, FArA, FArL	Alta (A1)
FAr, L, ArA, A, AF, ArL	Media (A2)
Ar	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé. • ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano. • Malagón C., Dimas y Montenegro G., Hugo. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. • Malagón C., Dimas. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Moreno B., A. M.; Hernández G., E. y Grisales L., F. L. 2005. Productividad del sistema: café intercalado con plátano en barreras. Cenicafé 56 (1):79-85. • USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook No. 18. 639 p. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.5.3 Variable *pedregosidad*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: Pedregosidad	UNIDAD DE MEDIDA: Fase cartográfica de pedregosidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO
Los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en el cultivo de plátano porque, disminuye el área útil por unidad de superficie y de almacenamiento de agua, y acelera la infiltración. La alta pedregosidad influye negativamente en los cultivos de plátano, por tener influencia en la diferenciación, formación y desarrollo del sistema de raíces y de los nuevos brotes o colinos.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
No se consideran áreas no aptas (N1), por la variable.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Solamente aparece la fase pedregosa (> 35 %), pero no están discriminadas en rangos por porcentaje. Se asume tácitamente como no pedregoso, como cuando no se encuentra la fase cartográfica.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La variable se tomó como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa o sin fase de pedregosidad, sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin fase de pedregosidad (< 35 % por volumen) y se califican con aptitud baja (A3), los suelos con presencia > 35 % (fase pedregosa), porque obstaculiza el desarrollo de raíces.

Rangos de aptitud

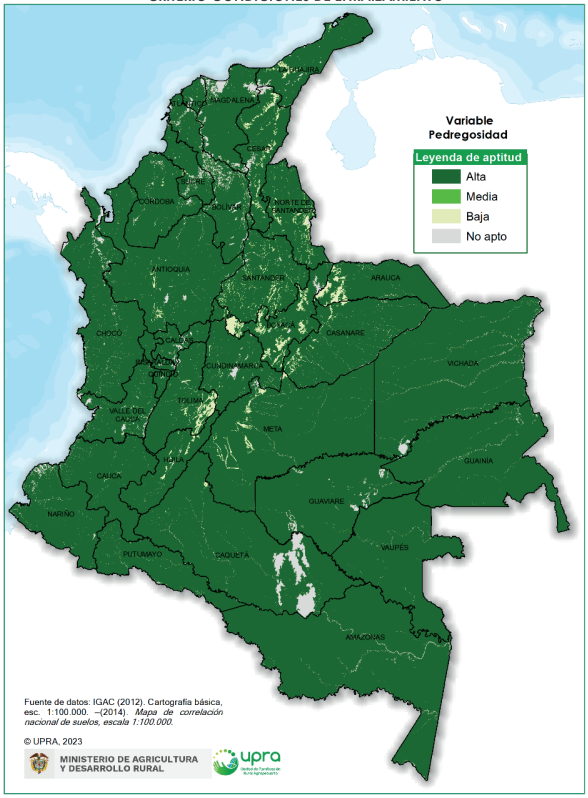
Pedregosidad	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores e investigación relacionada.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.). (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. EUA: SMSS. monografía técnica no. 15. p. 44-46.

1.6 Criterio *disponibilidad de humedad*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO: Disponibilidad de humedad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Régimen de humedad, expresada en clases de regímenes de humedad.
- Textura, expresada en clases texturales.

DEFINICIÓN

Capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

El agua es la responsable de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas que suceden en el suelo, así como del crecimiento de las plantas. En condiciones naturales, donde no existe posibilidad de riego, la capacidad de retención de agua que tienen los suelos es de gran importancia, ya que de ella y de las características climáticas de la región, depende el desarrollo de los cultivos de plátano.

Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que los regímenes de humedad *arídico* y *perácuico* no tienen aptitud técnica (N1) para desarrollar cultivos de plátano, ya que, en el primer caso, no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad y el segundo, representa ausencia de oxígeno, lo cual que significa intoxicación en las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción.

La textura no presenta exclusiones técnicas para el cultivo de plátano, ya que, en diferentes clases texturales, es posible el establecimiento y desarrollo del cultivo con diferentes grados de aptitud.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables.

La buena retención de humedad de los *Andisoles* se da aptitud alta (A1), los horizontes orgánicos tienen califican moderada (A2) por muy alta retención, mientras que la baja capacidad de retención de humedad de los *Psamments*, reciben aptitud baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Régimen de humedad	Clase de régimen	*Údico y perúdico*	*Ústico*	*Ácuico*	*Arídico y perácuico*
Textura	Clases texturales	Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	FA, L	A, AF	-

Los rangos de aptitud de cada variable están dados de acuerdo con diferentes consultas a cultivadores y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, reflejándose en la disminución de la producción.

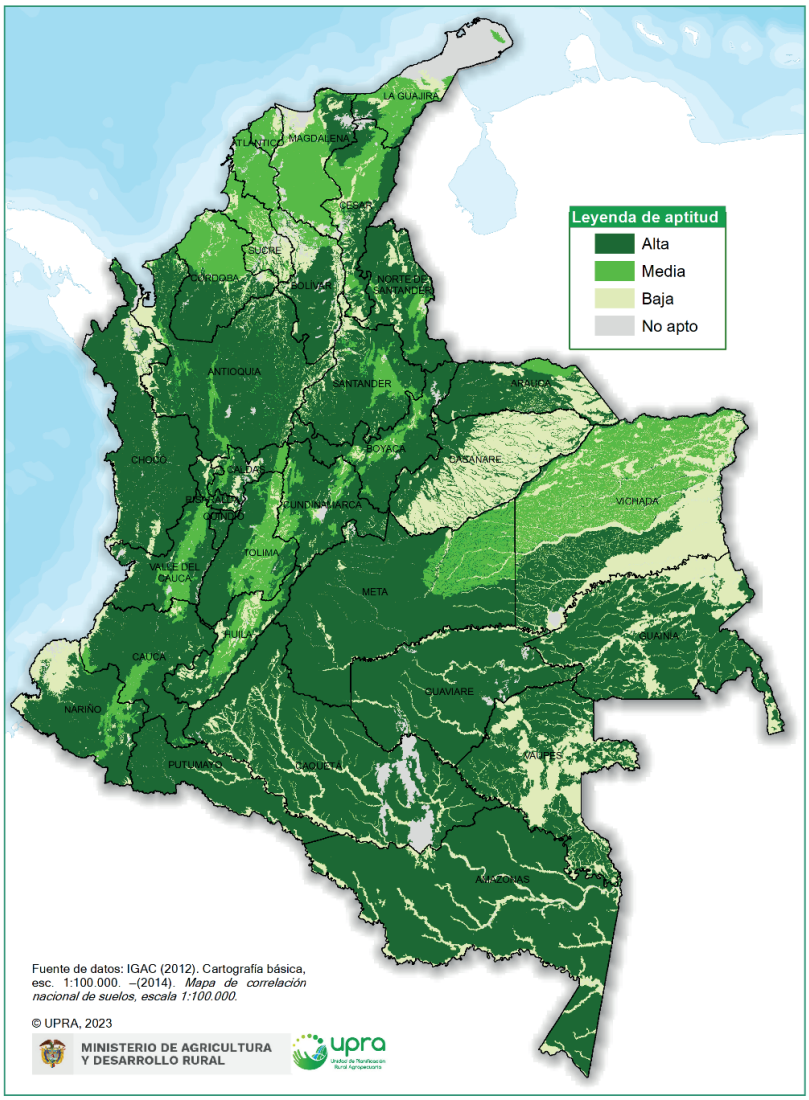
Árbol de decisión para el criterio

Régimen de humedad	Textura	Aptitud
Údico y perúdico	Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	A1
	FA, L	A1
	A, AF	A2
Ústico	Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	A2
	FA, L	A2
	A, AF	A3
Ácuico	Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	A3
	FA, L	A3
	A, AF	A3
Arídico y perácuico	Cualquiera	N1

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.6.1 Variable *régimen de humedad*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad		
VARIABLE: Régimen de humedad	UNIDAD DE MEDIDA: Clase de régimen de humedad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Se refiere a la presencia o ausencia de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos de un año. El agua retenida a una tensión de 1500 kPa o más no está disponible para mantener con vida la mayoría de las plantas mesófilas (USDA, 2022).

Údico: el régimen *údico* (del lat. *udus*, húmedo) es aquel en el cual la sección control de humedad del suelo no está seca en cualquier parte durante tanto tiempo como 90 días acumulativos en años normales.

Perúdico (del lat. *per*, a lo largo en el tiempo, y del lat. udus, húmedo): en climas donde la precipitación supera la evapotranspiración en todos los meses en año normales, la tensión de humedad raramente alcanza 100 kPa en la sección de control de humedad del suelo, aunque hay breves periodos ocasionales, cuando se utiliza un poco de humedad almacenada. El agua se mueve a través del suelo en todos los meses cuando no se congela.

Ústico: el régimen ústico (del lat. ustus, quemado; implica sequedad) es intermedio entre el régimen *arídico* y el *údico*. Tiene humedad limitada, pero presente en un momento en condiciones que son adecuadas para el crecimiento vegetal. El concepto de régimen *ústico* no se aplica a suelos que tienen *permafrost*.

Si la temperatura media anual del suelo es 22 °C o superior, o si las temperaturas medias de verano y de invierno del suelo difieren en menos de 6 °C a una profundidad de 50 cm, la sección control de humedad del suelo en áreas de régimen *ústico* está seca en alguna o todas las partes, en 90 o más días acumulativos en años normales. Es húmedo, sin embargo, en alguna parte, ya sea durante más de 180 días acumulativos por año o 90 o más días consecutivos.

Ácuico: el régimen de humedad ácuico (del lat. *aqua*) es de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado de agua. Algunos suelos están saturados con agua, a veces mientras el oxígeno disuelto está presente, ya sea porque el agua está en movimiento o porque el entorno es desfavorable para los microorganismos (por ejemplo, si la temperatura es inferior a 1 °C, tal régimen no es considerado ácuico).

Perácuico: hay suelos, sin embargo, en los que el agua subterránea está siempre en o muy cerca de la superficie. Ejemplos de ello son los suelos de marismas de marea o en el litoral, depresiones cerradas, alimentadas por arroyos perennes.

Arídico: regímenes de humedad *arídico* y *tórrido* (del lat. *aridus*, seco, y del lat. *torridus*, caliente y seco). Estos términos de regímenes de humedad del suelo se utilizan para el mismo régimen de humedad, pero en diferentes categorías de la taxonomía.

En el régimen de humedad *arídico* (*tórrido*), la sección de control humedad en años normales es:

a. Seco en todas las partes por más de la mitad de los días acumulativos por año, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 5 °C.

b. Húmeda en alguna o en todas partes por menos de 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 8 °C.

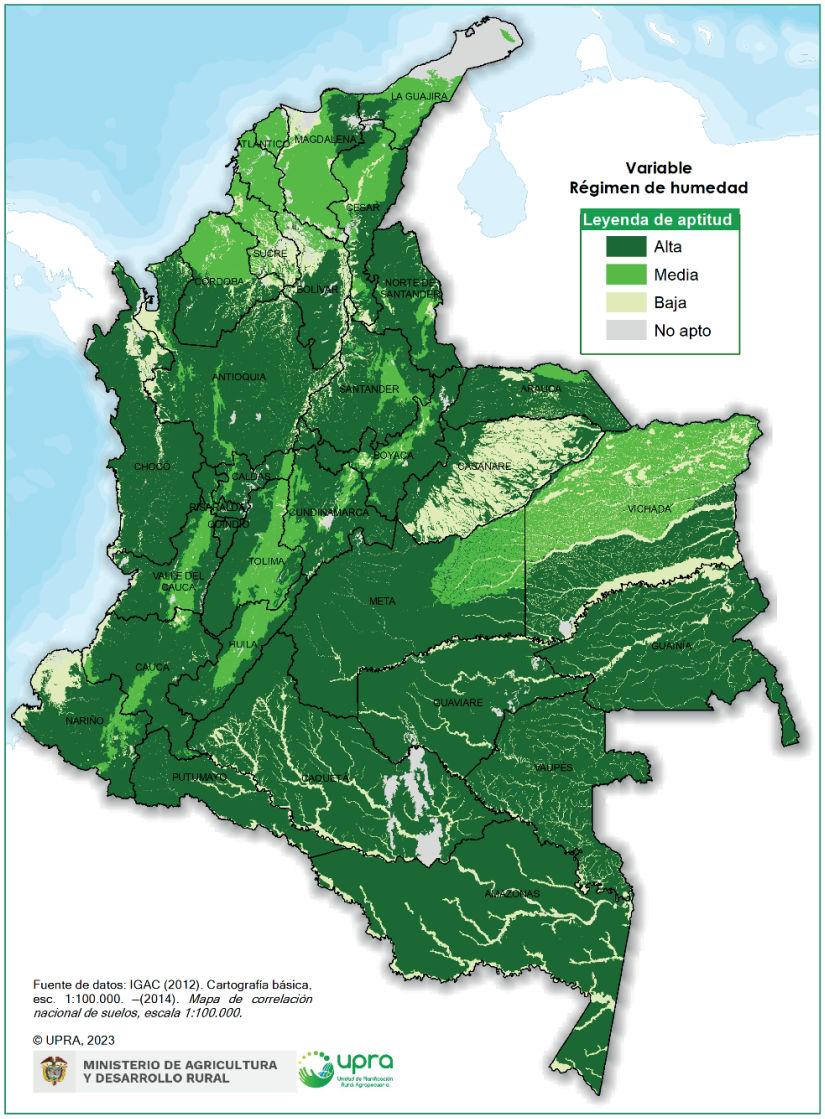
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO
Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de cultivos de plátano; los regímenes de humedad *údico* y *perúdico* son óptimos, ya que mantiene el suministro de agua la mayor parte del año; los regímenes muy secos o muy húmedos limitan en la mayoría de los casos, el normal desarrollo de las plantas de plátano. El régimen de humedad del suelo se relaciona con las características climáticas de la zona y, en muchos casos, con las clases texturales dominantes en el suelo, por tanto, se consideran un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
Se excluyen, como zonas no aptas (N1), los suelos con regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (*perácuico*) o por déficit (*arídico*).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan unidades cartográficas denominadas asociaciones (que tienen dos o más componentes taxonómicos); se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
El proceso de evaluación de la variable de régimen de humedad de los suelos se realizó a partir de la información de las unidades cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Teniendo en cuenta el aporte de humedad del suelo para los cultivos comerciales de plátano, se consideran los siguientes rangos de aptitud:

Clases de regímenes de humedad	Aptitud
Údico y perúdico	Alta (A1)
Ústico	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Perácuico y arídico	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- USDA y NRCS. (2022). *Keys to Soil Taxonomy*. EUA: USDA. Soil Survey Staff.

1.6.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad			
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clase textural		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica		
	Análisis jerárquico	√	
	Restricción legal		
	Condicionante legal		

DEFINICIÓN

Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la «tierra fina» del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La textura del suelo es una propiedad física que está estrechamente relacionada con otras como la capacidad de retener agua (las texturas finas retienen más agua que las gruesas), la permeabilidad y los índices de plasticidad. Se relaciona con la porosidad, donde el espacio entre partículas permite que se pueda retener y mover el oxígeno, favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo.

En la medida que los suelos presenten mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; los tamaños de partículas más gruesos, facilitan la permeabilidad, más no la retención.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No hay exclusión técnica (N1) en razón a que las diferentes clases texturales presentan una amplia gama de retención de humedad en las cuales el cultivo de plátano se puede desarrollar, pero con rendimientos diferenciales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta su calificación; esta se realiza sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico de mayor representatividad. Por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, pero no representados espacialmente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la textura de las unidades cartográficas de suelos fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Las clases texturales se presentan de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):

Arenosa (A)
Arenosa franca (AF)
Franco arenosa (FA)
Franca (F)
Franco limosa (FL)
Limosa (L)

Franco arcillo arenosa (FArA)
Franco arcillosa (FAr)
Franco arcillo limosa (FArL)
Arcillo arenosa (ArA)
Arcillo limosa (ArL)
Arcillosa (Ar)

Esta variable se califica con base en los requerimientos del cultivo de plátano consultados a productores y reportes de literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La asignación de los rangos radica en que, a mayor contenido de arcillas, el suelo tiene mayor capacidad de retener humedad, la cual servirá de reserva para los periodos en los que la lluvia disminuye. Las clases texturales que presentan aptitud alta (A1), tienen mayores contenidos de arcilla, los cuales favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias.

Las texturas con aptitud media (A2), tienen mayor contenido de partículas gruesas; por lo tanto, la retención de humedad se encuentra en un nivel intermedio. También, se incluyen los horizontes orgánicos en esta calificación debido a la alta capacidad que tiene la materia orgánica de retener humedad y los Oxisoles, Ultisoles y subgrupos Oxic, por tener la mayor parte de arcillas de baja retención.

Las clases texturales gruesas se determinaron con aptitud baja (A3), debido a que el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla, desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos de plátano. Se incluyen los Psamments por su alto contenido de arena.

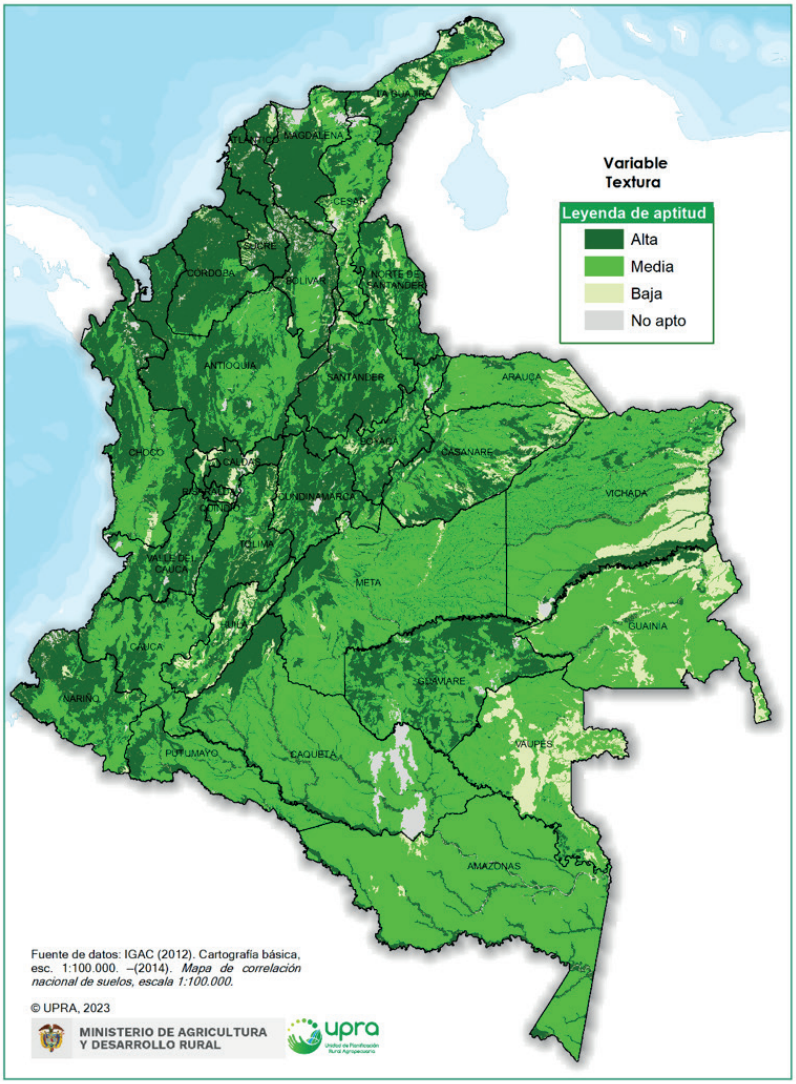
Rangos de aptitud

Textura (clases texturales)	Aptitud
Ar, ArA, ArL, F, FL, FAr, FArA, FArL	Alta (A1)
FA, L	Media (A2)
A, AF	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Malagón C., Dimas y Montenegro G., Hugo. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 101, 157 y 158.
- USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook No. 18. 639 p. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.7 Criterio *disponibilidad de oxígeno*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO: Disponibilidad de oxígeno			
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	√
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Susceptibilidad a inundaciones, expresada en fase cartográfica de inundabilidad.
- Drenaje natural, expresado en clases de drenaje natural.

DEFINICIÓN

Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros permiten la libre circulación del CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, determinando condiciones de vida aeróbicas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Incide en la producción de los cultivos comerciales de plátano, ya que indica el buen suministro de oxígeno en suelos bien drenados, así como el estrés generado por excesos de agua (anoxia), que afecta el metabolismo de la nutrición de las plantas.

La aireación del suelo permite el desarrollo de las raíces aeróbicas y, por ende, todas las funciones fisiológicas de las plantas que terminan con altas producciones de frutos.

Por otro lado, la tendencia de los terrenos planos a ser inundados y permanecer encharcados, puede llegar a afectar el desarrollo de las plantas de plátano, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo, se considera una intoxicación para las plantas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Para el cultivo de plátano se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), aquellas donde las inundaciones son muy largas y el drenaje natural es muy pobre.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

La falta de información de la periodicidad y duración de las inundaciones no permite precisión en la delimitación de las áreas no aptas para el cultivo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) y se dio la calificación que técnicamente se consideró a cada una de las variables:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Susceptibilidad a inundaciones	Clase por duración	No hay	Cortas	Largas	Muy largas
Drenaje natural	Clase de drenaje natural	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo, moderadamente excesivo	Pobre	Muy pobre

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para determinar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, ya que implica bajo desarrollo de las plantas y, en general, disminución de la producción.

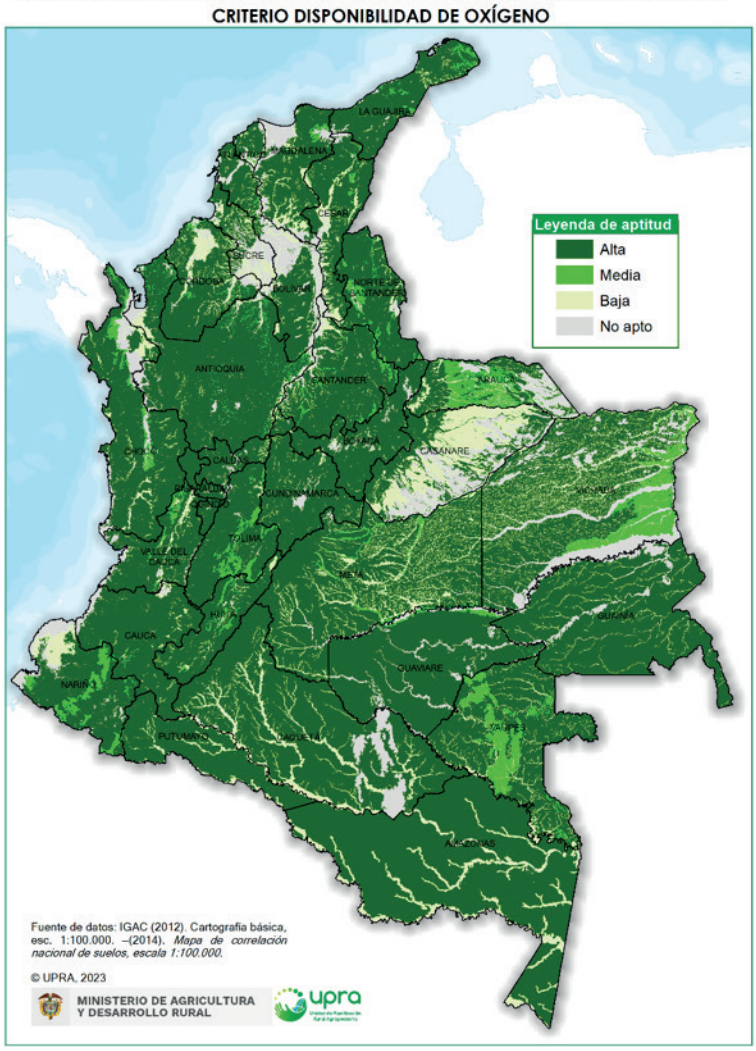
Árbol de decisión para el criterio

Drenaje natural	Inundaciones	Aptitud
Bueno, moderado	No hay	A1
	Cortas	A1
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Imperfecto, excesivo, moderadamente excesivo	No hay	A2
	Cortas	A2
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Pobre	No hay	A3
	Cortas	A3
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Muy pobre	Cualquiera	N1

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.7.1 Variable *susceptibilidad a inundaciones*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Susceptibilidad a inundaciones</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Fase cartográfica de inundabilidad</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012).</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Las inundaciones afectan el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales, más aún cuando duran largos periodos de tiempo. La tolerancia a las inundaciones y a los encharcamientos depende de cada especie vegetal.

El cultivo de plátano tolera encharcamientos e inundaciones por periodos muy cortos; en caso contrario, se presentan significativas pérdidas económicas, por retrasos en el crecimiento, pérdida de vigor, daños por enfermedades, pudriciones radiculares y hasta la muerte de las plantas.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), donde ocurren inundaciones muy largas, ya que se producen daños significativos e irreversibles en las plantas.</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), la fase por inundación o encharcamientos califica toda la unidad cartográfica de suelos, donde también se presentan áreas pequeñas que no son afectadas pero que no se pueden representar cartográficamente.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Se tomó como base la fase cartográfica por inundación y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

El IGAC (2010), clasifica las inundaciones y encharcamientos de acuerdo con la duración, de acuerdo con la siguiente tabla:

Clases por duración de las inundaciones o encharcamientos

<table>
<tr><th>Clase</th><th>Descripción</th></tr>
<tr><td>Extremadamente corta</td><td>Menor de un 1 día</td></tr>
<tr><td>Muy corta</td><td>De 1 a 2 días</td></tr>
<tr><td>Corta</td><td>De 2 a 7 días</td></tr>
<tr><td>Larga</td><td>De 7 a 30 días</td></tr>
<tr><td>Muy larga</td><td>De 30 a 90 días</td></tr>
<tr><td>Extremadamente larga</td><td>De 90 a 180 días</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La tabla se construye con las denominaciones que se encuentran en la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Las unidades cartográficas donde no se registra presencia de inundaciones tienen aptitud alta (A1), ya que el plátano no tolera el exceso de humedad (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989); las inundaciones cortas tienen aptitud media (A2), las largas (A3) y las muy largas (No aptas N1).

Rangos de aptitud

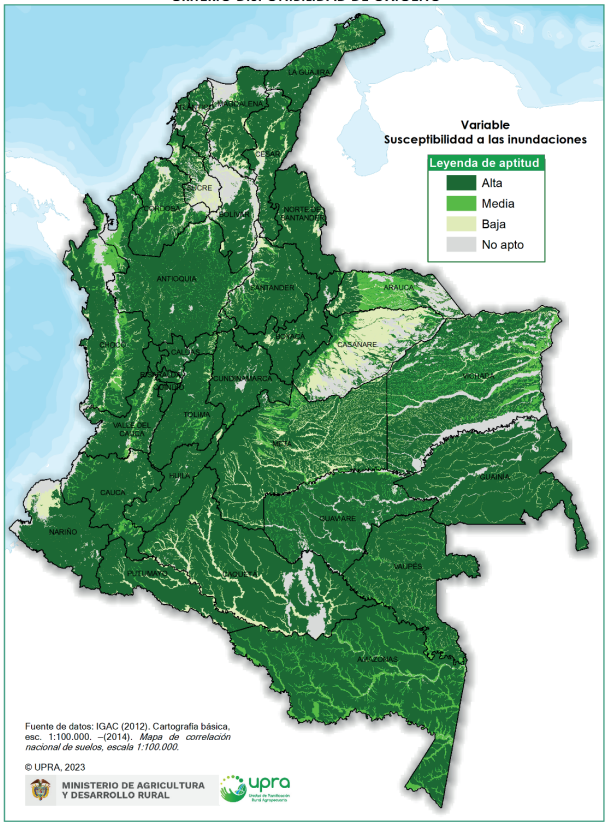
Inundaciones	Aptitud
No hay	Alta (A1)
Cortas	Media (A2)
Largas	Baja (A3)
Muy largas	No apto (N1)

Los rangos de aptitud de la variable están dados con base en diferentes consultas a cultivadores y reportes técnicos.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé. • IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra: WMO. p. 127.

1.7.2 Variable *drenaje natural*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico	SUBCOMPONENTE: Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: Drenaje natural	UNIDAD DE MEDIDA: Clase de drenaje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Rapidez y el grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
El drenaje natural combina los drenajes interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre la pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción, colores *gley*, también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984). Influye sobre la respuesta de las plantas de plátano a la presencia o ausencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de plátano no soportan suelos pobremente drenados.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Para el cultivo de plátano se consideran zonas no aptas (N1), aquellas donde el drenaje natural de los suelos es muy pobre, debido a la falta de oxígeno en la zona radicular.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones; por lo tanto, se califica el componente de mayor representatividad, lo que significa que algunos sectores que pueden ser favorables o desfavorables para el establecimiento del cultivo, pero no se pueden representar espacialmente.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Se realizó a partir de la información de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).		

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Debido a las exigencias de buen drenaje (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989; ICA, 1976), los suelos bien drenados y moderadamente drenados tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; los drenajes naturales imperfecto, excesivo y moderadamente excesivo, tienen aptitud media (A2), por requerir de algunas obras para optimizar el oxígeno disponible.

El drenaje natural pobre tiene aptitud baja (A3), por falta de oxígeno disponible; el drenaje muy pobre se considera no apto (N1) por deficiencias permanentes de oxígeno en la zona radicular para las plantas de plátano.

Rangos de aptitud

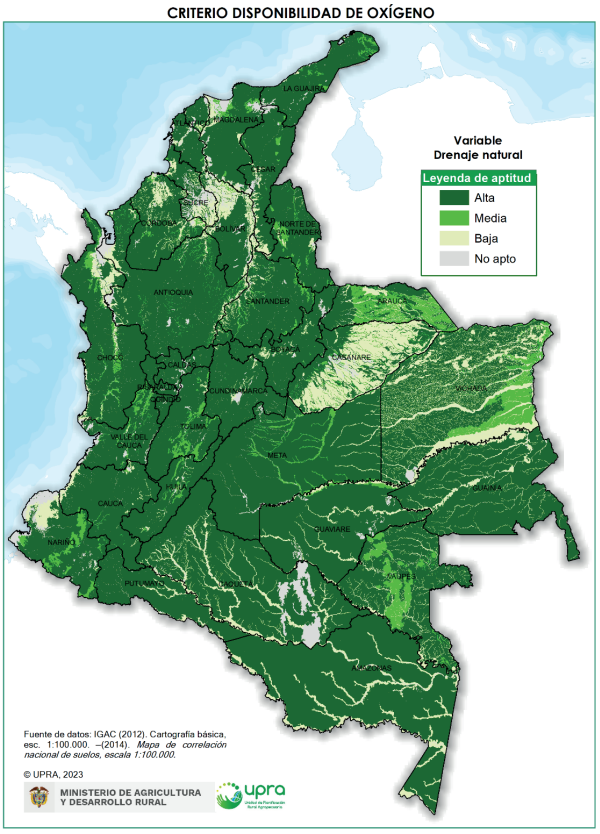
Drenaje natural	Aptitud
Bueno, moderado	Alta (A1)
Imperfecto, excesivo	Media (A2)
Pobre	Baja (A3)
Muy pobre	No apto (N1)

Los rangos de aptitud de la variable están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores y literatura relacionada.

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Cortés L., Abdón y Malagón C., Dimas. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: UJTL. • Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (1989). *Manual sobre el cultivo de plátano*. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. División Técnica. Cenicafé. • ICA. (1976). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Manual de asistencia técnica No. 50. Subgerencia de investigación. División producción cultivos. Sección frutícolas-plátano y banano. • IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook* no. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.8 Criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO: Susceptibilidad a la pérdida de suelos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado originando una disminución de la productividad (FAO, 1991, 1976).		
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Las variables asociadas al criterio no se califican en forma independiente para dar rangos de aptitud por separado, sino que se generan aptitudes por combinación entre ellas. • *Fases por grados de erosión*: desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961). • *Degradación de suelos por erosión*: Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). • *Pendiente*: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). • *Amenaza por movimientos en masa*: Peligro latente de movimientos en masa de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO		
Para el establecimiento de cultivos de plátano, lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque el movimiento de suelo que implica el cultivo, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica si la pendiente y la alta pluviosidad le favorecen. La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo cual redunda en el bajo crecimiento de los cultivos. Por otro lado, el desgaste de suelo genera sedimentos que afecta la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.		

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que la erosión actual tiene límites que se califican como no aptos (N1), en los grados severo y muy severo, ya que prácticamente no existe capa productiva y deben estar destinadas a la restauración ecológica. Igualmente, la combinación entre ellas, cuando la susceptibilidad a los movimientos en masa es muy alta, genera exclusiones técnicas.

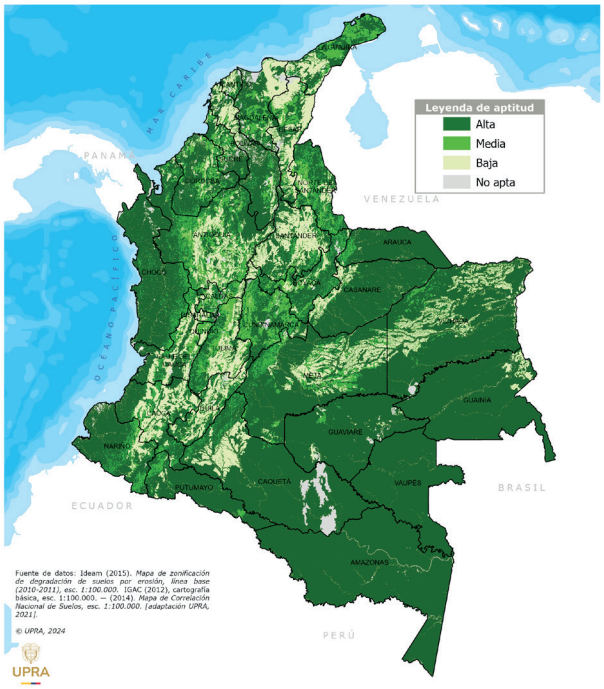
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Las variables de susceptibilidad a movimientos en masa y de degradación de suelos por erosión, consisten en polígonos que demarcan grandes áreas o regiones, por lo tanto, la representación cartográfica está regida por las fases cartográficas de erosión de suelos a escala 1:100.000, las cuales permiten mayor detalle en la delimitación de las áreas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se estableció a través de tres etapas: la primera consiste en generar, mediante un árbol de decisión, un mapa denominado erosión actual por la fusión de las fases de erosión y la susceptibilidad a la degradación de suelos por erosión; la segunda, es generar un mapa de susceptibilidad a las movimientos en masa, mediante un árbol de decisión entre la susceptibilidad relativa a movimientos en masa y el factor LS (inclinación y longitud de la ladera) y, finalmente la tercera, es la unión de los dos anteriores mapas mediante otro árbol de decisión en el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

Erosión actual		
Fases por erosión, correlación de suelos (IGAC)	**Degradación de suelos por erosión (Ideam)**	**Aptitud**
Sin evidencia	No hay, ligera	A1
	Moderada	A1
	Severa	A2
	Muy severa	A2
	No suelo	A1
Ligera	No hay, ligera	A1
	Moderada	A2
	Severa	A2
	Muy severa	A2
	No suelo	A2
Moderada	No hay, ligera	A3
	Moderada	A3
	Severa	A3
	Muy severa	A3
	No suelo	A3
Severa	Muy severa	A3
Muy severa	Cualquiera	N1
Misceláneo erosionado		A3



CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS
Variable erosión actual

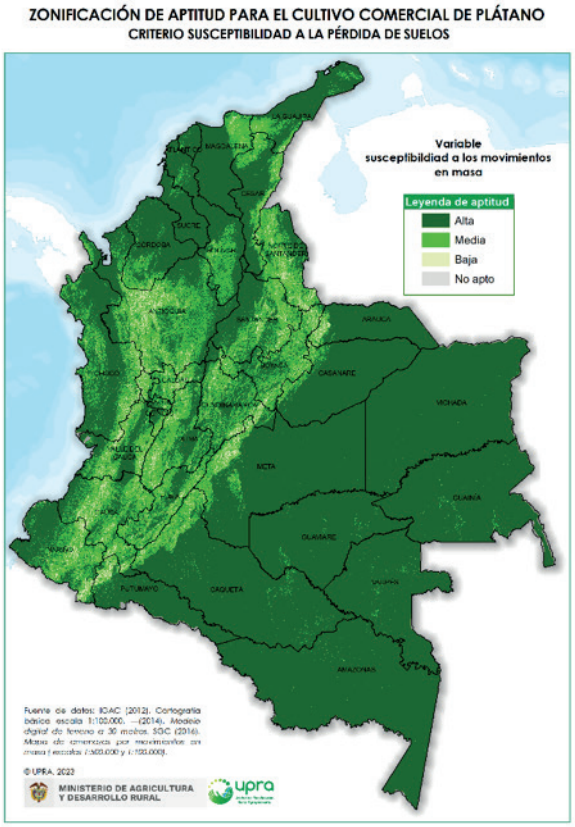
En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utiliza el factor LS con los siguientes rangos:

Cuando factor LS: < 5; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A1

Cuando factor LS: 5-10; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A2

Cuando factor LS: > 10; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A3

Susceptibilidad movimientos en masa		
Longitud e inclinación de la pendiente (factor LS)	Amenaza por movimientos en masa SGC	Aptitud
1	Baja, media	A1
	Alta	A1
	Muy alta	A1
2	Baja, media	A2
	Alta	A2
	Muy alta	A2
3	Baja, media	A2
	Alta	A3
	Muy alta	A3



Finalmente, se construye el mapa del criterio mediante el siguiente árbol de decisión:

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Erosión actual	Susceptibilidad movimientos en masa	Aptitud
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
A3	Cualquiera	A3
N1	Cualquiera	N1

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

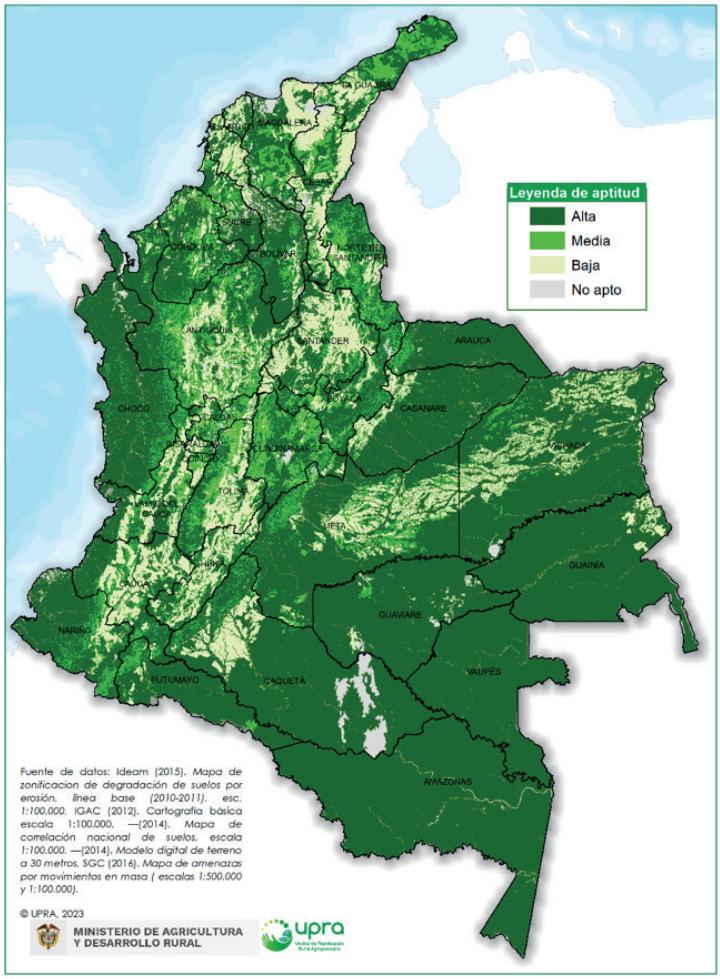
El argumento para diferenciar la aptitud radica en el efecto que cada uno de los rangos tiene en el favorecimiento a la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva. A continuación, se presenta los criterios cualitativos de calificación:

Criterio de calificación	Aptitud
Baja susceptibilidad a la pérdida de suelo, para los cultivos de plátano	Alta (A1)
Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de plátano	Media (A2)
Condiciones que presentan alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, para los cultivos de plátano	Baja (A3)
Restricciones por muy alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, que imposibilitan los cultivos de plátano	No apto (N1)

Unidad de análisis	Fases por erosión, unidades cartográficas de degradación de suelos por erosión, unidades cartográficas de susceptibilidad relativa a movimientos en masa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



FUENTES DE INFORMACIÓN
• FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es. • FAO. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. FAO Soils Bulletin 58. Rome, Italy. • Ideam. (2015). *Degradación de suelos por erosión*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*. Bogotá. • Servicio Geológico Colombiano. (SGC). (2016). Amenaza de movimientos en masa. Bogotá. • Soil Science Society of America. (2018). *Glosario de términos de ciencias del suelo*. Recuperado de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>. • USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook* No. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.9 Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Fitosanitario		
CRITERIO: Susceptibilidad fitosanitaria		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Temperatura asociada a sigatoka negra, expresada en °C. • Humedad relativa asociada a sigatoka negra, expresada en porcentaje (%). • Precipitación asociada a sigatoka negra, expresada en mm/año.		
DEFINICIÓN		
Las variables temperatura, humedad relativa y precipitación juegan un papel primordial en la aparición de la enfermedad denominada sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), que es una de las más limitantes para el desarrollo del cultivo de plátano.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
La sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es una enfermedad foliar destructiva y costosa en la producción de plátano, llegando a realizarse hasta 70 aplicaciones de fungicidas sintéticos por año (Augura, 2016). La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas; adicionalmente, infecciones severas causan la madurez prematura del fruto (CIAT, 2013). El ciclo de la enfermedad se relaciona directamente con las condiciones climáticas, la variedad cultivada y el manejo agronómico del cultivo; las zonas más afectadas por la Sigatoka negra se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80 % y temperatura promedio entre 23 y 28 °C (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citados por CIAT, 2013; Martínez et *al*., 2002; Mobambo, 1995; Torrado y Castaño-Zapata, 2008).		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Dentro del análisis para generar la cartografía no existen modelos epidemiológicos particulares (ecuaciones empíricas) que relacionen directamente las variables climáticas con la enfermedad.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El criterio se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables temperatura media anual, precipitación total anual y humedad relativa para el plátano, construidas a partir de las normales climatológicas 1981 y 2010 del Ideam.

Dentro del análisis se tuvo en cuenta la velocidad del viento (>7,9 m/seg) por ser un elemento que desfavorece al patógeno.

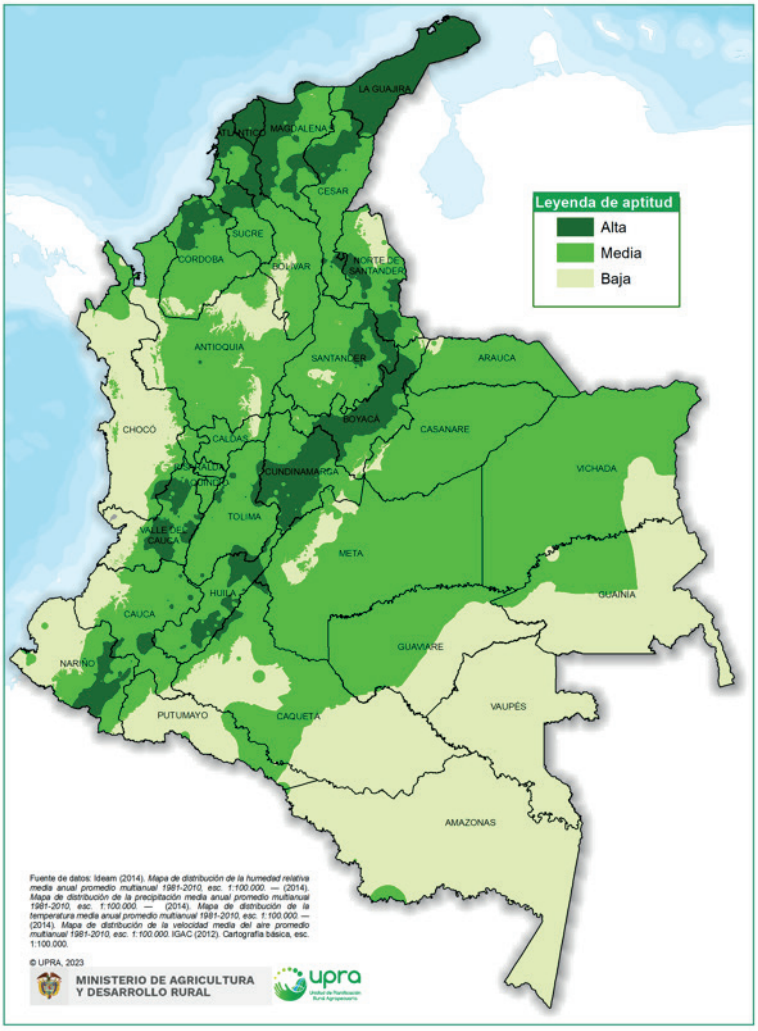
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud, con base en la comparación de rangos, a través de un árbol de decisión, así:

Precipitación (mm/año)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
A3	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A2
		A2	A3
		A3	A3
Cualquiera	Cualquiera	vmv >7,9 (m/seg)	A1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO HARTÓN
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Augura. (2016). Solución natural para la Sigatoka negra del plátano. Recuperado de: https://www.augura.com.co/diario-de-noticias/solucion-natural-para-la-sigatoka-negra-del-plátano/
- CIAT. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina. Cali.
- Ideam. (2014). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá.
- Ideam. (2014). Mapa distribución de humedad relativa (%), promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá.
- Ideam. (2014). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

1.9.1 Variable *temperatura media anual asociada a sigatoka negra*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Fitosanitario		
CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad fitosanitaria		
VARIABLE: Temperatura media anual asociada a sigatoka negra	UNIDAD DE MEDIDA: °C	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Relación entre la temperatura y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La sigatoka negra es una enfermedad foliar destructiva y costosa en la producción de plátano, que requiere hasta de 70 aplicaciones de fungicidas sintéticos por año (Augura, 2016). La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas; adicionalmente, infecciones severas causan la madurez prematura del fruto (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citado por CIAT, 2013).

La enfermedad se encuentra directamente influenciada por las condiciones climáticas, para este caso se hace referencia del efecto de la temperatura sobre el potencial de aparición, incidencia y severidad de *M. fijiensis*, en el cultivo de plátano; específicamente temperaturas promedio entre 23 a 28 °C favorecen la enfermedad (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Los valores asignados para la construcción de rangos de temperatura se realizaron según los requerimientos térmicos del plátano. No hay valores de temperatura que se califiquen como no apto (N1).

Temperatura (°C)	Aptitud
< 23 y > 28	Alta (A1)
23-25	Media (A2)
25-28	Baja (A3)

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Dentro del análisis para generar la cartografía, no existen modelos epidemiológicos particulares (ecuaciones empíricas) que relacionen la temperatura con la enfermedad en el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

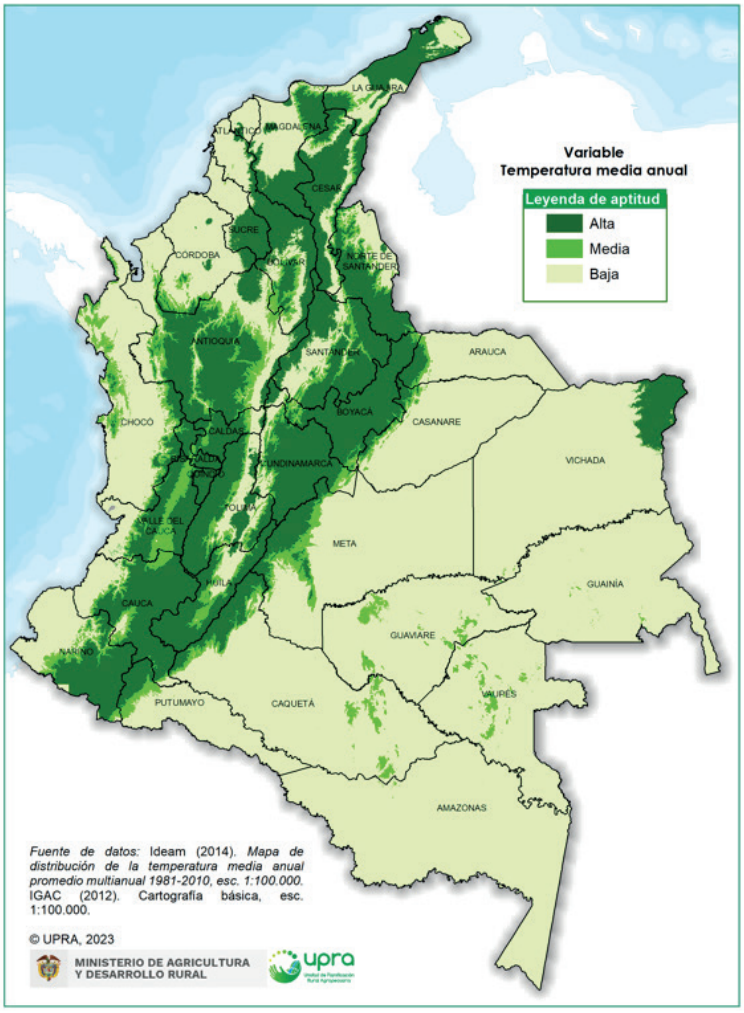
La información de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam, en 2017, a escala 1:100.000, basado en una serie histórica de 1981 al 2010.

Se realizó la delimitación a nivel espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO HARTÓN
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Augura. (2016). Solución natural para la Sigatoka negra del plátano. Recuperado de: https://www.augura.com.co/diario-de-noticias/solucion-natural-para-la-sigatoka-negra-del-plátano/
- CIAT. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina. Cali.
- Ideam. (2017). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá.
- Ideam. (2017). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.9.2 Variable *humedad relativa asociada a sigatoka negra*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Fitosanitario</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad fitosanitaria</td></tr>
<tr><td colspan="3">VARIABLE: Humedad relativa asociada a sigatoka negra</td><td>UNIDAD DE MEDIDA: %</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td colspan="2">Exclusión técnica</td><td>√</td></tr>
<tr><td colspan="2">Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td colspan="2">Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</td></tr>
<tr><td colspan="4">La sigatoka negra es una enfermedad foliar destructiva y costosa en la producción de plátano, que requiere hasta de 70 aplicaciones de fungicidas sintéticos por año (Augura, 2016). La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas; adicionalmente, infecciones severas causan la madurez prematura del fruto (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citado por CIAT, 2013).

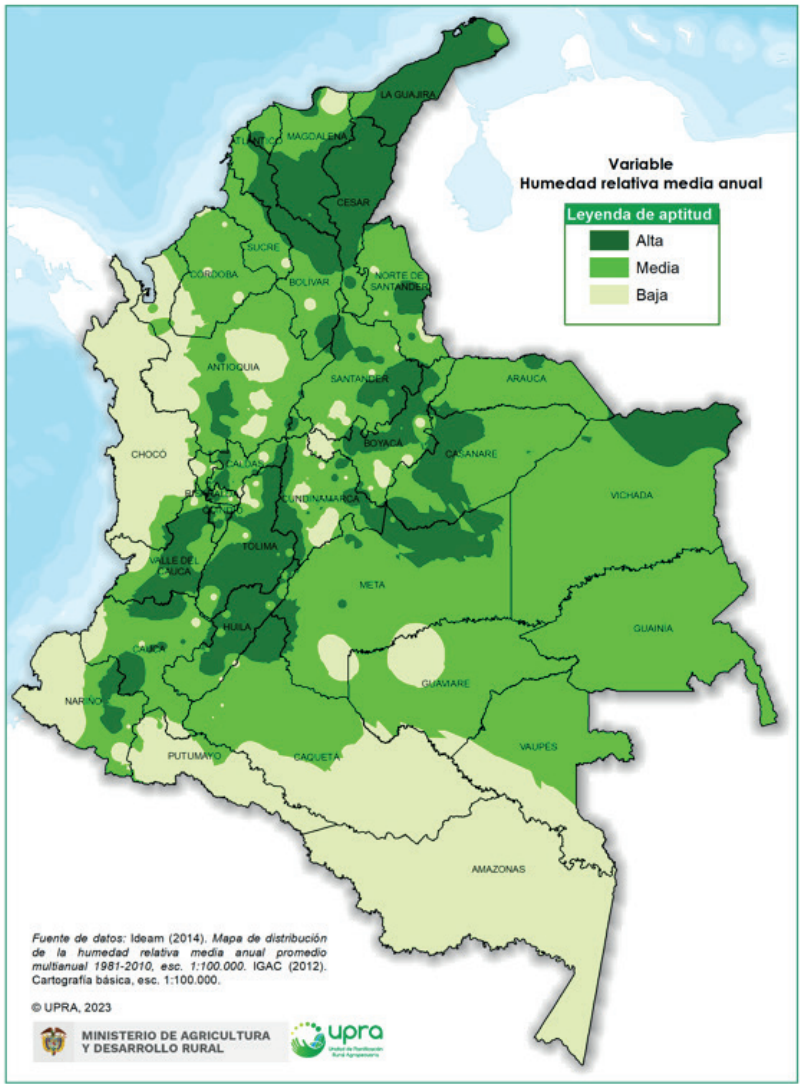
La enfermedad se encuentra directamente influenciada por las condiciones climáticas, para este caso se hace referencia del efecto de la humedad relativa sobre el potencial de aparición, incidencia y severidad de *M. fijiensis* en el cultivo de plátano; específicamente humedades relativas mayores al 80 % favorecen la enfermedad (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citado por CIAT, 2013; Martínez et *al*., 2002; Mobambo, 1995; Torrado y Castaño-Zapata, 2008).</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">Los rangos de evaluación de la variable humedad relativa asociada a la sigatoka negra son los siguientes:

<table>
<tr><th>Humedad relativa (% año)</th><th>Aptitud</th></tr>
<tr><td>< 80</td><td>Alta (A1)</td></tr>
<tr><td>80-85</td><td>Media (A2)</td></tr>
<tr><td>> 85</td><td>Baja (A3)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">Dentro del análisis para generar la cartografía, no existen modelos epidemiológicos particulares (ecuaciones empíricas) que relacionen directamente la humedad relativa con la enfermedad. Sin embargo, a mayor humedad relativa, es mayor el impacto de la enfermedad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Mapa de humedad relativa media anual elaborado por el Ideam en 2017, a escala 1:100.000, basado en una serie histórica de 1981 al 2010.

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Unidad de análisis</td><td colspan="2">Distribución de la humedad relativa</td></tr>
</table>

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO HARTÓN
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Augura. (2016). *Solución natural para la Sigatoka negra del plátano*. Recuperado de: https://www.augura.com.co/diario-de-noticias/solucion-natural-para-la-sigatoka-negra-del-plátano/
- CIAT. (2013). *Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina*. Cali.
- Ideam. (2014). *Mapa distribución de humedad relativa (%), promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá.
- IGAC. (2017). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

1.9.3 Variable precipitación total anual asociada a Sigatoka negra

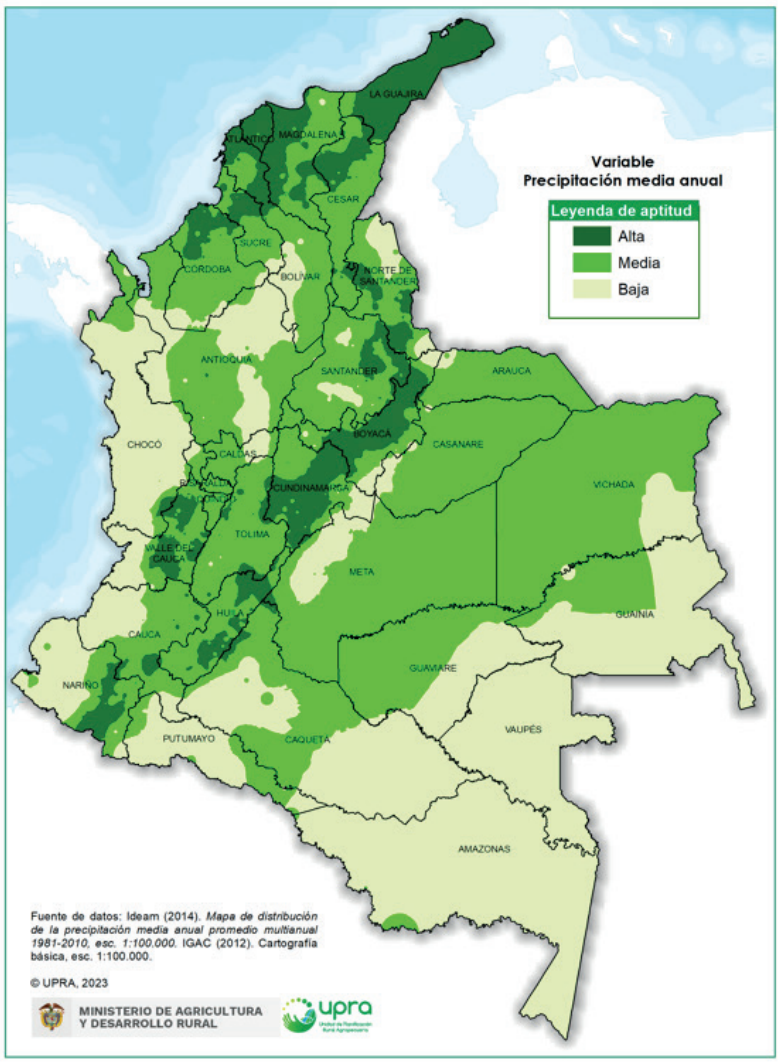
FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Fitosanitario		
CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad fitosanitaria		
VARIABLE: Precipitación total anual asociada a sigatoka negra	UNIDAD DE MEDIDA: mm/año	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Relación entre la cantidad de lluvia y el potencial de aparición, incidencia y severidad de la sigatoka negra en el cultivo de plátano.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
La sigatoka negra es una enfermedad foliar destructiva y costosa en la producción de plátano, que requiere hasta de 70 pulverizaciones fungicidas sintéticos por año (Augura, 2016). La enfermedad afecta el área foliar fotosintética de la planta y, en consecuencia, los racimos y los frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas; adicionalmente, infecciones severas causan la madurez prematura del fruto (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citado por CIAT, 2013). La enfermedad se encuentra directamente influenciada por la precipitación pluvial sobre el potencial de aparición, incidencia y severidad de *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo de plátano; específicamente precipitaciones mayores a 1.400 mm anuales favorecen la enfermedad (Fouré, 1994; Gauhl, 1994; Manzo-Sánchez et *al*., 2005, citado por CIAT, 2013; Martínez et *al*., 2002; Mobambo, 1995; Torrado y Castaño-Zapata, 2008).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Los valores asignados para la construcción de rangos de brillo solar se realizaron según los requerimientos de cada especie.		

Precipitación (mm/año)	Aptitud
< 1.400	Alta (A1)
1.400-3.000	Media (A2)
> 3.000	Baja (A3)

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE	
Dentro del análisis para generar la cartografía, no existen modelos epidemiológico particulares (ecuaciones empíricas) que relacionen directamente las variables ambientales con la enfermedad. No obstante, a mayor cantidad de lluvia, mayor es el impacto de la enfermedad.	
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	
La información utilizada de base para las unidades de precipitación toma del mapa de *isohietas* anuales elaborado por el Ideam (2017) a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 a 2010 Se realiza una delimitación espacial de la precipitación anual, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico. La actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.	
Unidad de análisis	Distribución de a precipitación total anual

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO HARTÓN
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Augura. (2016). Solución natural para la Sigatoka negra del plátano. Recuperado de: https://www.augura.com.co/diario-de-noticias/solucion-natural-para-la-sigatoka-negra-del-plátano/
- CIAT. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del Moko y Sigatoka negra en América Latina. Cali.
- Ideam. (2017). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá.
- Ideam. (2014). Tabla promedios multianuales de precipitación, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

2. Fichas metodológicas componente socioecosistémico

2.1 Criterio *apropiación de agua*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		

- Diferencia de uso consuntivo, expresada en Millones de m^3.
- Diferencia de uso del agua, expresada en Millones de m^3.

DEFINICIÓN

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y el agua lluvia, para satisfacer la demanda del cultivo de plátano, tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de las plantas.

Del agua captada por este cultivo, una parte queda contenida en la biomasa, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento de agua), y otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento, o por vía evapotranspiración de los cultivos.

Este requerimiento de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis, dependiendo de su oferta hídrica; en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia, luego desde el agua de drenaje superficial, e incluso desde el aporte de fuentes subterráneas y, en casos excepcionales, a partir de transvases desde cuencas circundantes. Así, entre mayor sea la demanda del cultivo de plátano, mayor será la cantidad de elementos involucrados para el suministro, y mayor será la competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis.

Este abastecimiento suple diferentes aspectos, como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción, hasta concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país.

Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (el cultivo de plátano por establecer) y la situación de un consumo real en cada subzona hidrográfica dada por las coberturas y usos establecidos, se plantea la disyuntiva acerca de la sostenibilidad hídrica del nuevo cultivo, bien por competencia frente a las demás coberturas y usos, o bien por el riesgo en el abastecimiento para dichos cultivos.

De acuerdo con el ENA (2019), el cultivo de plátano se encuentra dentro de los cinco principales que representan el mayor porcentaje de demanda hídrica, con un 26,2 % de la demanda hídrica de cultivos permanentes, asociada a 2399,3 Mm^3/año.

Debido a la falta de discriminación de la demanda hídrica del cultivo, se decidió calcularla considerando el uso consuntivo del cultivo de plátano y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de evapotranspiración de referencia (ETo) x subzona hidrográfica (SZH)) en el escenario de establecimiento del cultivo de plátano. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo, o si su establecimiento entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes a su interior.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Para la estimación del componente de diferencia de uso consuntivo se determinó el Kc de las coberturas actuales a través de imágenes *MODIS*, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad

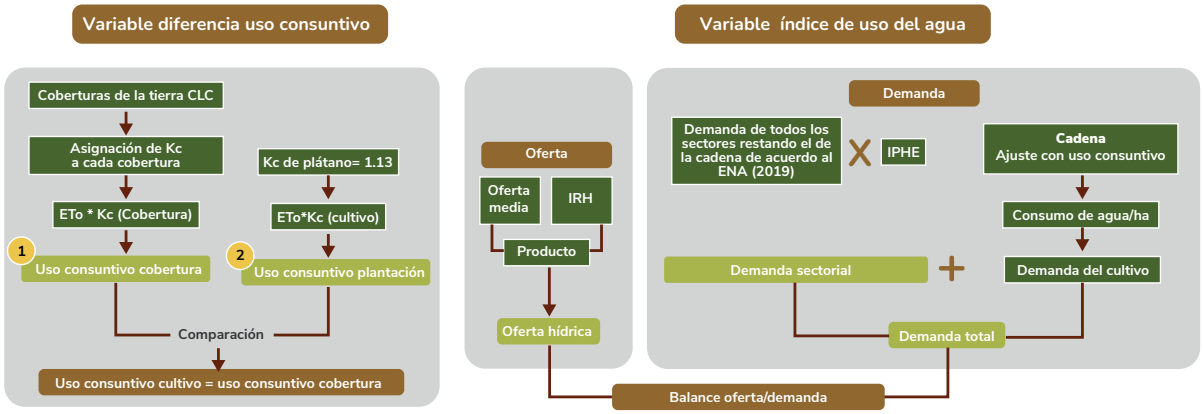
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la variable, se siguió la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua para el cultivo de plátano



Donde:

CLC: *Corine Land Cover*,

Kc: coeficiente del cultivo,

IRH: índice de regulación hídrica,

IPHE: índice de presión hídrica de los ecosistemas.

El criterio está compuesto por dos variables, la diferencia del uso consuntivo y el índice de uso del agua.

De acuerdo con el Ideam (2010) el uso consuntivo se refiere al requerimiento de agua para el arreglo de cultivos, para su cálculo se parte del valor de evapotranspiración y el coeficiente del cultivo (Kc); por lo tanto, la variable de la diferencia de uso consuntivo está referida a la comparación del Kc de las coberturas actuales multiplicado por la evapotranspiración de referencia y el Kc del potencial cultivo de plátano, a nivel del territorio nacional, multiplicado igualmente por la evapotranspiración de referencia.

De acuerdo con lo anterior, es posible realizar una comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y las de un cultivo de plátano. Si el dato de la relación es mayor a 0 es porque es mayor la evapotranspiración del cultivo de plátano que la de la cobertura actual, por lo cual es mejor continuar con la cobertura actual; si el dato de la relación es menor a 0 es porque es menor la evapotranspiración del cultivo en relación con la cobertura actual, por lo cual un cambio de la cobertura actual por este cultivo sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, donde la variación no es grande y las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

La diferencia de uso del agua es una relación entre la oferta y la demanda hídrica en una unidad como la subzona hidrográfica. Para esto se toma el dato de oferta media del Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2019), y se multiplica por el índice de regulación hídrica, para verificar si esa oferta está bien distribuida o no durante todo el año; con esto se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica. Por otra parte, con relación a la demanda, se toman los datos de la demanda sectorial del Ideam (2019) y se multiplican por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por los ecosistemas para su sostenibilidad.

Posteriormente, se adiciona la demanda hídrica del cultivo de plátano, teniendo en cuenta el Kc descrito en la variable de diferencia de uso consuntivo, llevando el dato de milímetros (mm) a litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas, y ajustando con el valor de área potencialmente apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura. Esta demanda se multiplica por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por los ecosistemas para su sostenibilidad. En general, la diferencia del uso del agua en este caso corresponderá a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

Finalmente, con los resultados del índice de uso del agua y la diferencia de uso consuntivo para el cultivo, se establece la aptitud del criterio apropiación de agua, para lo cual se utilizó un árbol de decisión que involucra estas dos variables, como se muestra a continuación:

Índice de uso de agua	Diferencia uso consuntivo	Aptitud del criterio
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3
A3	A1	A2
	A2	A3
	A3	A3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establece un valor que corresponde a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo.

La aptitud varía entre un máximo de aptitud alta (A1) en aquellos lugares de ETo x SZH donde exista agua disponible como para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo. El valor mínimo de aptitud baja (A3), establecido en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico, en los cuales el establecimiento del cultivo de plátano pueda generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: diferencia de uso consuntivo y diferencia de uso de agua por el cultivo.

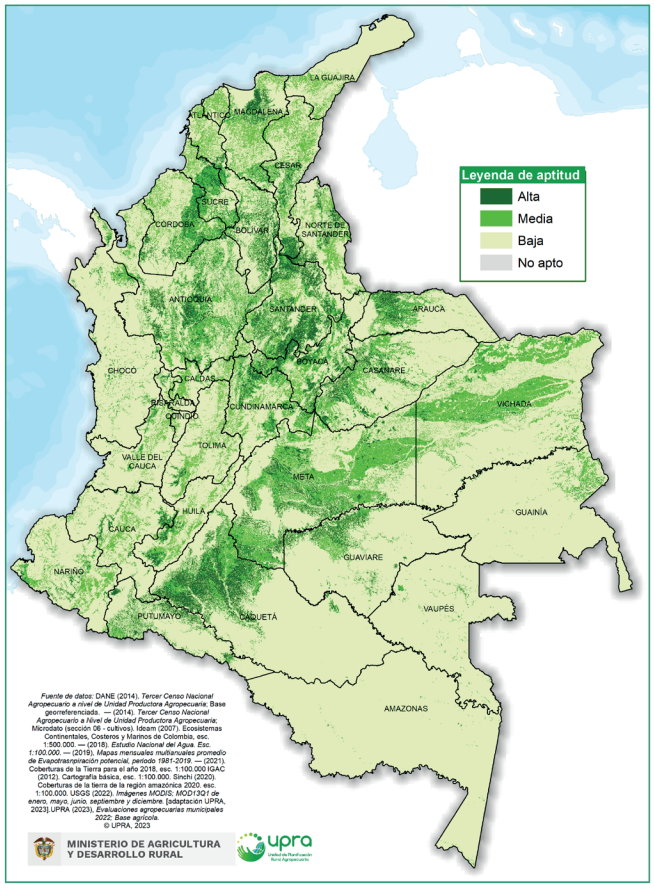
Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales, por tanto, estas áreas se mantienen en aptitud baja (A3).

Rango de variación de aptitud por apropiación de agua para el cultivo de plátano

Descripción	Rango de variación	Aptitud
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de plátano y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A1 A1A2 A2A1	Alta (A1)
Zonas con sostenibilidad hídrica moderada para el abastecimiento de la demanda del cultivo de plátano y los usos preexistentes. Puede implicar niveles moderados de riesgo hídrico para el cultivo, o presión moderada por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A3 A2A2 A3A1	Media (A2)
Zonas con sostenibilidad hídrica baja o nula para el abastecimiento de la demanda del cultivo de plátano y los usos preexistentes. Puede implicar niveles altos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión alta por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A2A3 A3A2 A3A3	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Ideam. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá: IGAC. • Ideam. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. 452 p. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

2.1.1 Variable diferencia de uso consuntivo

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso consuntivo	UNIDAD DE MEDIDA: Millones de m3	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
De acuerdo con el Ideam (2010), el uso consuntivo corresponde al requerimiento de agua neta para el establecimiento de un cultivo, partiendo del agua contenida en el suelo y que está disponible para la cobertura vegetal; es decir, para esta variable no se tiene en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos (UPRA, 2016). Según la FAO (2019), este uso consuntivo abarca la totalidad de agua requerida por un cultivo determinado para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde la siembra hasta la cosecha, en un régimen climático específico. Este uso consuntivo está calculado para otras coberturas vegetales, de acuerdo con la metodología de Cuesta *et al.* (2005). La variable analiza la relación entre el uso consuntivo del cultivo de plátano y las otras coberturas vegetales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
La FAO (2006) define la evapotranspiración como la relación entre la evaporación y la transpiración. La evaporación entendida como evaporación directa del agua del suelo y la transpiración asociada a la vaporización del agua contenida en los tejidos vegetales. El cálculo de la evapotranspiración propia de la cobertura y del cultivo de plátano, mediante la determinación del uso consuntivo, permite estimar el requerimiento de agua por parte de estas coberturas vegetales. La variable está referida a la comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y la evapotranspiración de un cultivo de plátano. Lo que se pretende evaluar es la sostenibilidad del territorio con relación a la evapotranspiración, si es mejor mantener las coberturas actuales o eventualmente, sería mejor tener un cultivo como el de plátano.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
En el análisis de esta variable, no se presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

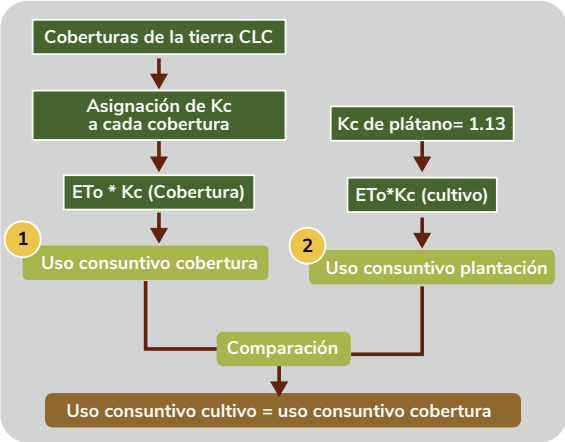
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La estimación del Kc de las coberturas actuales se realizó a través de imágenes *MODIS*, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El uso consuntivo se obtiene de acuerdo con el Ideam (2010), aplicando el enfoque del coeficiente del cultivo (Kc), el cual corresponde al coeficiente entre la evapotranspiración del cultivo (Etc) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETp) correspondiente a pasto (FAO, 2006). La ETp representa un indicador de la demanda climática y el Kc cambia en función de las características principales del cultivo o cobertura vegetal; por lo tanto, la evapotranspiración del cultivo se obtiene de la multiplicación del ETp y el Kc correspondiente (FAO, 2006).

Para el procesamiento de la variable, se siguió la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo para el cultivo de plátano



1. Uso consuntivo de la cobertura

Para el cálculo del uso consuntivo se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP), generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el Índice calórico (I), de acuerdo con el Método de Thornthwaite adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación de la UPRA.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0{,}53\left(\frac{10T}{I}\right)^{\propto}$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, medida en mm

T = temperatura média (°C)

I = índice calórico anual.

$$I = 12\left(\frac{T_{anual}}{5}\right) \times 1{,}514$$

$$\propto = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0{,}492$$

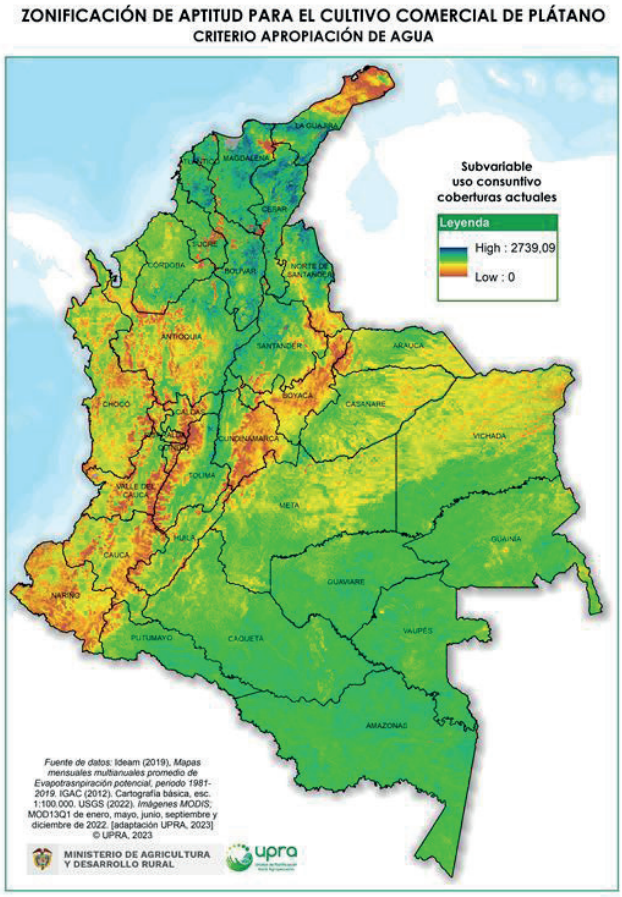
Los Kc de la cobertura actual se determinaron de acuerdo con la ecuación de Cuesta et *al.* (2005):

$$Kc = 1{,}5625 * NDVI - 0{,}05$$

El NDVI se define como el índice de vegetación de diferencia normalizado calculado mediante la expresión:

$$NDVI = (NIR\text{-}RED) / (NIR + RED)$$

Donde NIR corresponde a la banda 2 del infrarrojo cercano de *MODIS* y RED a la banda 1 del rojo en *MODIS*. Se elaboró un promedio de las imágenes *MODIS* del 2022, elaborando un mosaico para cada trimestre, a través de la selección de imágenes con menor presencia de nubes.



2. Uso consuntivo del cultivo.

Se calculó la evapotranspiración de referencia del cultivo (ETo), que representa el uso de agua para los procesos fisiológicos en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (Kc), de la siguiente forma:

$$ETo = Kc \times ETP$$

El valor de Kc para el cultivo de plátano se tomó de FAO (2006) correspondiente a 1,13.

El dato generado requirió una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática), a m3 de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas).

Así, para el cultivo de plátano se tiene que:

$$To = ETP \times (1{,}13) \times 10$$

Es importante señalar que las coberturas naturales se dejan en aptitud baja (A3), y no se realiza está diferencia de uso consuntivo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

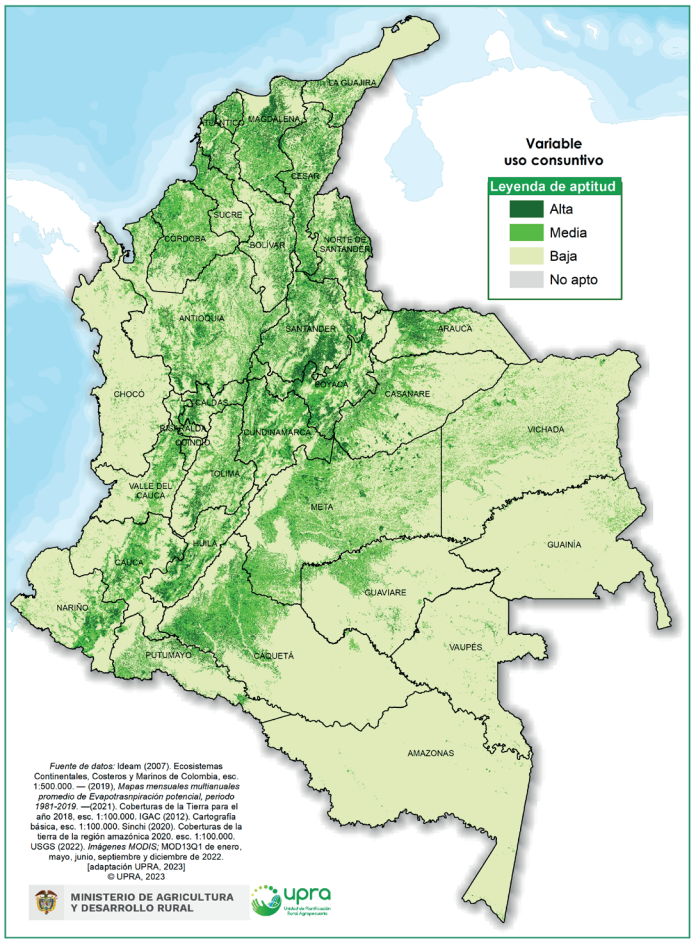
Aptitud por diferencia de uso consuntivo para el cultivo de plátano

Descripción	Rango ETo (Millones m3)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual. Uso consuntivo menor	< 41,29	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar a la cobertura actual. Uso consuntivo moderado	41,29-234	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo. Uso consuntivo alto	> 234	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Cuesta, A., Montoro, A., Jochum, A.M., López, P. y A. Calera. (2005). Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA (2005), Vol. 101 (3). 212-224 • IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • FAO. 2019. Aquastat web site. Recuperado de: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html • FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).

2.1.2 Variable *diferencia de uso del agua*

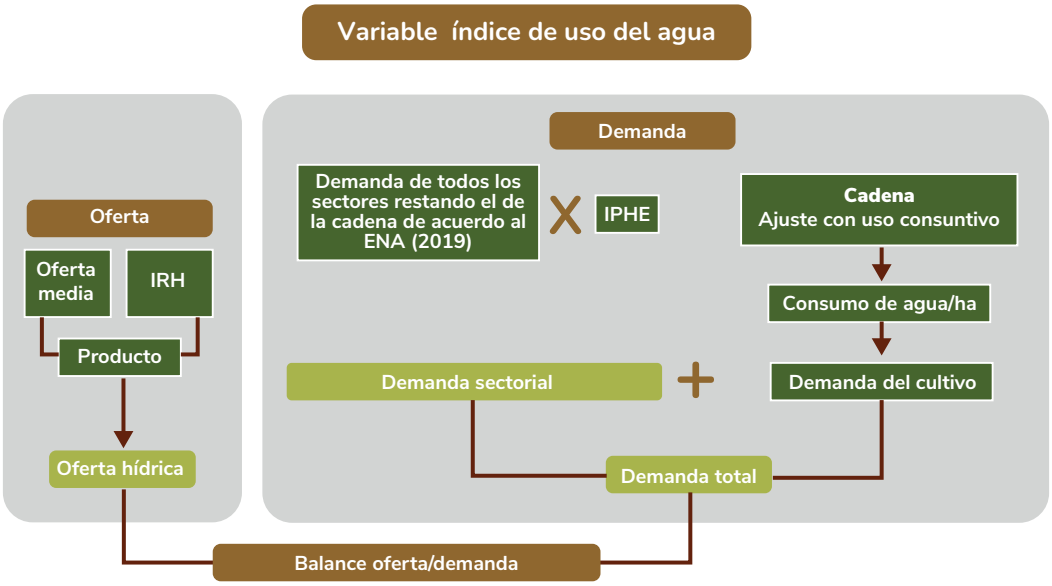
FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso del agua	UNIDAD DE MEDIDA: Millones de m^3	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda del cultivo de plátano, tanto para su crecimiento, como para el sustento del cultivo. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa área, o por vía evapotranspiración desde el cultivo.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de plátano. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo, o si el cultivo a establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes a su interior.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
En el análisis de esta variable, no se presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La estimación del consumo de agua de plátano se basa en el uso consuntivo y la aptitud potencial proveniente del criterio de cambio de cobertura, que se basa en la capa oficial de Coberturas de la tierra 2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los cambios que se hayan producido desde el 2018.

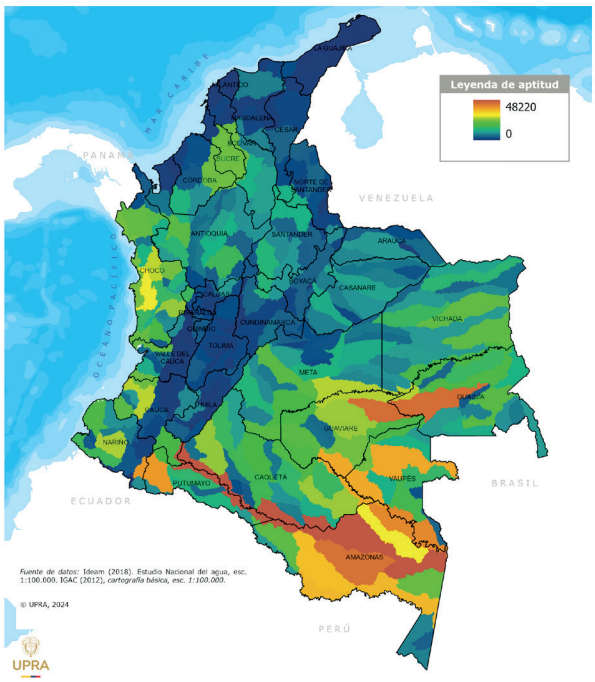
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la variable se presenta en el siguiente diagrama:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo para el cultivo de plátano



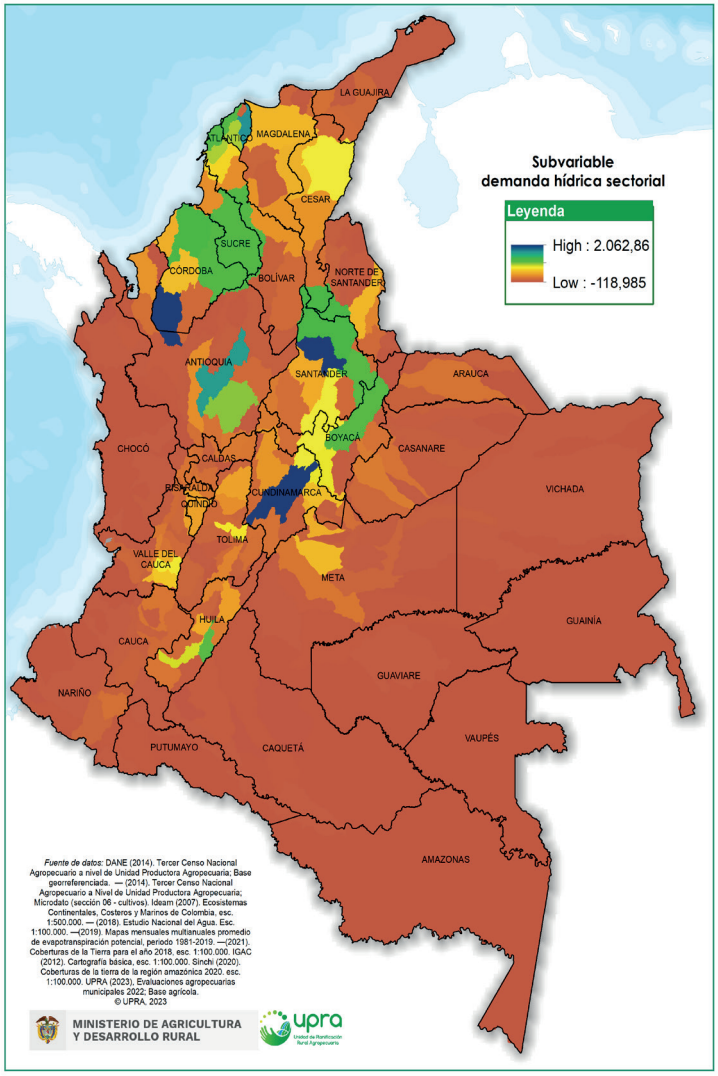
Para este cálculo, se partió de la información sobre oferta y demanda hídrica por subzonas hidrográficas del Estudio nacional del agua (Ideam, 2019). El procesamiento parte de identificar la oferta hídrica actual de cada subzona hidrográfica, que se multiplica por el índice de regulación hídrica (*IRH*) para verificar si está bien o no distribuida durante todo el año, con lo cual se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica.



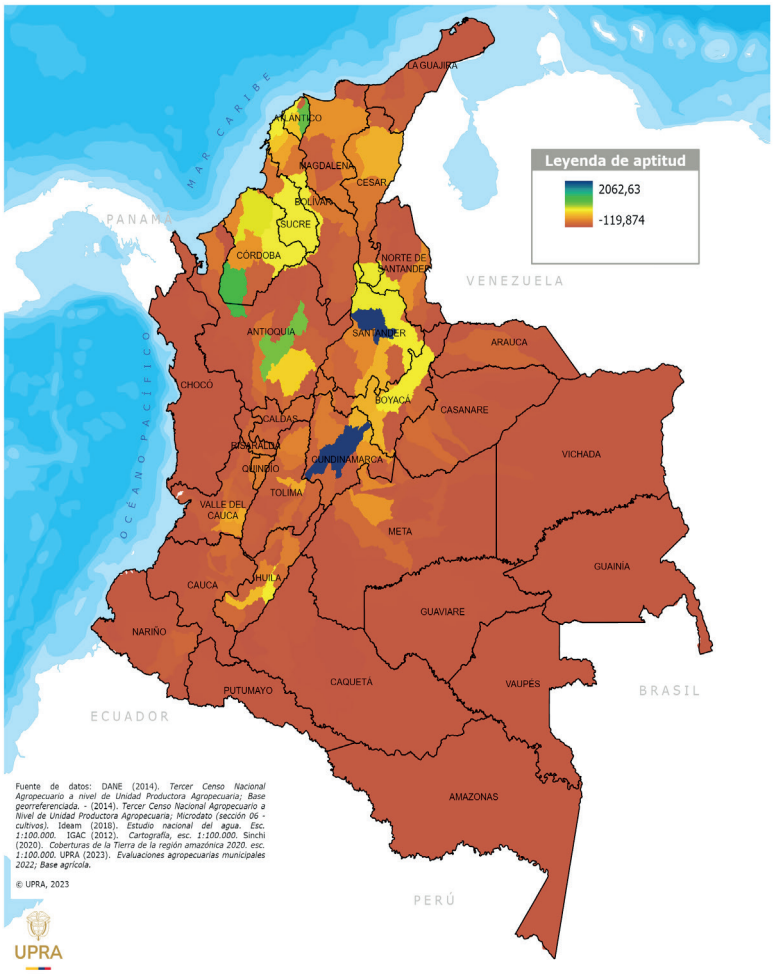
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA
Subvariable oferta hídrica

Por otra parte, con relación a la demanda se toman los datos de la demanda sectorial del ENA de 2018 (Ideam, 2019) y se multiplica por el índice de presión de los ecosistemas (*IPHE*), para considerar la demanda requerida por ellos para su sostenibilidad y se resta la demanda de agua de plátano reportada en el ENA de 2018, correspondiente a 2399,3 Mm3/año, valor que se reparte en las subzonas hidrográficas que presenten existencia del cultivo.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



Posteriormente, a esta demanda sectorial, se le incluye la demanda de agua del cultivo de plátano, calculada a partir del uso consuntivo del cultivo de plátano (Kc = 1,13) y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el cultivo, definida del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.



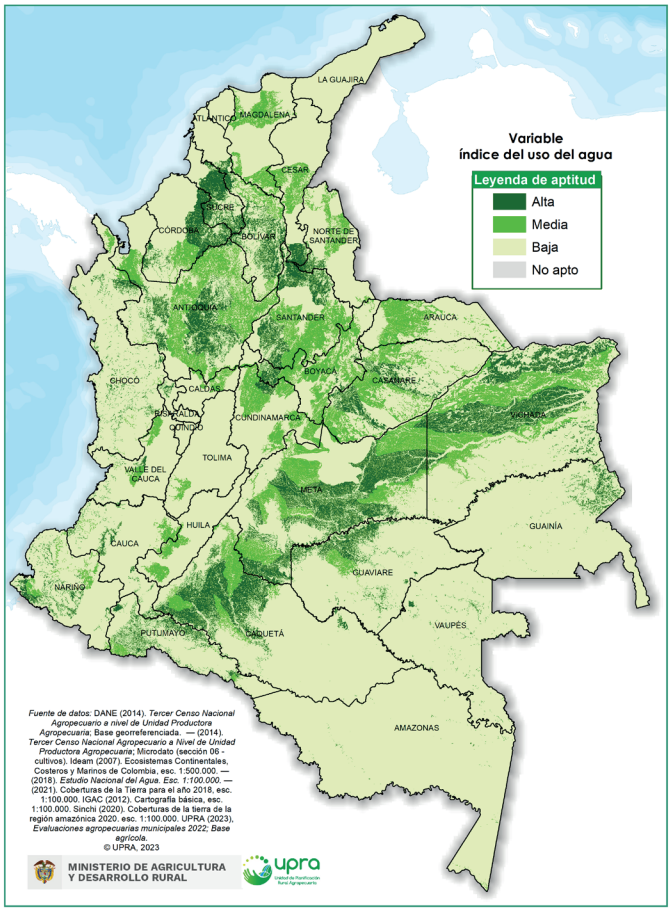
CRITERIO DE APROPIACIÓN DE AGUA
Subvariable de demanda hídrica

La diferencia de uso del agua corresponderá entonces a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD		
Aptitud por diferencia de uso de agua para el cultivo de plátano		
Descripción	**Diferencia de uso (Mm3)**	**Aptitud**
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de plátano.	< 2106	Alta (A1)
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de plátano.	2106-5978	Media (A2)
La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico, o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de plátano.	> 5978	Baja (A3)
Unidad de análisis	Subzonas hidrográficas	

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Ideam. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá. • Ideam. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogotá. 452 p. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

2.2 Criterio *integridad ecológica*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

El criterio se evalúa a través de las siguientes variables:

- *Fragmentación y conectividad*, evaluada a través de la medición de métricas de composición, heterogeneidad y conectividad espacial de las coberturas naturales, expresada como categoría de costo-distancia acumulada.

  Subvariables: Reclasificación de coberturas; métricas de fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales.

- *Índice de naturalidad (INAT)*, calculado como la proporción de superficie de coberturas naturales en cada polígono de unidad biogeográfica (varía entre 0-100 %).
- *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*.

  Subvariables: Áreas prioritarias para la conservación (APC); áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS) y áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas (AC).

DEFINICIÓN

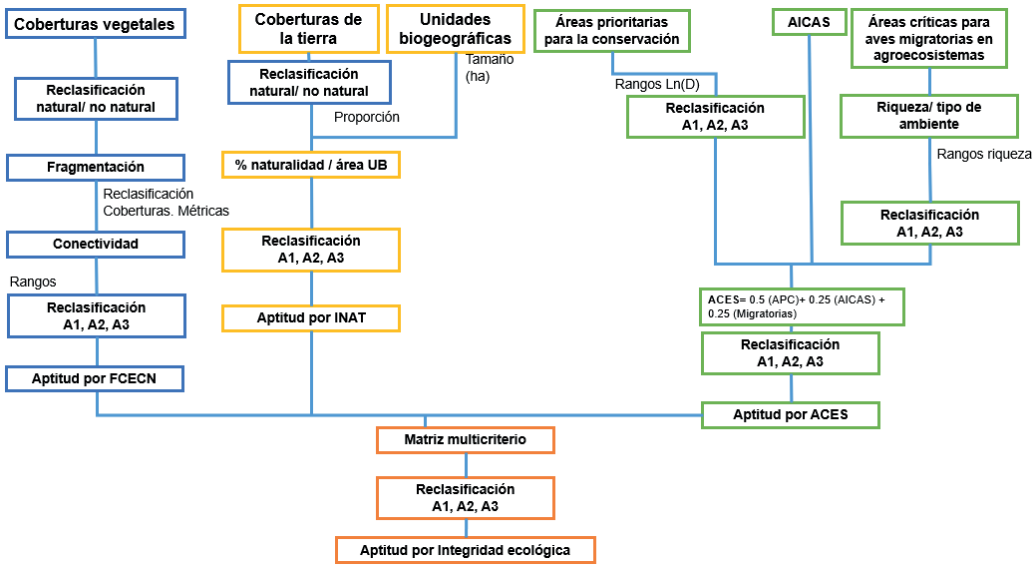
Capacidad del ecosistema, para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo (Ciontescu, 2012).

La integridad ecológica (IE) es un estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación, se define como la «habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Corcoran, 2005 y Ciontescu, 2012).

De acuerdo con esta definición, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO
La integridad ecológica aproxima el estado de conservación de un área determinada, permitiendo establecer el grado de salud de los ecosistemas o paisajes y, por lo tanto, su vocación como área de conservación, su orientación hacia la restauración, o, por el contrario, su aptitud hacia el establecimiento de cultivos de plátano. Su análisis es orientado a: • Proteger y restablecer la integridad de los sistemas ecológicos, con especial preocupación por la diversidad biológica y los procesos naturales que sustentan la vida. • Evitar el deterioro del territorio mediante el desarrollo de acciones ambientales sostenibles; cuando el conocimiento sea limitado, debe primar el principio de precaución. • Adoptar patrones de producción que salvaguarden la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los derechos humanos y el bienestar de las comunidades. • Promover la sostenibilidad ecológica. Para efectos de la zonificación, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre, garantizando su propia identidad ecosistémica y la prestación de los servicios ecosistémicos que lo definen. La integridad ecológica en los paisajes transformados refleja la salud ambiental (capacidad para amortiguar situaciones de alteración) y la sostenibilidad del territorio. Por lo tanto, está en relación directa con el mantenimiento de la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios que conforman la matriz rural, la cual alberga el potencial productivo de un territorio. También refleja una medida del nivel de precaución que debe adoptar el sistema productivo en respeto de lugares considerados estratégicos por su alto valor ecológico o de conservación (AVC). A través de la integridad ecológica, se contribuye en el logro de los compromisos asumidos por el sector agropecuario a través del decreto 2478 de 1999, el cual establece que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural debe «Armonizar y coordinar la formalización y adopción de la política de protección y uso productivo de los servicios ambientales, agua, suelo, captura de carbono y biodiversidad con el Ministerio del Medio Ambiente». Finalmente, el modelo parte de la premisa que la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de manera que aquella es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud se incrementa en lugares donde dicha integridad es reducida debido a la transformación del paisaje o ausencia de dichos AVC.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
La temporalidad de la información de *Corine Land Cover* asociada a las coberturas del periodo 2018 limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible. Adicionalmente, la información sobre biodiversidad usualmente cuenta con limitaciones relacionadas con la representatividad de los grupos taxonómicos y el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para las diferentes regiones del país.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
La integridad ecológica analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema (integridad espacial e integridad ecosistémica) (Vélez y Gómez, 2008), mediante la integración de las siguientes variables: • *Fragmentación y conectividad*: evaluada a través de la medición de métricas de composición, heterogeneidad y conectividad espacial de las coberturas naturales, expresada como categoría de costo-distancia acumulada (FCECN). • *Índice de naturalidad (INAT)*: calculado como la proporción de superficie de coberturas naturales en cada polígono de unidad biogeográfica (varía entre 0-100 %) • *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*. Para la evaluación del criterio se realiza el procesamiento independiente de cada una de sus tres variables, como se describe en las respectivas fichas metodológicas.

Esquema metodológico para la determinación de la aptitud del criterio integridad ecológica



Para la construcción del criterio, se realiza la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{IE} = \alpha A_{FCECN} + \beta A_{INAT} + \gamma A_{ACES}$$

En la que α,β y γ representan los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las tres variables, los cuales se determinan mediante el criterio de experto.

Para este proceso, los valores respectivamente son:

$\alpha=0{,}6175$

$\beta=0{,}2968$

$\gamma=0{,}0856$

Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se presentan en la siguiente tabla, empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software ArcGis:

Criterio	Categorías de aptitud			
	Alta(A1)	Media(A2)	Baja(A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	La actividad productiva irrumpe en baja medida, sobre la conectividad natural, espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. (> 2,13)	La actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo. (1,25-2,13)	Lugares en donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo. (< 1,25)	-

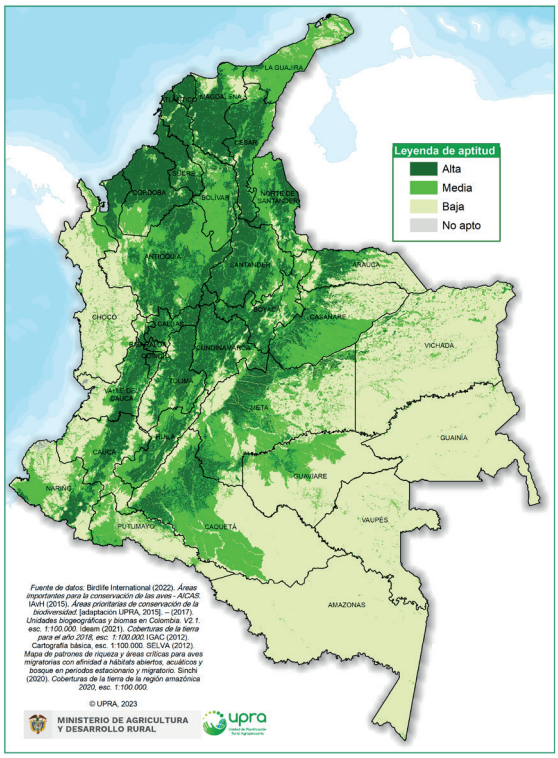
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Variables	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Fragmentación y conectividad	Categoría de fragmentación y conectividad	Conectividad baja. > 17.500 Mayor Número de parches Menor tamaño medio de los parches. Mayor dimensión fractal media del parche 1 Parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 0-17.500 Menor número de parches Moderado tamaño medio de los parches, Moderada dimensión fractal media del parche 2 Parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta. 0 Parches asociados a coberturas naturales. Mayor tamaño medio de los parches, Menor dimensión fractal media del parche 3. Parches largos con mayor complejidad de forma	-
Índice de naturalidad (INAT)	Índice de naturalidad (varía entre 0-100%)	Naturalidad muy baja-vital (0-5 %) Naturalidad baja-estratégica (5-30 %) Naturalidad moderada (30-50 %)	Naturalidad media-alta (50-75 %)	Naturalidad muy alta-protección (75-100 %)	-
Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Categorías de concentración de especies sensibles	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles. Áreas sin identificación o baja presencia de APC. Ausencia de AICAS. Áreas sin importancia para especies migratorias > 1,98	Zonas de baja densidad de especies sensibles. APC con alta presencia de especies sensibles. Ausencia de AICAS. Áreas de importancia moderada o alta para especies migratórias 1,62-1,98	Zonas de Moderada, alta y muy alta densidad de especies. APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. Presencia de AICAS Áreas de importancia muy alta para especies migratorias < 1,62	-

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- BirdLife International. (2022) *Important Bird and Biodiversity Area (IBA) digital boundaries: March 2022 version*. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Ciontescu, N. (2012). Instructivo metodológico para la evaluación de atributos e integridad ecológicos en áreas protegidas. ArcGIS-Fragstats. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Corcoran, P. (2005). «*La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra*». En: B. Mackey. La carta de la tierra en acción: hacia un mundo sostenible (p. 68-71). Amsterdam: KIT Publishers BV.
- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). «*Colombia*». En: C. Devenish, D. F.; Díaz Fernández, R. P.; Clay, I. Davidson e I. Yépez Zabala (Eds.). *Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation*. Quito: Birdlife International (Birdlife Conservation Series num. 16), pp. 135-148.
- IAvH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá, 72 p.
- Ideam. (2010). *Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*.
- Ideam. (2021). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100. 000. Bogotá: IGAC.
- Selva. (2012). «*Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*». *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y UPRA*. 165 p. Bogotá.
- Vélez Restrepo, L. y A. Gómez Sal. (2008). "*Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje*." Arbor CLXXXIV 729: 31-44

2.2.1 Variable *fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	UNIDAD DE MEDIDA: Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La heterogeneidad espacial del paisaje se analiza a partir de la conectividad y la fragmentación (McArthur y Wilson, 1967, Tischendorf y Fahrig, 2000; Correa, 2009), y requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) en el territorio que limiten o impriman mayor costo para el flujo de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos, fundamentales para el desarrollo de los sistemas productivos y la sostenibilidad del territorio, así como el grado de estabilidad geométrica y espacial que permita la permanencia de cada uno de los parches y corredores contenidos en las diferentes matrices del paisaje.

En todo paisaje cultural, los relictos de vegetación natural juegan un papel fundamental para la movilidad de la biodiversidad y la continuidad en prestación de los servicios ecosistémicos (que son la base ambiental que sustenta los procesos productivos). Por lo tanto, la variable parte del análisis tanto de la distancia entre fragmentos naturales funcionales, y las rutas con menor costo (resistencia/contraste) para el desplazamiento de la biodiversidad a través del paisaje, como del grado de estructuración y mantenimiento de cada uno de los fragmentos naturales o fragmentación.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en áreas de transición entre la matriz de parches transformados, los parches o fragmentos naturales mejor consolidados, la matriz de mayor conectividad de las coberturas naturales, permiten evaluar la aptitud para establecimiento de cultivos de plátano, siendo menor, cuando los resultados de las métricas de fragmentación nos arrojan mejor estabilidad estructural de los parches y mayores conectividades, puesto que los cultivos de plátano pueden aumentar la matriz de áreas transformadas y afectar la continuidad de los procesos naturales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental, mediante la favorabilidad del hábitat para el desplazamiento de la biodiversidad, mantenimiento de poblaciones tanto animales como vegetales, flujos viables e información necesaria para el funcionamiento natural de la cual dependen en gran medida los servicios ecosistémicos que sostienen los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

En el análisis de esta variable, no se presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Al basarse en la capa de coberturas de la tierra 2018, a escala 1:100.000 la información puede contener cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función a la escala cartográfica general.

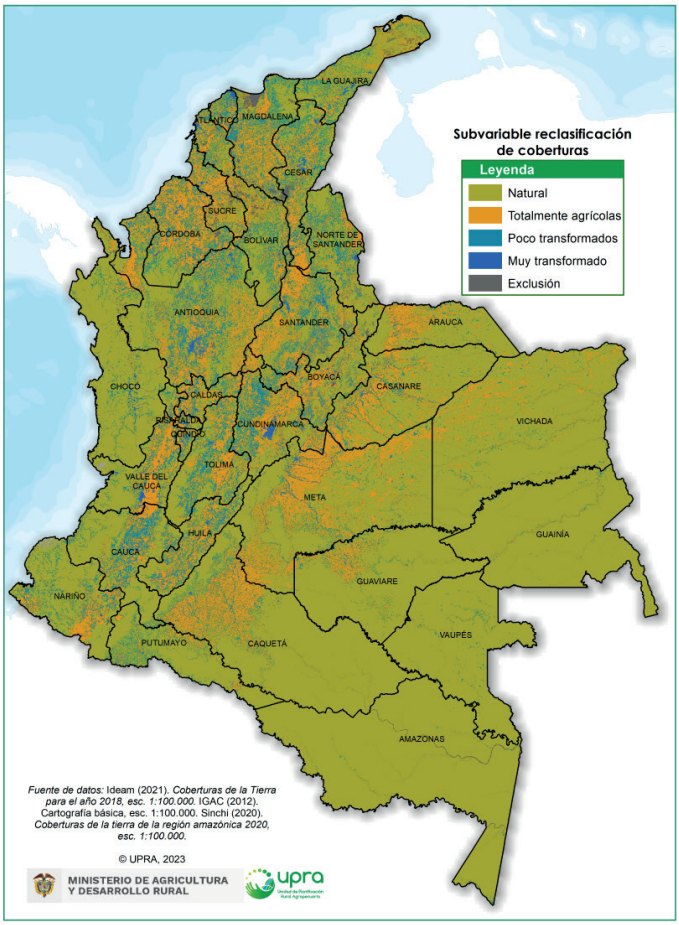
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de esta variable, se partió de la realización de una reclasificación de las categorías de cobertura *Corine Land Cover* del mapa de coberturas de la tierra generado por el Ideam (2021). Esta reclasificación se hace necesaria para poder obtener precisión sobre el grado de artificialización de las coberturas y así reconocer el probable impacto positivo o negativo que puedan tener los cultivos de plátano sobre los diferentes ecosistemas, sean naturales o artificiales existentes en el país. De esta manera, se reclasificaron las coberturas para obtener los grupos de coberturas que se muestran a continuación:

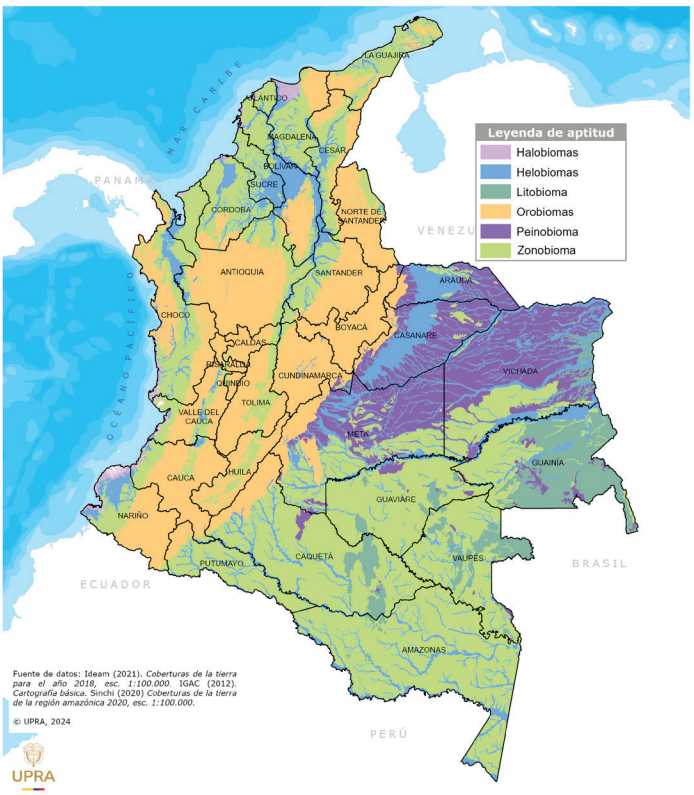
- Ecosistemas naturales
- Poco transformados
- Totalmente agrícolas
- Muy transformados.

A partir de esta reclasificación, se obtuvo la siguiente cartografía:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



Adicionalmente, se realizó para cada grupo, una segmentación en relación con los biomas, para evitar alteración de las métricas de fragmentación.



CRITERIO DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Subvariable de biomas

Sobre cada segmento se calcularon las diferentes métricas del paisaje con la ayuda del *software* Patc Analyst y ArcGis. Las métricas evaluadas corresponden a dos grupos: índices descriptores de la geometría espacial de los parches (tamaño medio de parches y número de parches) y métricas de forma o índices de forma (dimensión fractal y complejidad de forma).

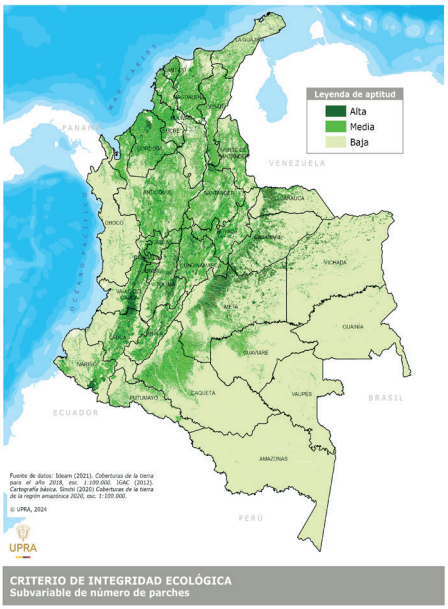
Los *índices descriptores* generan información relevante sobre el tamaño y la cantidad de parches (considerando como parche cada uno de los polígonos de cada una de las diferentes coberturas reclasificadas), de esta manera, mediante este cálculo se puede deducir que cuando una categoría determinada de cobertura posee pocos parches y parches de una extensión importante, este tipo de cobertura presenta menos fragmentación y viceversa.

Por otro lado, con la medición de los *índices de forma* basados en geometría de fractales (dimensión fractal y complejidad de forma), se puede establecer el grado de mantenimiento y consolidación geométrica de los parches frente a la probabilidad de ruptura o fragmentación de estos. La *dimensión fractal* a partir de una relación área/perímetro, indica que tan probable es que un determinado parche pueda fraccionarse, siendo los valores cercanos a 1 los de mayor estabilidad geométrica (formas circulares o cuadradas) y los valores que más se alejen de 1 son parches de menor estabilidad geométrica los cuales por lo general presentan cada vez más formas ameboides, formas que muestran gran probabilidad de partición o fragmentación.

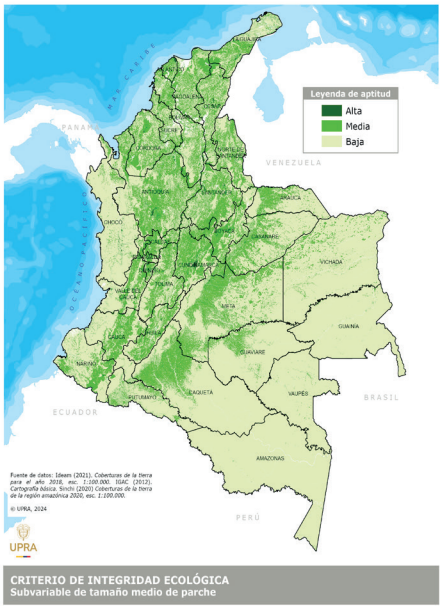
El otro índice calculado, *complejidad de forma*, muestra similares resultados a la *dimensión fractal*, diferenciándose en que este genera una relación entre la forma de cada uno de los parches frente al total de la clase (suma de todos los polígonos) de cada una de las coberturas reclasificadas.

A continuación, se presentan los diferentes mapas de cada uno de los índices calculados:

Índices descriptores

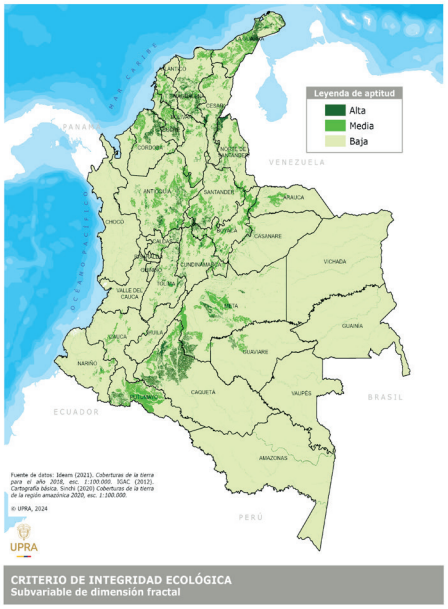


Número de parches

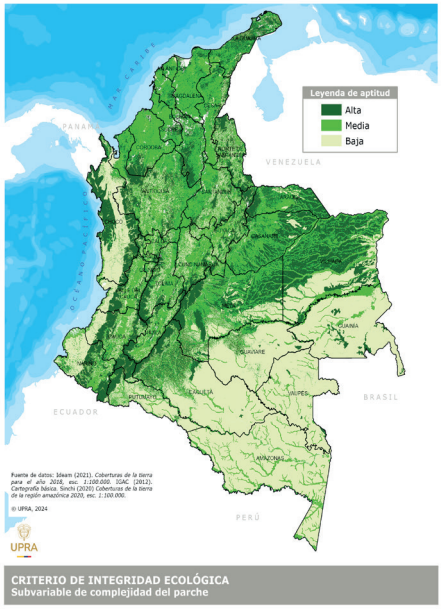


Tamaño medio del parche

Índices de forma



Dimensión fractal



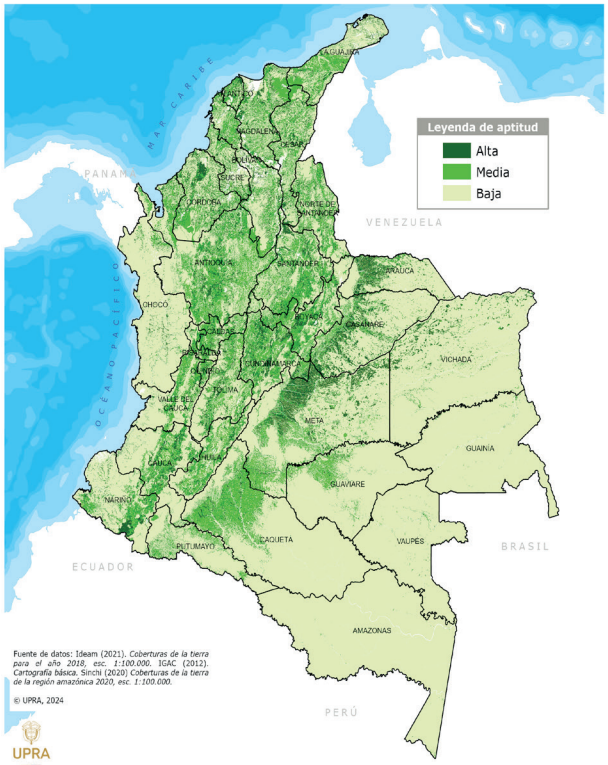
Complejidad de forma

Tanto los índices descriptores como los de forma se fusionaron en un solo mapa para obtener un mapa de índices descriptores y un mapa de índices de forma, respectivamente, a través de la aplicación de árboles de decisión, como se observa a continuación:

Índices descriptores

Tamaño medio	Número de parches	índices descriptores
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A2
A3	A1	A3
A3	A2	A3
A3	A3	A3

A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvo el siguiente mapa para este grupo de índices:

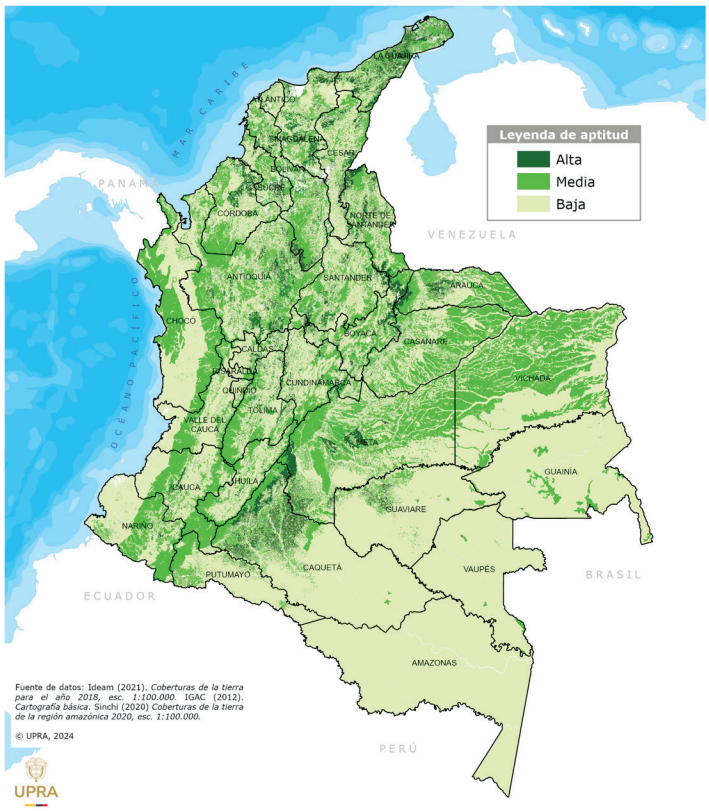


CRITERIO DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Subvariable de índices de descriptores

Índices de forma

Dimensión Fractal	Complejidad de forma	índices de forma
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A3
A3	A3	A3

A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvieron los siguientes mapas para el grupo de índices de forma:



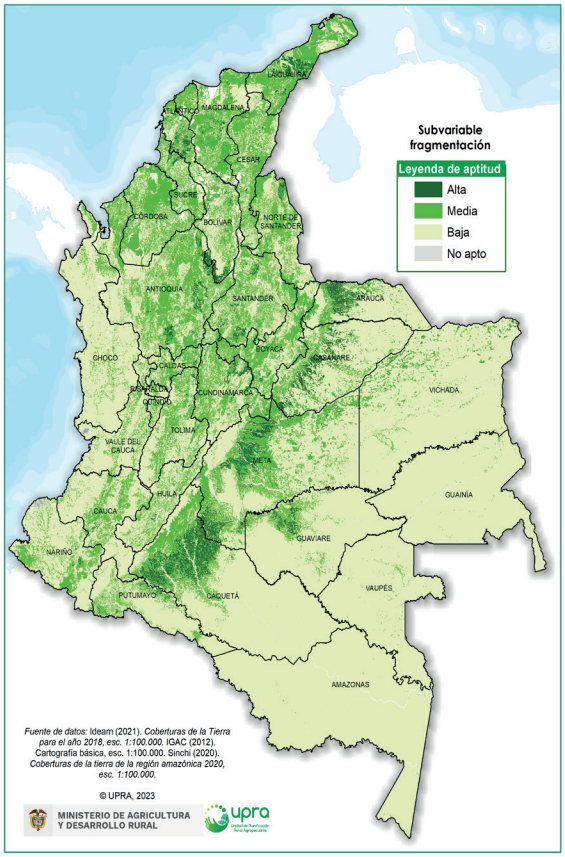
CRITERIO DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Subvariable de índices de forma

A partir de los mapas construidos (índices de forma y descriptivos), y bajo la aplicación de un árbol de decisión se unieron para así obtener el mapa de la subvariable fragmentación, como se aprecia a continuación.

Índices descriptores	Índices forma	Fragmentación
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A2
A3	A3	A3

Mapa de la subvariable fragmentación

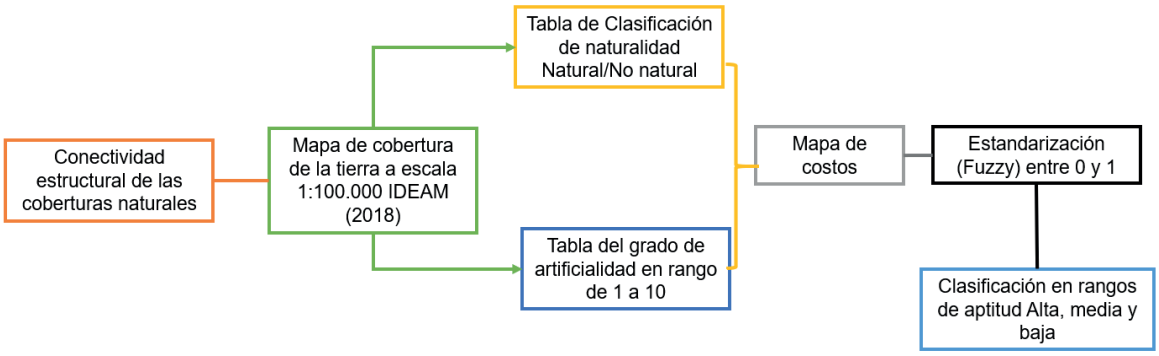
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



La otra subvariable estudiada para la conformación de la variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN), del criterio de integridad ecológica, corresponde a la conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), la cual permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

Para dicho análisis, se parte del mapa de coberturas de la tierra, adaptada para Colombia (Ideam, 2010). Adicionalmente, se identifican las coberturas no naturales y el grado de artificialidad, a partir del cual se definen los pesos de resistencia de paso, a partir de esto se determina el costo de desplazamiento de las especies haciendo uso de la herramienta costes del programa ArcGis.

Esquema metodológico de la variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)



Para establecer las calificaciones de artificialidad en la tabla se consideraron:

- Áreas que representan un alto costo para la conectividad de las estructuras de las coberturas naturales como los territorios artificializados, la calificación es 10.
- La resistencia de las coberturas se califica conforme a un modelo de resistencia, que de acuerdo con Correa (2009), describe los parámetros que confieren mayor o menor movilidad a las especies o los servicios ecosistémicos a través de la matriz del paisaje. Por lo tanto, áreas que corresponden a la misma cobertura existente, o con un área de bosques o coberturas naturales en la que el costo sea menor, le corresponde una calificación de 1.
- En las áreas con actividades agropecuarias, la calificación se hace respecto al impacto que puede tener el desarrollo de estas actividades en los procesos de conectividad; la calificación puede variar entre 2 y 9.
- Se consideraron las áreas húmedas y los cuerpos de agua con un costo moderado para la conectividad, ya que estas permiten la relación de las distintas especies.

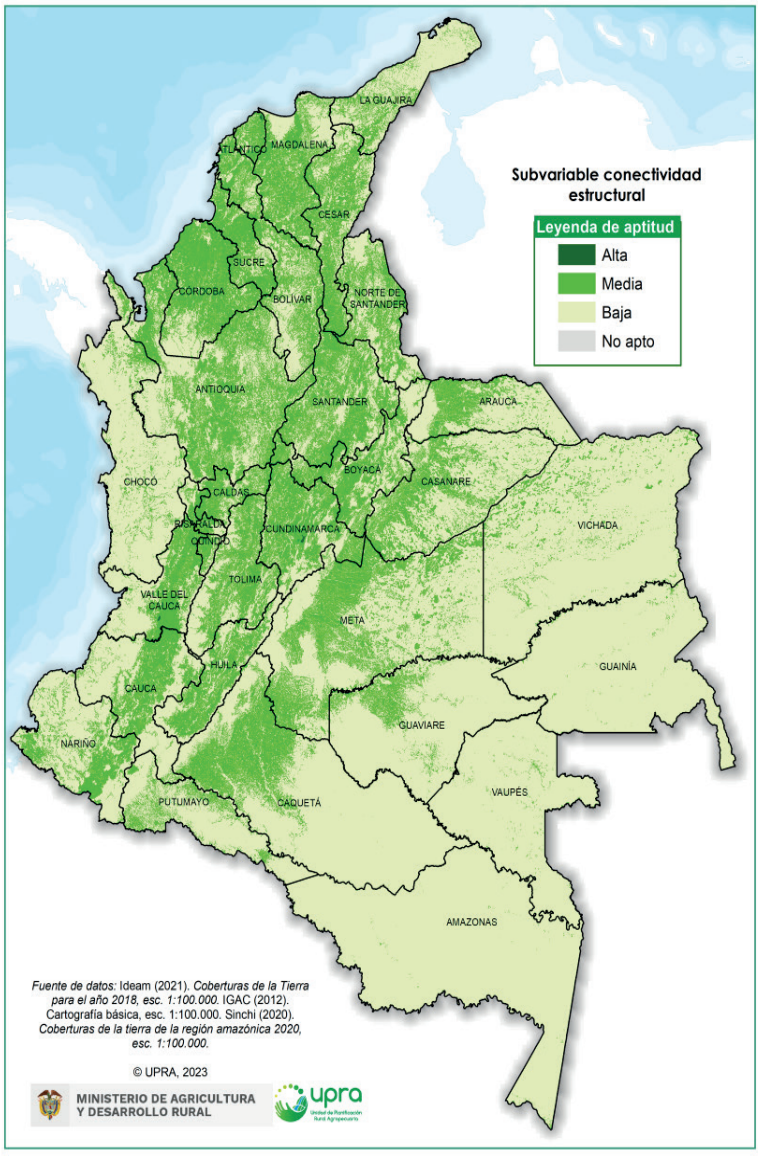
Calificación de costos para el criterio conectividad estructural

Calificación	
Artificialidad alta	10
Artificialidad media	9
Artificialidad baja	8
Semi-artificial alto	7
Semi-artificial medio	6
Semi-artificial bajo	5
Sin artificialidad bajo	4
Sin artificialidad medio	3
Sin artificialidad alto	2
Natural	1

Fuente: UPRA (2018).

Identificadas las coberturas naturales del territorio, con la calificación de la artificialidad, se realizó el mapa de costo de distancia a través del análisis de sistema de información geográfica SIG. Así, de forma general, la conectividad media, para este ejercicio, tendrá la mayor aptitud, conectividad baja aptitud media, y a una alta conectividad una menor aptitud.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



Por último, se integraron las subvariables fragmentación y conectividad, a través del siguiente árbol de decisión.

Aptitud fragmentación	Aptitud conectividad	Aptitud variable
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A2
A3	A1	A2
A3	A2	A2
A3	A3	A3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

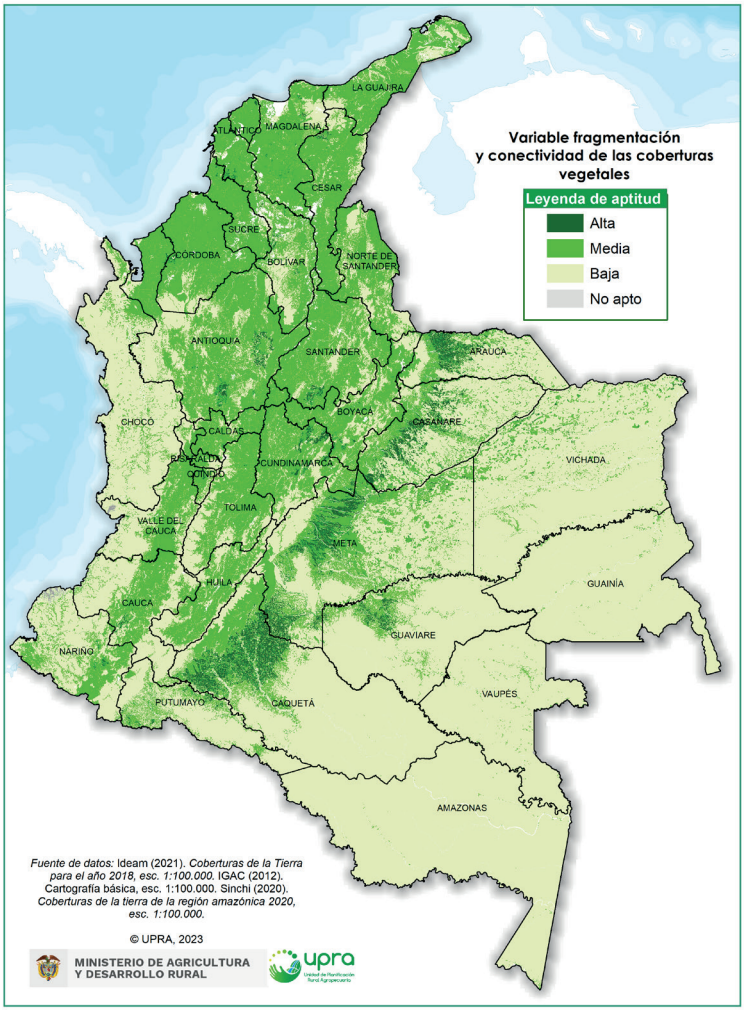
Calificación de la variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN):

Descripción	Aptitud
Conectividad baja. >17.500 Menor número de parches Mayor tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 1. Parches cortos con menor complejidad de forma	Alta (A1)
Conectividad media. 0-17.500 Moderado número de parches Moderado tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 2. Parches medios con moderada complejidad de forma	Media (A2)
Conectividad alta. 0 Mayor número de parches. Menor tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche 3. Parches largos con mayor complejidad de forma	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Correa A., C. A. (2009). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. En: Revista Pérez-Arbelaezia No. 19: 115-139.
- Ideam (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72 p.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). La teoría de la biogeografía de la isla. Princeton, New Jersey: Universidad de Princeton.
- Tischendorf, L. y Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? Landscape Ecology 15: 633-641.

2.2.2 *Variable índice de naturalidad (INAT)*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioecosistémico			
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica			
VARIABLE: Índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)		UNIDAD DE MEDIDA: Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Está referida a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, que son necesarios para sustentar la vida.

La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis, está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio (Vélez y Gómez, 2008). De esta forma, en cada unidad biogeográfica se calcula la superficie ocupada por todas aquellas coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, entre otros), en proporción al tamaño de la unidad biogeográfica.

Así, entre más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano, por cuanto las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de procesos naturales. Entre tanto, en las áreas con menor y moderada naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento de este cultivo, por cuanto no interrumpe los procesos naturales, e incluso potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Contribuye en la estimación de la sostenibilidad ambiental de la unidad geográfica de análisis (unidad biogeográfica), mediante la cantidad de espacios disponibles para el funcionamiento natural que sostiene los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identifica un rango de variación porcentual respecto al área de la unidad biogeográfica, y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

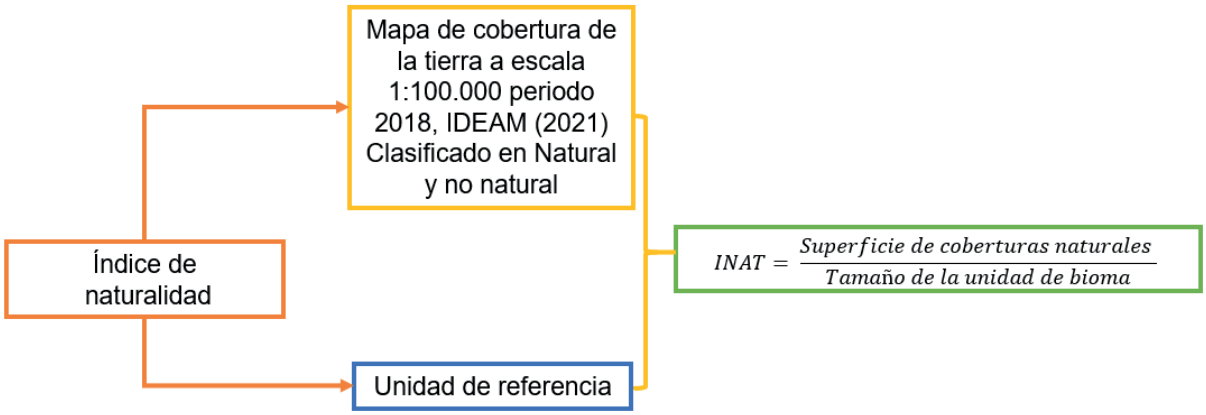
Al tener de base la capa oficial de Coberturas de la tierra 2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los cambios que se hayan producido desde el 2018.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para este estudio se relaciona el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos) según la clasificación de *Corine Land Cover* (a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2021). Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de unidades biogeográficas facilitado por el IAVH (2017).

$$INAT = \text{Superficie de coberturas naturales (ha)} / \text{tamaño de unidad biogeográfica (ha)}$$

Esquema metodológico de la variable índice de naturalidad



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros de Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano

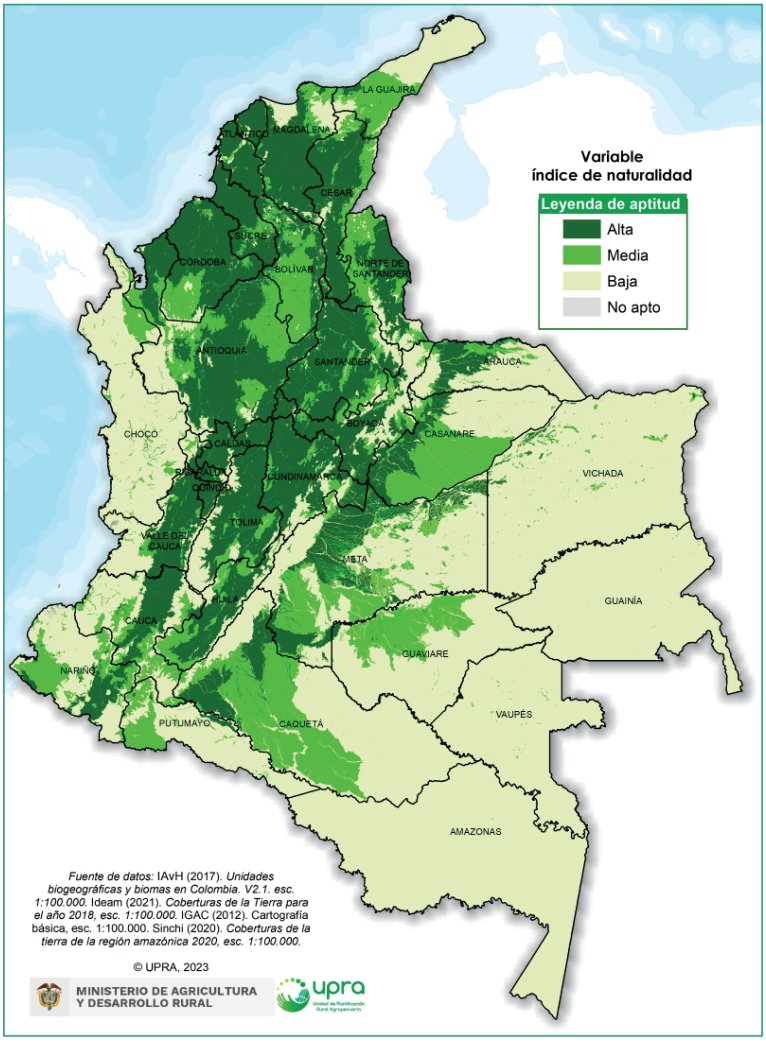
Calificación de la variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT). (Adaptado de Márquez, 2003)

Descripción	Rango proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	Aptitud
INAT muy baja-vital, INAT baja-estratégica, INAT moderada	< 50	Alta (A1)
INAT alta	50-75	Media (A2)
INAT muy alta-protección	75-100	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá.
- Márquez C., G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf.
- Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). (2017). Unidades biogeográficas
- Vélez Restrepo, L. y A. Gómez Sal. (2008). "Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje" Arbor CLXXXIV 729: 31-44.

2.2.3 Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Socioecosistémico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Cualitativa, requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; y riqueza potencial de especies migratoria</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC), o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (AC). De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS).

La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) es reducida y con ello el potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen en el territorio nacional, áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de biodiversidad (en especial de especies amenazadas, de distribuciones reducidas, o dependientes de la calidad del hábitat a lo largo de rutas de migración).

Estas áreas son de importancia debido a que constituyen sitios de refugio para elementos de la biodiversidad sensible, los cuales prestan servicios ecosistémicos como la dispersión de semillas, control de plagas, entre otros. Además, aportan en el funcionamiento natural de los ecosistemas nacionales y transfronterizos, a través de la integración de cadenas alimenticias, ciclos biogeoquímicos, entre otros.

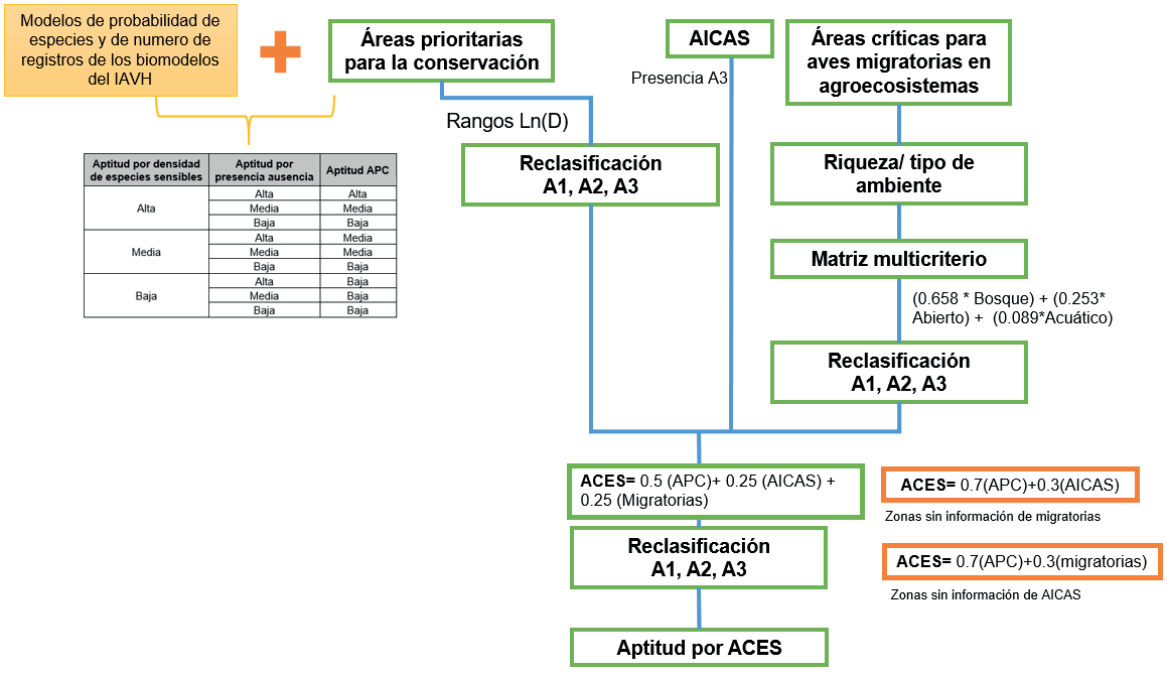
De esta forma, entre mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano es mayor.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">Permite identificar áreas en donde el establecimiento de cultivos de plátano puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">La concentración de especies sensibles es una variable que no genera exclusiones. Pero el enfoque radica en la continuidad que debe prevalecer en el territorio en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas, control biológico de plagas, entre otras), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos de plátano, puesto que pueden generar presiones recíprocas a los ciclos naturales de las especies.</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">No existen estudios a nivel nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades para complementar el panorama nacional.

Partiendo del supuesto de que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, se destacan algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por lo tanto, la variable supone una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en realidad a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.</td></tr>
</table>

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: mapas de polígonos y bases de datos asociadas de áreas prioritarias de conservación; datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH; libro rojo de especies amenazadas en Colombia; listas áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS); y riqueza potencial para aves migratorias en agroecosistemas. Se emplea la información sobre biodiversidad asociada a las APC (IAvH y ANH, 2013), AICAS (BirdLife, 2022), y agroecosistemas (Selva, 2012).

El esquema metodológico de la variable se describe a continuación:



Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

- *Áreas prioritarias de conservación (APC)*: En el estudio, esta subvariable se mide a través de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el SINAP, para lo cual se toma de base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013 en el portafolio de Áreas Prioritarias de Conservación (APC), escala 1:100.000.
- Adicionalmente, se incluyó la capa geográfica de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia —que están siendo utilizadas para los CONPES nacionales ambientales— con datos para 355 áreas sobre bioma y superficie (hectáreas). Datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH y el listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas.

Para incorporar esta información, se toman los *Objetos de Conservación (Odc)* de filtro fino y de filtro grueso del portafolio de *Áreas Prioritarias de Conservación (APC)*, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies, o ecosistemas, respectivamente. Entre mayor sea el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio con el establecimiento de cultivos de plátano.

Para este análisis se asigna a cada polígono de APC, el valor de la densidad de la riqueza, teniendo en cuenta la riqueza por hectárea, calculando la riqueza mediante la suma de los valores reportados de mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios y plantas. La definición de los rangos de aptitud se determina mediante intervalos geométricos.

Descripción	Aptitud por densidad de especies sensibles
Áreas sin identificación de APC (ln (D) < -10,02)	Alta (A1)
APC con densidad muy baja de especies sensibles (ln (D) = -10,02 a -5,72) APC con densidad baja de especies sensibles (ln (D) = -5,71 a -2,77)	Media (A2)
APC con densidad moderada de especies sensibles (ln (D) = -2,76 a -1,42) APC con densidad alta de especies sensibles (ln (D) = -1,42 a -0,06) APC con densidad muy alta de especies sensibles (ln (D) = -0,05 a 6,42)	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Seguidamente, se utilizó la capa de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia y los datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH y el listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas, para construir el parámetro denominado especies prioritarias, se deben incluir todos los biomodelos. Se contabiliza por medio de los datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH, para asignar 1 para las especies presentes y 0 para las ausentes. Se asigna a cada unidad biogeográfica el valor de las especies amenazadas o endémicas que le corresponda. Posteriormente se unen estas dos tablas por medio del campo "unidad biogeográfica" en el *software* ArcGis 10.4. y se obtiene una tabla que indica la cantidad de especies amenazadas o endémicas para cada unidad, luego se realizó una clasificación de los valores obtenidos.

Posteriormente, se reclasifican los parámetros evaluados de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adopta el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

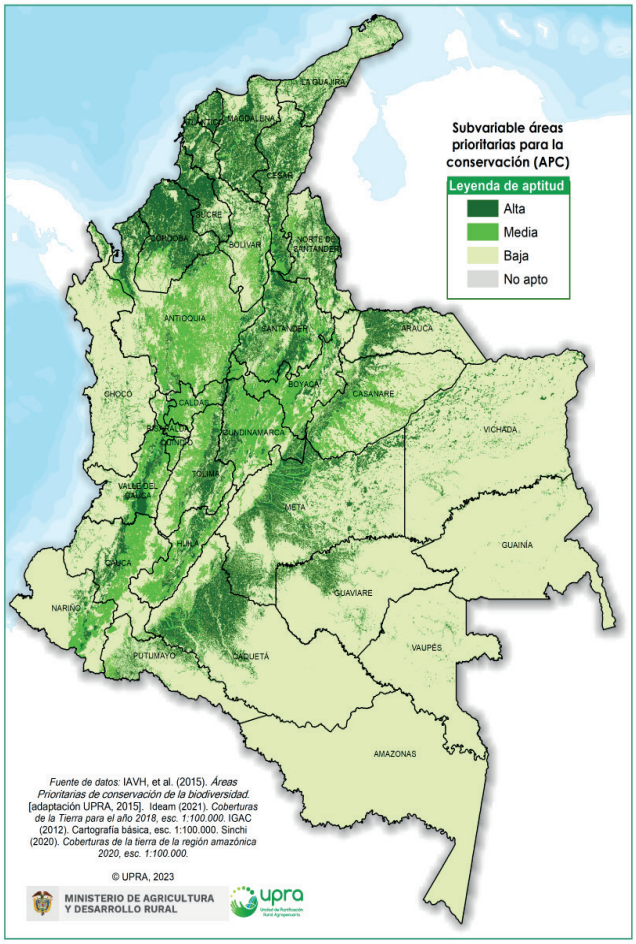
Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

Una vez obtenido este mapa, se realizó una comparación con las áreas naturales y aquellas que contenían áreas naturales se calificaron con aptitud baja (A3), es decir todas las áreas naturales se mantuvieron con aptitud baja y los APC se clasifican en aptitud media (A2) y alta (A1), en aquellas zonas donde no existen coberturas naturales.

Los rangos de aptitud para APC finalmente son:

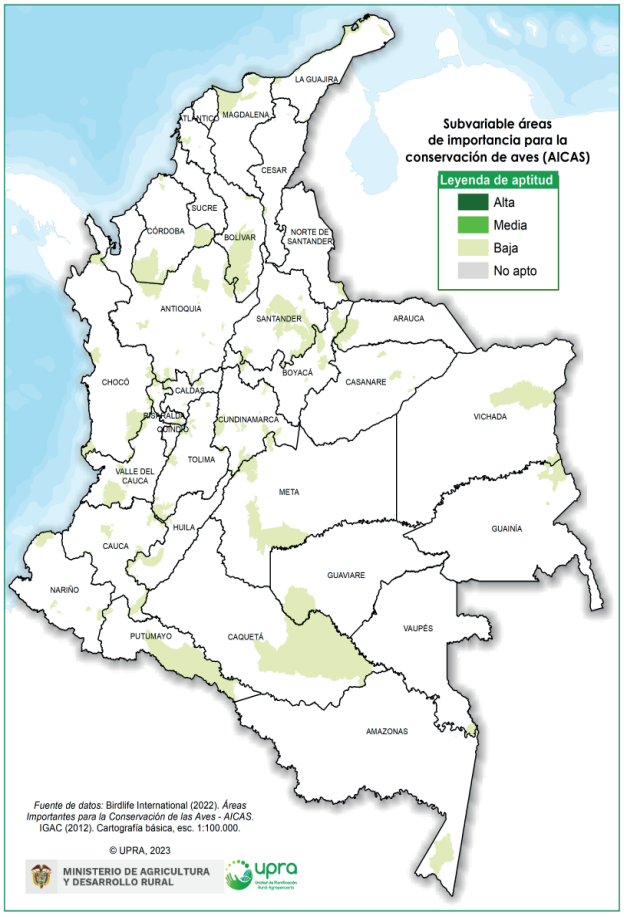
Descripción	Aptitud
Baja presencia de APC y especies sensibles	Alta (A1)
Alta presencia de APC y especies sensibles	Media (A2)
Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies	Baja (A3)

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



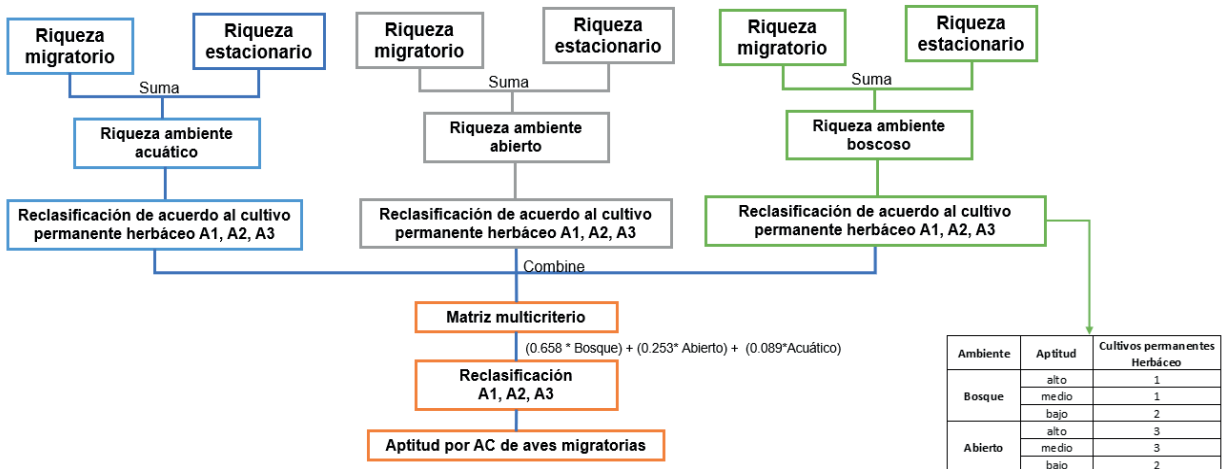
- *Áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS)*. Para el desarrollo y análisis de las AICAS, se tomó la información suministrada por el IAVH, relacionada con AICAS, en formato shape y documental. Se ajustó la riqueza de la capa AICAS (BirdLife, 2022) de acuerdo con la información publicada en la página de *BirdLife International*, tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICA. Teniendo en cuenta la importancia de cada AICA, se define la aptitud baja (A3) para la totalidad de estos polígonos.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios. A partir de la información producida por Selva (2012), se emplearon las capas relacionadas con riqueza de especies de periodo estacionario y migratorio, asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque. Para los hábitats bosque y acuático se realizó un esquema por Fuzzy, donde uno (1) es la menor presencia y tres (3) la mayor. Seguido a esto, los tres hábitats se reclasificaron y combinaron. La reclasificación tuvo en cuenta la implementación de cultivos de plátano (cultivos permanentes herbáceos) y su afectación en la aptitud de la riqueza.

La siguiente figura ilustra el procedimiento para encontrar la aptitud de acuerdo con la riqueza de especies migratorias asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, en los periodos migratorio y estacionario, sumando estas dos capas a fin de identificar aquellas áreas que representan ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio.



Ambiente	Aptitud	Cultivos permanentes Herbáceo
Bosque	alto	1
	medio	1
	bajo	2
Abierto	alto	3
	medio	3
	bajo	2
Acuatico	alto	3
	medio	2
	bajo	1

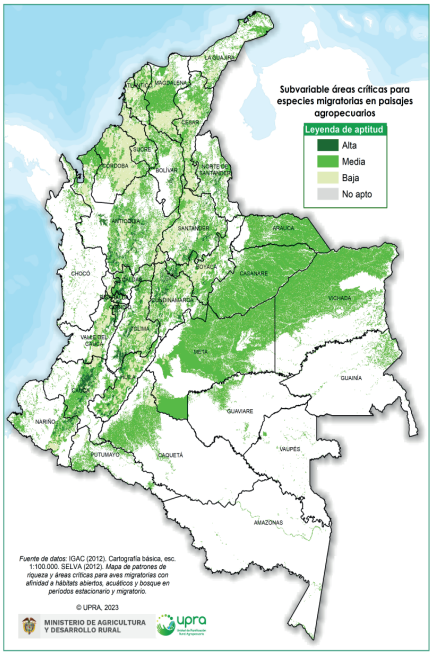
La consolidación de los diferentes ambientes se realizó mediante matrices multicriterio, las cuales permiten determinar el porcentaje de participación de cada uno:

Riqueza de especies migratorias = (0,658 * Bosque) + (0,253 * Abierto) + (0,089 * Acuático)

Los valores de la riqueza se reclasificaron aplicando la herramienta intervalos geométricos de *ArcGis* para asignar categorías de aptitud.

Rango	Aptitud
> 1,98	Alta (A1)
1,62-1,98	Media (A2)
< 1,62	Baja (A3)

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



Para integrar toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se realizó también a través matrices multicriterio, obteniendo los siguientes pesos:

ACES = 0,5 (APC) + 0,25 (AICAS) + 0,25 (AC Migratorias)

Para aquellas áreas que no presentan información de especies migratorias se manejó la siguiente integración:

ACES = 0,7 (APC) + 0,3 (AICAS)

Para aquellas áreas que no presentan información de AICAS se manejó la siguiente integración:

ACES = 0,7 (APC) + 0,3 (migratorias)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

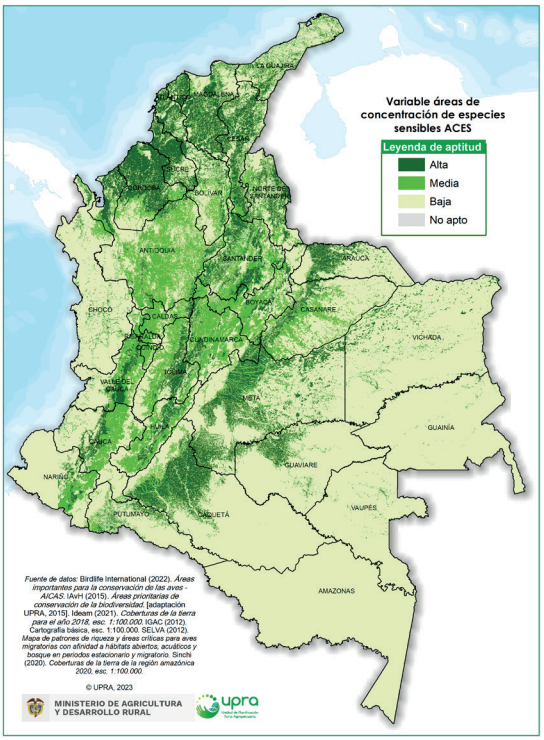
Se establecieron los siguientes rangos de aptitud para las ACES, calculados por intervalos iguales

Rango	Aptitud
> 2,33	Alta (A1)
1,67-2,33	Media (A2)
< 1,67	Baja (A3)

Unidad de análisis	Cualitativa: requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; y riqueza potencial de especies migratoria

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• BirdLife International (2022). *Important Bird and Biodiversity Area (IBA) digital boundaries: March 2022 version*. BirdLife International, Cambridge, UK. • Franco, A. Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). *Colombia*. En: Devenish, C.; Díaz Fernández, D; Clay, R.; Davidson I. & Yépez Zabala I. (Eds). Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation. (p 135 –148). Quito, BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16). • García-Márquez, J. R.; Moreno I. y Sacharow O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 del 2012 entre SELVA y UPRA. • Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2013). Áreas prioritarias para la conservación. Escala 1:250.000. • Selva. (2012). *Mapas de Modelamiento de Áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Convenio No. 044 del 2012 entre SELVA y UPRA. Bogotá.

2.3 Criterio *variación del contenido estimado de carbono*

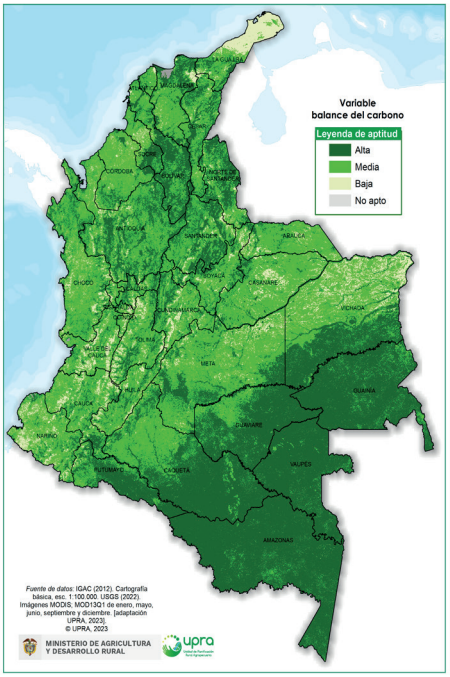
FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Variación del contenido estimado de carbono		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO
No presentan variables, porque se basa en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa.

DEFINICIÓN
Este criterio se asocia a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono, por lo cual se fundamenta en la estimación del contenido de carbono, calculado como el balance resultante entre captura y emisiones de CO_2 que se generarían por el desarrollo de cultivos de plátano en diferentes zonas con aptitud potencial para su implementación en el país. Por lo tanto, el criterio contempla el balance entre el contenido de carbono de la biomasa área y subterránea de la cobertura vegetal frente al potencial de cambio debido al establecimiento de cultivos de plátano, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. De forma complementaria, esta estimación posibilita incorporar elementos de competitividad ambiental y económica, pues se puede articular a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono. Con base en lo anterior, uno de los ejes de atención corresponde a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
De forma consecuente con las metodologías empleadas, la estimación del contenido de carbono en las coberturas a parir de la productividad primaria neta se realizó a través de imágenes *MODIS*, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
No hay valores de exclusión; ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para el procesamiento de la variable, se siguió la siguiente metodología: El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en lo planteado por Bolaños et *al.* (2017), quien describe que el carbono en los ecosistemas se distribuye en la biomasa viva por encima del suelo (biomasa aérea), biomasa viva por debajo del suelo (biomasa subterránea), madera muerta sobre el suelo, mantillo y carbono orgánico del suelo (IPCC 2006). • *Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea.* La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realizó a partir de la ecuación propuesta por Páramo (2011): $$\text{Biomasa} = 11.2693 + 9255\ (X)$$ Donde X corresponde a la inversa de la banda 7 de imágenes *MODIS* (producto MOD13Q1 v006), definida por el rango del espectro electromagnético de infrarrojo de onda corta (SWIR). • *Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea.* La estimación de la biomasa subterránea se efectúa de acuerdo con los fundamentos planteados por Cairns et *al.* (1997) y Brown y Lugo (1992), según la siguiente ecuación: $$\text{Biomasa vegetal subterránea} = e^{(-1{,}085 + 0{,}925 \times \ln(BA))}$$ Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea, se calculó el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la ecuación: $$C\ (\text{biomasa subterránea}) = \text{Biomasa subterránea}/2$$ • *Contenido de carbono en la biomasa.* Posteriormente, mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO **CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO**   

- *Contenido de carbono en el suelo.*

Se estimó mediante algebra de mapas, a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil World information, 2015), relacionada con las capas de porcentaje de Carbono orgánico en el suelo, densidad aparente y porcentaje de fragmentos de más de 2 mm, a 30 cm de profundidad, aplicando la ecuación propuesta por Gardi et *al.* (2014):

$$\text{Carbono orgánico suelo} = \%\ \text{carbono orgánico} \times \text{densidad aparente} \times \text{profundidad (0,3 m)} \times (1 - \%\ \text{fragmentos gruesos})$$

- *Contenido de carbono total.*

El mapa de carbono total se genera a partir de la suma de los mapas de biomasa vegetal subterránea y carbono orgánico en el suelo.

- *Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono.*

Por otra parte, con el fin de realizar el balance de carbono, se parte de un rendimiento del cultivo de 10,4 t/ha reportado por UPRA (2020) y se estima la biomasa por hectárea del cultivo de plátano y el carbono capturado en t/ha/año, sumando la biomasa residual de cada departamento de acuerdo con lo reportado por UPME et *al.* (2010) y Serrato y Lesmes (2016), como se observa en la siguiente tabla:

Departamento	Área sembrada	Cantidad de residuo (t/año)	Producción frutos t/ha/año	Cantidad de residuo (t/ha/año)	Biomasa total (t/ha/año)	Carbono capturado (t/ha/año)
Antioquia	64683	3614374	10,4	55,88	66,28	33,14
Atlántico	142	10670	10,4	75,14	85,54	42,77
Bolívar	5457	200256	10,4	36,70	47,10	23,55
Boyacá	4775	212003	10,4	44,40	54,80	27,40
Caldas	18493	1123660	10,4	60,76	71,16	35,58
Caquetá	12920	498805	10,4	38,61	49,01	24,50
Cauca	14153	801032	10,4	56,60	67,00	33,50
Cesar	2990	127299	10,4	42,57	52,97	26,49
Córdoba	28738	1698968	10,4	59,12	69,52	34,76
Cundinamarca	9781	458377	10,4	46,86	57,26	28,63
Chocó	17151	628882	10,4	36,67	47,07	23,53
Huila	25832	717004	10,4	27,76	38,16	19,08
La Guajira	1861	85384	10,4	45,88	56,28	28,14
Magdalena	2227	92487	10,4	41,53	51,93	25,96
Meta	16302	1505206	10,4	92,33	102,73	51,37
Nariño	21051	878626	10,4	41,74	52,14	26,07
Norte de Santander	12477	453310	10,4	36,33	46,73	23,37
Quindío	34988	2034801	10,4	58,16	68,56	34,28
Risaralda	20536	1197036	10,4	58,29	68,69	34,34
Santander	8545	360975	10,4	42,24	52,64	26,32
Sucre	1289	46992	10,4	36,46	46,86	23,43
Tolima	30235	1690181	10,4	55,90	66,30	33,15
Valle del Cauca	15650	904497	10,4	57,80	68,20	34,10

Departamento	Área sembrada	Cantidad de residuo (t/año)	Producción frutos t/ha/año	Cantidad de residuo (t/ha/año)	Biomasa total (t/ha/año)	Carbono capturado (t/ha/año)
Arauca	9399	452966	10,4	48,19	58,59	29,30
Casanare	2414	196591	10,4	81,44	91,84	45,92
Putumayo	6392	259220	10,4	40,55	50,95	25,48
Amazonas	670	12350	10,4	18,43	28,83	14,42
Guainía	110	5074	10,4	46,13	56,53	28,26
Guaviare	3352	130644	10,4	38,97	49,37	24,69
Vaupés	262	9668	10,4	36,90	47,30	23,65
Vichada	265	6704	10,4	25,30	35,70	17,85

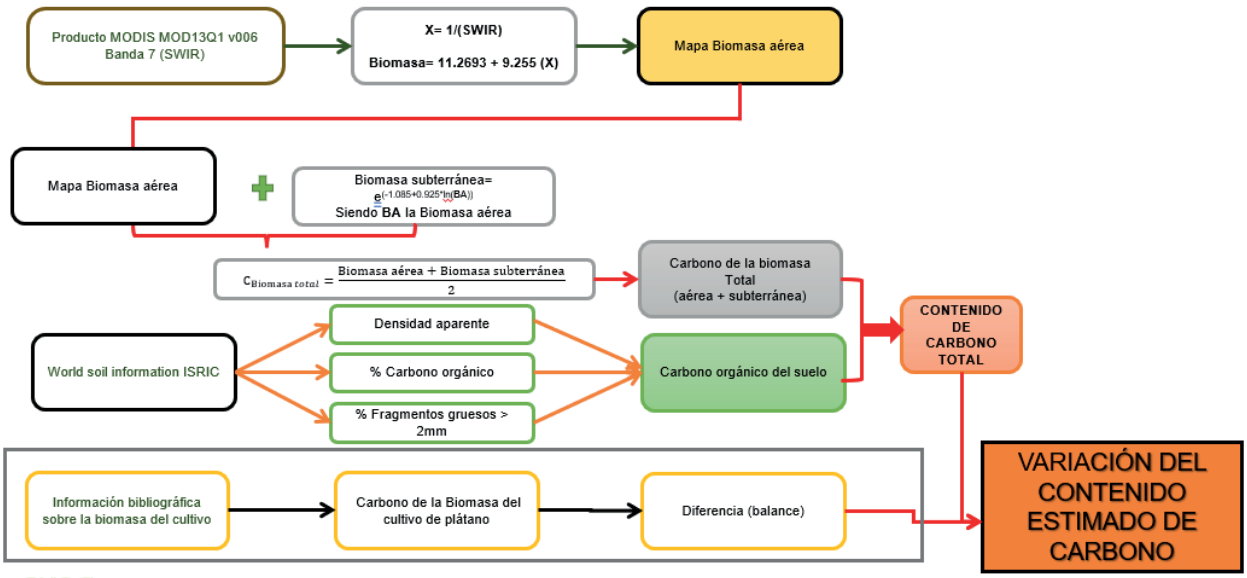
Posteriormente, se calculó el promedio nacional de captura de carbono, correspondiente a 29,13 t/ha/año. La calificación de la aptitud se lleva a cabo mediante la comparación del valor estimado de carbono (valor del píxel o de la Unidad de análisis espacial), con el valor de referencia estimado de carbono capturado por el cultivo de plátano con el fin de obtener el mapa de diferencia en carbono total frente al cultivo, mediante la siguiente ecuación aplicada espacialmente a través del álgebra de mapas:

$$\Delta CEC = \frac{C_{COBERTURA} - C_{Cultivo\ de\ plátano}}{C_{COBERTURA}}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de cultivos de plátano puede representar una mayor cantidad de carbono almacenado en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el reemplazo representa una ganancia en términos de la captura (t de carbono/ha/año).

En otras circunstancias de cobertura actual, el reemplazo puede representar una cantidad capturada semejante o incluso, en otras condiciones, puede significar una menor cantidad de carbono, en cuyo caso se constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura, lo cual se traduce en emisiones de carbono a la atmósfera en forma de CO_2.

A continuación, se resume la metodología:



Los valores obtenidos en estos mapas se reclasificaron según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

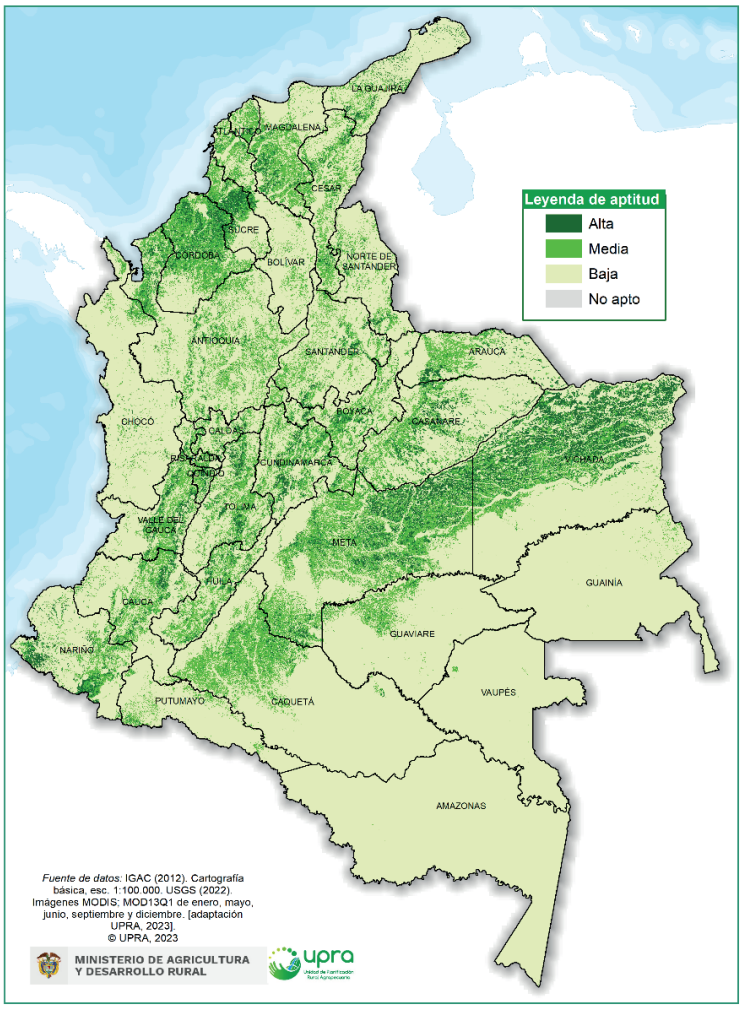
La calificación de la aptitud para el cultivo de plátano, desde el punto de vista de este criterio se estableció a partir de intervalos por *natural breaks* y siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	< 0,4698	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono	0,4698-0,6012	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	> 0,6012	Baja (A3)

Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales; por lo tanto, estas áreas se mantienen en aptitud baja (A3).

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Bolaños, Y; M, Bolaños y Paz, F. (2017). *Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México.* Terra Latinoam vol. 35 No.1 Chapingo ene. /mar. 2017 • Brown, S. y Lugo, A. (1992). *Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon.* En: Interciencia 17:8-18. • Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez y M.I., Vargas. (2014). *Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe.* Dirección General de Cooperación Internacional y Desarrollo (Comisión Europea), FAO Fiat Panis, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Centro Común de Investigación). https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/7e06def6-10cf-4c8f-90f4-b981f410ef68 • Ideam. (2021). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000.* Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Intergovernmental panel on climate change (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.* Eggleston, H.; Buendía, L.; Miwa, K.; Ngara T. y Tanabe K. (Eds). Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Vol 4. Japón: IGES. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>. • World Soil Information (ISRIC). (2013). *SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping*. Recuperado de: <http://soilgrids1km.isric.org>. • *MODIS* WEB. (2022). *MODIS*.gsfc.nasa.com • Páramo, G. (2011). *Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego.* In. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Álvaro del Campo Parra (Ed). Pp. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali • Serrato, C. y Lesmes, V. (2016). *Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca.* Tesis de Grado. Facultad de Indeniería Eléctrica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). 2016. *Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000.* Bogotá (Colombia). • UPME, Ideam, UIS. (2010). *Atlas del potencial de la biomasa residual en Colombia.*

2.4 Criterio cambio de cobertura

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Cambio de cobertura		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Este criterio no cuenta con variables, se basa en la clasificación *Corine Land Cover* (CLC) adaptada para Colombia y biomas de Colombia (Ideam, 2021). La unidad de medida corresponde a la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de plátano (*Musa* AAB).		

DEFINICIÓN

La cobertura de la tierra puede definirse como el recubrimiento biofísico que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005) y describe la vegetación y elementos antrópicos existentes sobre esta.

La cobertura de la tierra y los cambios que ocurren dentro de ella, son fundamentales para un gran número de procesos físicos del cambio global. Este criterio es relevante para determinar la aptitud del territorio, debido a que es el resultado de la interacción de una serie de factores físicos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales que operan en diferentes escalas espaciales y temporales y que se correlacionan con procesos que ocurren a nivel de los ecosistemas y las poblaciones biológicas; cualquier tipo de cambio de cobertura que ocurra por diversas actividades humanas, inciden en cambios en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación, los flujos de materia y energía en los ecosistemas incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el ciclo hidrológico (Lambin y Geist ,2006 y Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente producido por el establecimiento del cultivo de plátano, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación:

- Grado de antropización y transformación de las coberturas.
- Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características.
- Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite identificar áreas con vegetación natural sujeta a exclusiones y áreas transformadas donde es favorable establecer el cultivo de plátano, bajo una visión integral del territorio, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor y mayor impacto en la dinámica ecológica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó esta variable; en primera instancia, la «Leyenda Nacional de Coberturas de la tierra metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia», permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial. Sin embargo, esta engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al*., 2009).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Las exclusiones técnicas del criterio cambio de cobertura fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

A. Coberturas naturales y territorios artificiales que son incompatibles con el TUT:

1.1.1. Tejido urbano continuo	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	3.2.1.1.2.3. Arracachal
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.4.2.1. Áreas culturales	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
1.2.1.1. Zonas industriales	1.4.2.2. Áreas deportivas	3.2.2.1. Arbustal denso
1.2.1.2. Zonas comerciales	1.4.2.3. Áreas turísticas	3.2.2.2. Arbustal abierto
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo
1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3.3.1. Zonas arenosas naturales

1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3.3.1.1. Playas
1.2.4. Aeropuertos	3.1.1.1.2.3. Palmares	3.3.1.2. Arenales
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3.3.1.3. Campos de dunas
1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.3.2. Afloramientos rocosos
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	4.1.1. Zonas pantanosas
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	4.1.2. Turberas
1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	4.2.1. Pantanos costeros
1.3.1.3. Explotación de carbón	3.1.3. Bosque fragmentado	4.2.2. Salitral
1.3.1.4. Explotación de oro	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5.1.1. Ríos
1.3.1.6. Explotación de sal	3.1.4. Bosque de galería y ripario	5.2.1. Lagunas costeras
1.3.2. Zona de disposición de residuos	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	5.2.3. Estanques para acuicultura marina
1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
1.3.2.4. Relleno sanitario	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	5.1.3. Canales
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	5.1.4.1. Embalses
1.4.1.2. Parques cementerio	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

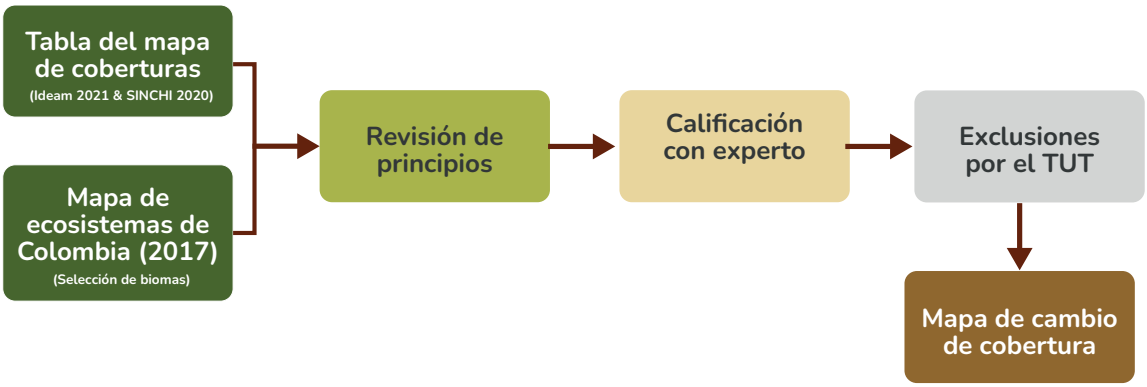
Se excluyen las coberturas asociadas al bioma insular del Caribe.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a partir de la reclasificación de la «Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia», la cual proporciona las características temáticas de cobertura y uso de la tierra del país. Está requiere el conocimiento de sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como la actualización permanente de la información, facilitando así los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010).

Para la construcción de este criterio también se hace uso de la información referente a biomas desarrollada en el Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam et *al*., 2015), a través de este análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan, como se observa en el esquema metodológico.

Esquema metodológico del criterio cambio de cobertura



Los análisis de ambas fuentes se realizaron a escala 1:100.000.

El procesamiento incluye una unión de los insumos cartográficos nombrados con anterioridad, lo cual permite obtener polígonos de cobertura-bioma, que posteriormente son categorizados de acuerdo con su aptitud. Este procedimiento implica analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si por sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica), hacen favorable o no el establecimiento del cultivo de plátano.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla:

Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
211 Otros cultivos transitorios	222 Cultivos permanentes arbustivos	215 Tubérculos
212 Cereales	223 Cultivos permanentes arbóreos	225 Cultivos confinados
213 Oleaginosas y leguminosas	224 Cultivos agroforestales	241 Mosaico de cultivos
214 Hortalizas	242 Mosaico de pastos y cultivos	243 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
215 Tubérculos	244 Mosaico de pastos con espacios naturales	334 Zonas quemadas
221 Cultivos permanentes herbáceos	245 Mosaico de cultivos con espacios naturales	2151 Papa
231 Pastos limpios	315 Plantación forestal	2223 Cacao
232 Pastos arbolados	2221 Otros cultivos permanentes arbustivos	3152 Plantación de latifoliadas
233 Pastos enmalezados	2222 Café	321111 Herbazal denso de tierra firme no arbolado
334 Zonas quemadas	2223 Cacao	
2121 Arroz	2224 Viñedos	
2122 Maíz	2231 Otros cultivos permanentes arbóreos	

Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
2123 Sorgo	2233 Cítricos	
2131 Algodón	2234 Mango	
2134 Soya	2241 Pastos y árboles plantados	
2141 Cebolla	2242 Cultivos y árboles plantados	
2211 Otros cultivos permanentes herbáceos	3151 Plantación de coníferas	
2212 Caña	3152 Plantación de latifoliadas	
2213 Plátano y banano		
2232 Palma de aceite		
2241 Pastos y árboles plantados		
22121 Caña de azúcar		
22122 Caña panelera		

En lo referente a las coberturas naturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que los herbazales densos de tierra firme no arbolados en algunos casos puntuales no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas con alguna categoría de aptitud. Por lo tanto, se calificaron con aptitud baja (A3) los herbazales densos de tierra firme no arbolados localizados en los siguientes biomas:

Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Helobiomas del Pacífico y Atrato, Helobiomas del Valle del Cauca, Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, Orobiomas bajos de los Andes, Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena, Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe, Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato, y Zonobioma seco tropical del Caribe.

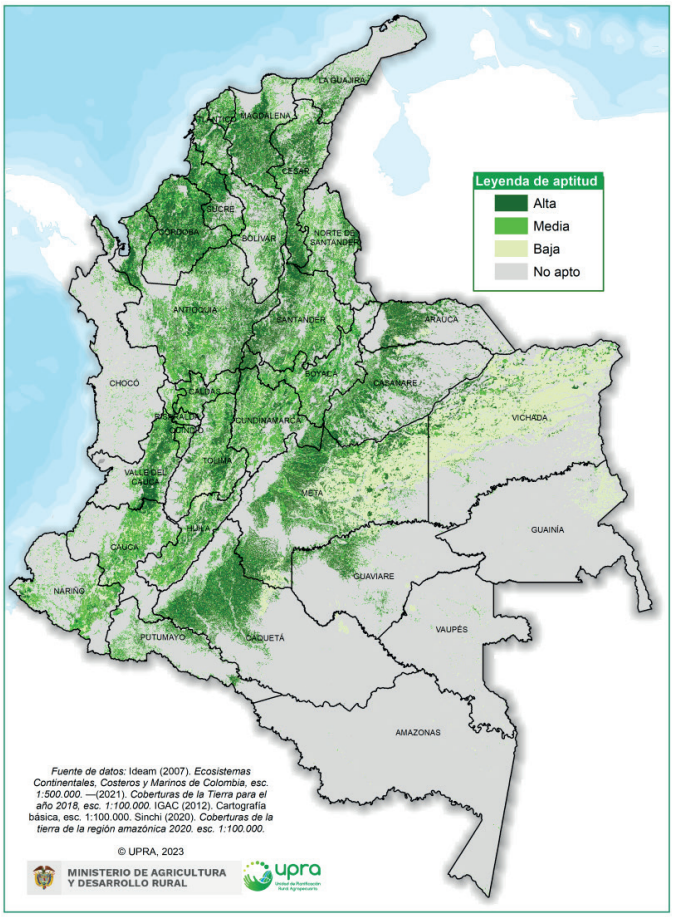
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como arroz, maíz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, palma, zonas quemadas y cultivos permanentes herbáceos.	Alta (A1)
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, mosaicos de cultivos con espacios naturales, café, cultivos permanentes arbóreos y arbustivos, cultivos agroforestales y plantaciones forestales	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de plátano, donde predominan cultivos confinados, mosaicos de cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados.	Baja (A3)
Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de plátano, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados.	No apto (N1)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, I.; Monteagudo, S.; Castaños, J.; González-Jiménez, A. y Escudero, R. (2009). *Teledetección: Agua y Desarrollo sostenible*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. (S. M. Fornos, Ed.) Recuperado de: <http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>
- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra-Conceptos de Clasificación y manual para el usuario*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organizations of the United Nations.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Bogotá.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2015). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacifico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.
- Lambin, E. y Gesit, H. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Berlin. Springer-Verlag.

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico

3.1 Criterio *infraestructura productiva*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Existencia de cultivos, expresada en predios.
- Plantas de procesamiento, expresadas en tiempos de desplazamiento, en horas.
- Viveros registrados, expresados en tiempos de desplazamiento, en horas.
- Distritos de adecuación de tierras, expresados en polígonos.

DEFINICIÓN

Conjunto de bienes y recursos ubicados dentro de una región, que se articulan en busca de aumentar la productividad y competitividad de los emprendimientos productivos en aras de mejorar las condiciones de los habitantes de la zona en cuestión; En el caso del cultivo comercial de plátano se entiende como la facilidad para la producción, transformación y comercialización de los productos agrícolas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto la infraestructura específica del sistema productivo, como distritos de adecuación de tierras, la ubicación actual de los cultivos y de los viveros, así como el acceso apropiado para la transformación o procesamiento en productos derivados, impulsando la productividad y el rendimiento.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se cuenta con información de capacidad de transformación de las plantas de procesamiento, ni de los subproductos generados.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología descrita por Saaty en 1980, AHP (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables; posteriormente, por medio del *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Existencia de cultivos	Plantas de procesamiento	Viveros registrados	Distritos de adecuación de tierras	Ponderación (%)
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	1				49,9
	Plantas de procesamiento	1/3	1			28,8
	Viveros registrados	1/3	1/3	1		14,7
	Distritos de adecuación de tierras	1/5	1/5	1/3	1	6,6

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene en cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

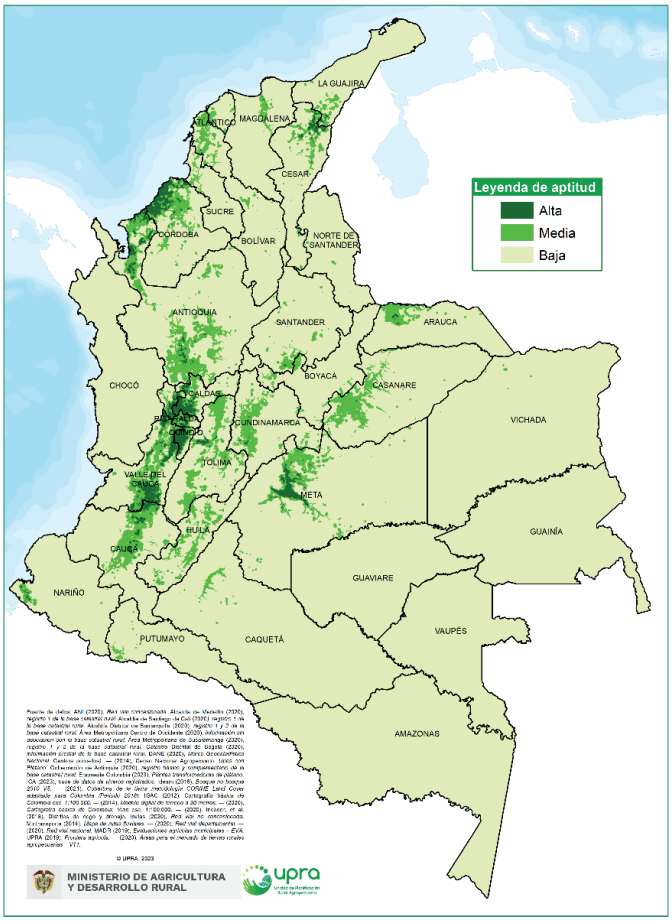
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	Predios	El predio con cultivo	El colindante al predio con cultivo	–
	Plantas de procesamiento	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Viveros registrados	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Distritos de adecuación de tierras	Polígonos	Distritos activos	Distritos inactivos	Sin distrito

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). Red vial Agencia Nacional de Desarrollo Rural. (2018) Base de datos de distritos de adecuación de tierras del país. Adaptación UPRA 2018.
- Alcaldía de Medellín. (2020). Registro 1 de la base catastral rural.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Registro 1 de la base catastral rural.
- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). Registros 1 y 2 de la base catastral.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). Registros 1 y 2 de la base catastral.
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
- DANE (2014). Censo nacional agropecuario, Upas con plátano. Bogotá.
- DANE. (2020). Marco geoestadístico nacional: centros poblados. Bogotá.
- Gobernación de Antioquia. (2020). Registro básico y complementario de la base catastral rural.

- Empresite Colombia (2023). Plantas transformadoras de plátano. Bogotá.
- ICA. (2023). *Base de datos de viveros registrados*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2016). Bosque no bosque 2010 V5. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). Método digital de terreno, resolución 90 m. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia, vías escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Bogotá.
- Incoder et *al.* (2018). Distritos de riego y drenaje. Bogotá.
- Invías. (2020). Red vial no concesionada. Bogotá.
- MADR. (2019). Evaluaciones agrícolas municipales (EVA)
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- Mintransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Mintransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.
- SICETA (2020): *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors.*

3.1.1 Variable *existencia de cultivos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
VARIABLE: Existencia de cultivos	UNIDAD DE MEDIDA: Predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Corresponde a predios georreferenciados con presencia de cultivos de plátano y su colindante, siendo este último un predio con propiedad privada, sin exclusiones para el mercado de tierras y cuyo destino económico esté relacionado con la actividad agropecuaria.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al desarrollo de la producción como un indicador de la oferta de mano de obra calificada o empírica, la facilidad de conseguir insumos, maquinaria y demás requeridos para el desarrollo de la actividad. Los predios y su colindante, donde se registran cultivos de plátano, se consideran más competitivos porque ya ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
En la actualidad no existen registros de cultivos georreferenciados en las entidades de índole nacional relacionadas con la actividad productiva, lo que dificulta tener una identificación predial más completa y así garantizar que se tenga la totalidad de predios dedicados a esta actividad.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. DANE. (2014), Censo nacional agropecuario: Upas con plátano. MADR (2022), Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de plátano. Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral. Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2. Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral. Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural. Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural. Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica. Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía. IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2. **Precisiones de la información.** Predios georreferenciados y su colindante excluyendo de estos últimos los que cumplan con las siguientes características: a.) Predios cuyo tipo de propietario sea "propiedad colectiva" b.) Predios cuyo tipo de propietario sea "Sin Información y que estén excluidos de la concha de MT" c.) Predios cuyo tipo de propietario sea "Estado y que estén excluidos de la cancha de MT". d.) Predios cuyo tipo de propietario sea "Estado" e.) Predios cuyo tipo de propietario sea "null" y que estén excluidos de la cancha de MT. f.) Predios cuyo tipo de propietario y categoría de propietario sea "null". g.) Predios sin información y que estén excluidos de la cancha del MT. h.) Cuando el predio exceda las 10.000 hectáreas (solo para los colindantes_A2). i.) Predios colindantes que este en un municipio diferente al municipio del predio con cultivo clasificado en A1. j.) Predios marcados como baldíos. k.) Predio que estén fuera de frontera agrícola. **Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Se tomó como base la información de las UPA del censo nacional agropecuario 2014, ubicando cada uno de los centroides allí reportados en las bases catastrales rurales, bajo el supuesto de que las coordenadas del centroide le corresponden al predio con el que cruza; una vez realizado este proceso, se cruza con los municipios productores de plátano reportados por las EVA, con el fin de realizar a nivel municipal la actualización de la información del censo. Una vez identificados los predios donde se ubican los cultivos, se procedió a marcarlos en aptitud alta (A1) y se tomó como parte de la representación cartográfica de esta ubicación el colindante, marcándolo en aptitud media (A2).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD	

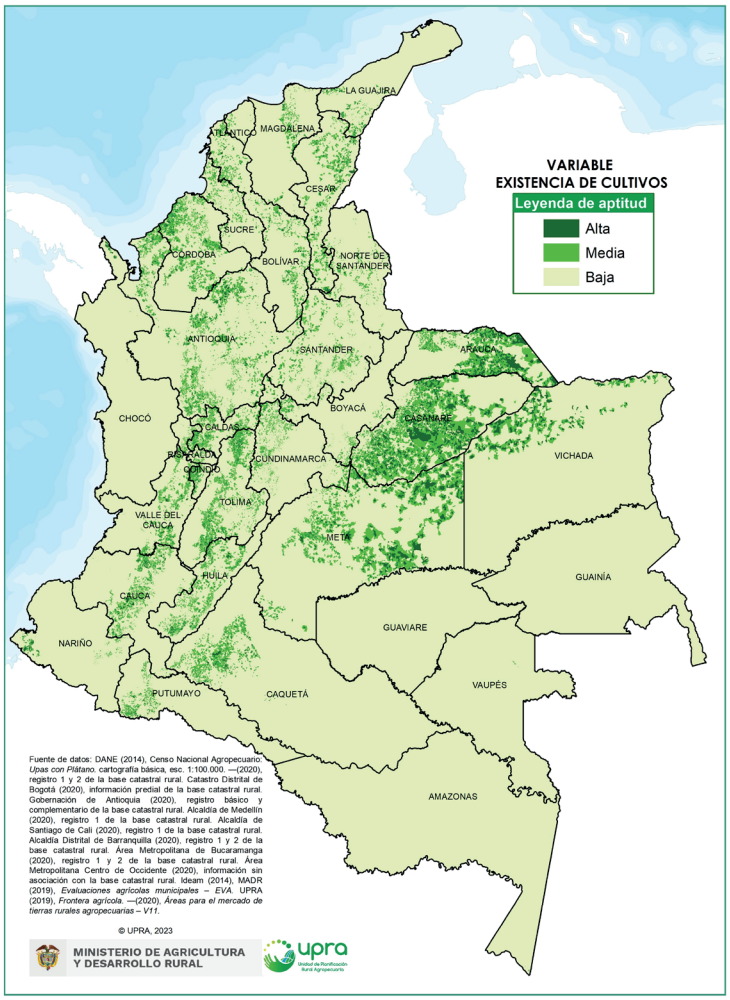
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Predios	Aptitud
El predio con cultivo	Alta (A1)
El colindante al predio con cultivo	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.* • Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral. • Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.* • Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.* • Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural. • Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica. • DANE. (2014). *Censo nacional agropecuario: Upas con plátano*. Bogotá. • Gobernación de Antioquia. (2020). Información Predial Rural Antioquía. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. Bogotá. • MADR. (2022). *Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de plátano*. Bogotá. • UPRA. (2022) Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V11. Bogotá.

3.1.2 Variable *plantas de procesamiento*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
VARIABLE: Plantas de procesamiento	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Establecimiento que cuenta con la maquinaria necesaria, cumple con los principios, regulaciones de higiene y seguridad requeridos por la ley, para el procesamiento de alimentos.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la industrialización del plátano. Zonas más cercanas a las plantas de procesamiento, cuentan con mayores oportunidades para la transformación del plátano en subproductos, harina y pasabocas.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
De acuerdo con el análisis de la variable, esta no presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
No contar con información acerca del volumen de transformación de materia prima o productos procesados, ni la ubicación georreferenciada de las plantas de procesamiento.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
1. Información. Empresite Colombia (2023). listado de empresas de procesamiento de plátano. https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/PLANTAS-TRANSFORMADORAS-DE-PLATANO/.		

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno, (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las plantas de procesamiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

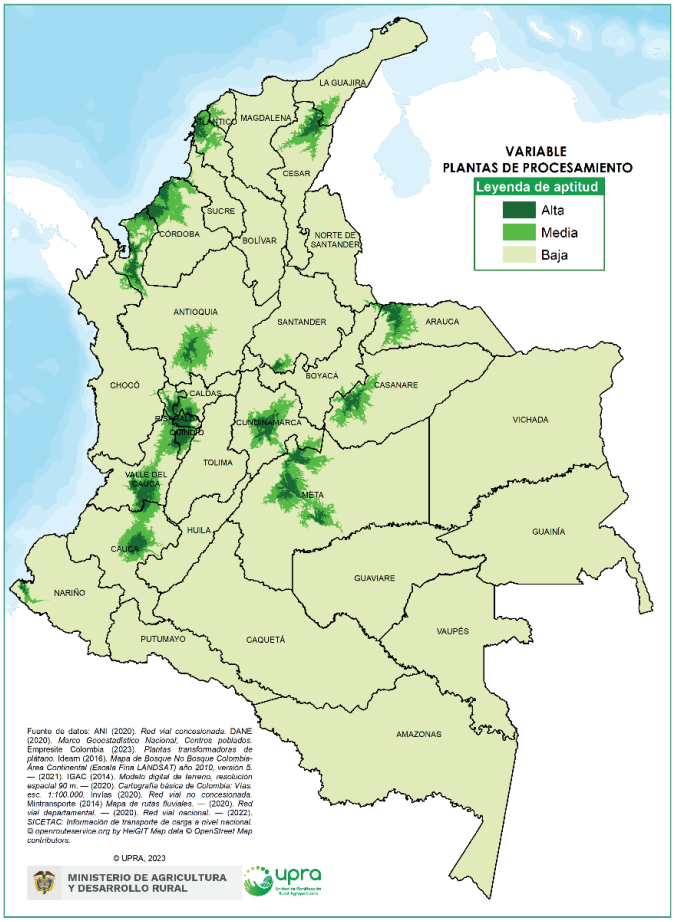
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3), como se muestra a continuación:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá, Colombia: ANI.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). Marco geoestadístico nacional: centros poblados. Bogotá.
- Empresite Colombia (2023). Listado de empresas de procesamiento de plátano. https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/PLANTAS-TRANSFORMADORAS-DE-PLATANO/
- IGAC. (2014). *Método digital de terreno, escala espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (2020). Red vial no concesionada. Bogotá.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- Mintransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Mintransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.
- SICETAC. (2020). *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

3.1.3 Variable viveros registrados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva			
VARIABLE: Viveros registrados	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Es un conjunto de instalaciones que cumple con los criterios técnicos para producir, multiplicar y/o comercializar material vegetal de propagación.

Viveros registrados ante el ICA: acto administrativo por el cual el ICA reconoce el cumplimiento de los requisitos, condiciones y procedimientos exigidos para realizar la actividad como productor y/o comercializador de material vegetal de propagación a través de vivero (ICA, 2020).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas donde es posible acceder a un vivero de multiplicación de material de propagación para la siembra comercial de plátano que reúna las condiciones de calidad exigidas por el ICA.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

En el análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se cuenta con información actualizada de la ubicación de los viveros, ni la capacidad de plántulas para comercializar.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

ICA (2023). Viveros registrados.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de Open Route Service para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para Transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio Sicetac del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los viveros.

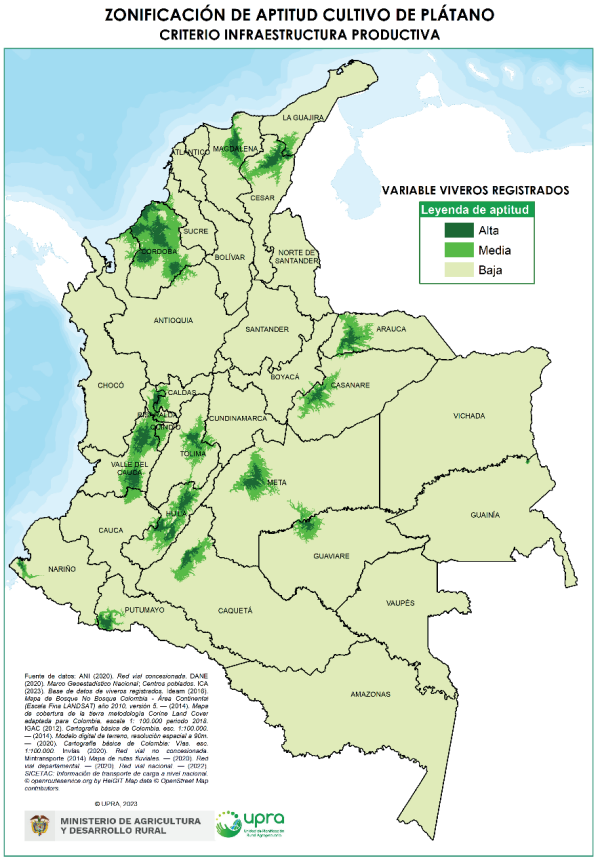
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable cercanía a viveros registrados, se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá, Colombia: ANI. • DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados* • ICA. (2023). *Base de datos de viveros registrados*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). Red vial no concesionada • Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá. • Mintransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • Mintransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá. • SICETAC. (2020). *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors.*

3.1.4 Variable distritos de adecuación de tierras

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
VARIABLE: Distritos de adecuación de tierras	UNIDAD DE MEDIDA: Polígonos	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Área de influencia de obras civiles destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje, protección contra inundaciones o para el desarrollo de actividades agropecuarias (Ley 41 de 1993).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la toma de decisiones de los agentes económicos con respecto a la posibilidad de disponer de infraestructura de riego suplementario o drenaje, que mejore las condiciones del uso eficiente del recurso suelo y agua para la producción del cultivo comercial de plátano.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable, no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La información sobre distritos de riego, no permite identificar las zonas donde se hace riego suplementario como parte del manejo agronómico que aumenta la productividad del cultivo de plátano.		

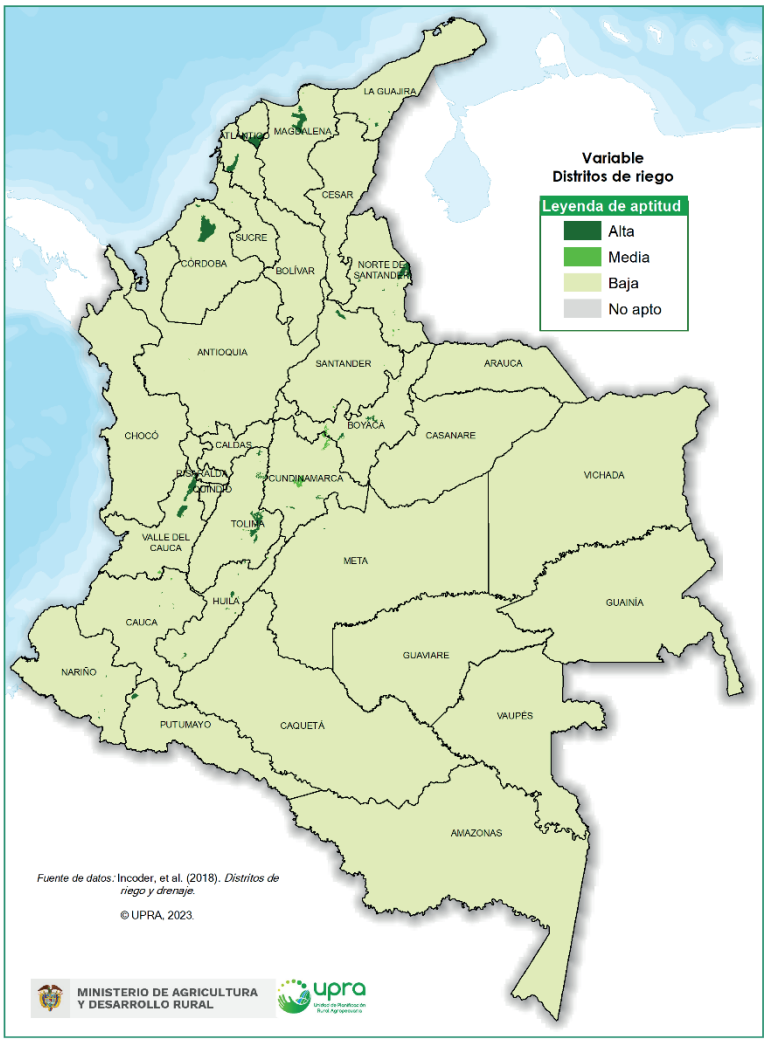
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. ADR. (2018). Base de datos DAT. CAR. (2016). Información georreferenciada de distritos de riego. INCODER. (2015). Base de datos DAT del país. IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000 IGAC. (2018). Georreferenciación de distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala. MinAgricultura. (2015). Documentos e información georreferenciada de distritos de riego. **2. Precisiones de la información.** Registro de polígonos activos y no activos de distritos de riego de usuarios del Incoder. 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información. Clasificación de los distritos.
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Polígonos	Aptitud
Distritos activos	Alta (A1)
Distritos inactivos	Media (A2)
Sin distritos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígonos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2018). Base de datos DAT.
- CAR. (2016). Información georreferenciada de distritos de riego.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2018). Georreferenciación de distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala.
- Incoder et *al.* (2015). Base de datos DAT del país.
- MinAgricultura. (2015). Documentos e información georreferenciada de distritos de riego.

3.2 Criterio infraestructura, bienes y servicios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Centros de servicios, expresados en tiempo de desplazamiento, en horas.
- Centros mayoristas, expresados en tiempo de desplazamiento, en horas.
- Puertos marítimos, expresados en tiempo de desplazamiento, en horas.
- Puertos fluviales, expresados en tiempo de desplazamiento, en horas.
- Energía eléctrica rural, expresada en niveles de favorabilidad.
- Cobertura de internet móvil, expresada en tecnología y número de antenas/10 km^2.

DEFINICIÓN

Bienes de uso colectivo que se requieren en la actividad productiva, así como los canales que intervienen en el desarrollo y funcionamiento de los mercados nacionales e internacionales.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto al conjunto de elementos, dotaciones y/o servicios necesarios de uso colectivo, garantizando el buen funcionamiento de los mercados, la disponibilidad de tecnología e instalaciones de servicios públicos y la cercanía a los centros de servicios.

Regiones con mayores facilidades para la movilidad y capacidad técnica del aparato productivo, ofrecen mejores condiciones para que la producción agrícola se desarrolle en forma eficiente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No contar con información actualizada, ni con los datos del volumen transportado y/o comercializado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología descrita por Saaty en 1980, AHP (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de seis variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Centros de servicios	Centros mayoristas	Puertos marítimos	Puertos fluviales	Energía eléctrica rural	Cobertura de internet móvil	Pesos ponderados (%)
Infraestructura bienes y servicios	Centros de servicios	1						37,4
	Centros mayoristas	1/3	1					26,1
	Puertos marítimos	1/3	1/3	1				17,1
	Puertos fluviales	1/3	1/3	1/3	1			10,9
	Energía eléctrica rural	1/5	1/5	1/5	1/3	1		5,4
	Cobertura de internet móvil	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1	3,1

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene en cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				**Igual en importancia**	**Más importantes**			

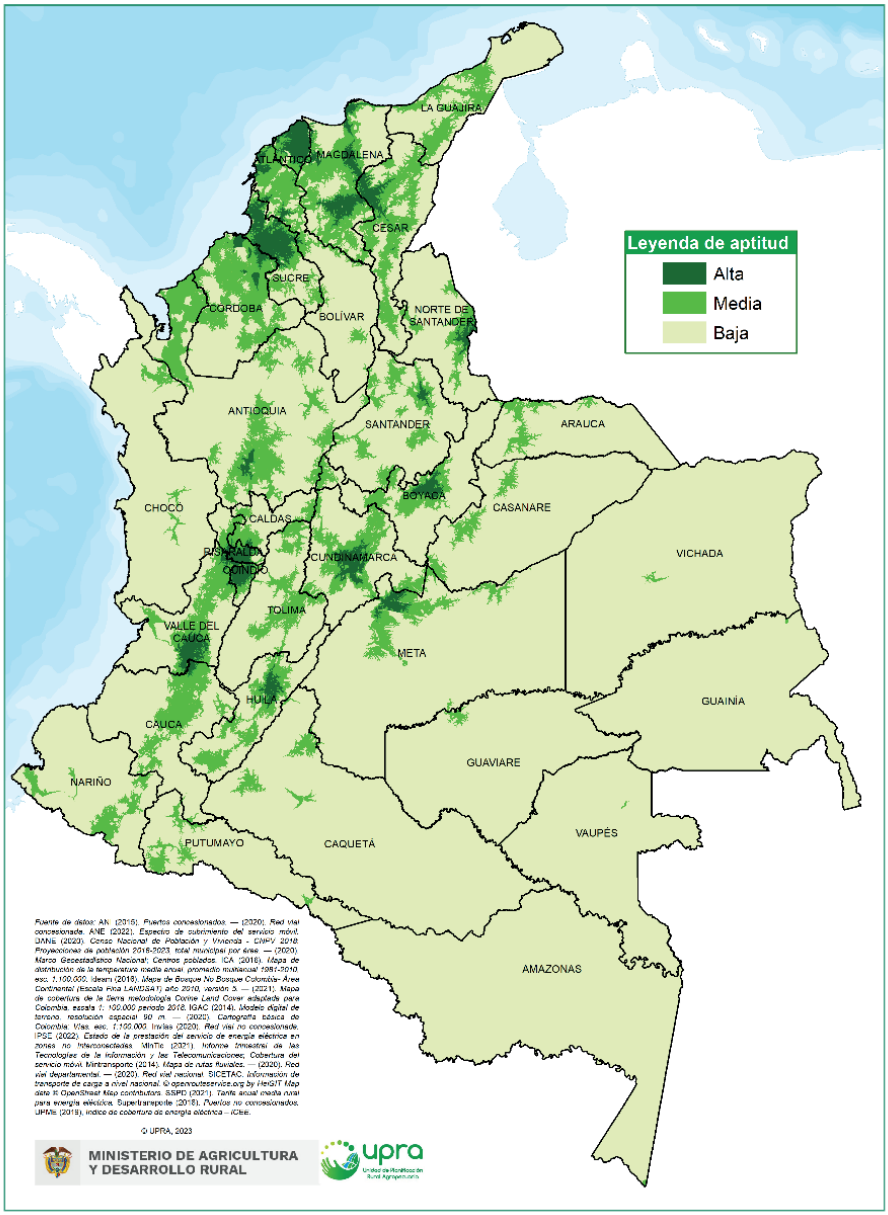
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura, bienes y servicios	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Centros mayoristas	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3-6	> 6
	Puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-3	> 3
	Energía eléctrica rural	Favorabilidad en el acceso (unidades)	> 7	5-7	< 5
	Cobertura de internet móvil	Número de antenas/ radio de cobertura en km^2	> 2 antenas/10 km^2	< 2 antenas/10 km^2	Sin cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANE (2022). *Espectro de cubrimiento del servicio móvil*. Bogotá. • ANI. (2015). *Puertos concesionados*. Bogotá. • ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. Proyección de población 2018-2023, total municipal por área*. Bogotá. • DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá. • IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada Bogotá*. • IPSE. (2022). *Estado de prestación del servicio de energía en zonas no conectadas*. Bogotá. • MinTic (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones; cobertura del servicio móvil*. Bogotá. • MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • MinTrasnporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá. • SICETAC. (2020), *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*. Bogotá. • SuperTransporte. (2018). *Puertos no concesionados*. Bogotá. • UPME. (2019). *Indice de cobertura de energía eléctrica (ICEE)*.

3.2.1 Variable centros de servicios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA, BIENES Y SERVICIOS		
VARIABLE: centros de servicios	UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de la producción comercial del cultivo de plátano. El centro de servicios está enmarcado poblaciones con más de 30.000 habitantes.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción comercial de plátano, al facilitar el acceso a insumos y servicios necesarios para el productor. La accesibilidad hace referencia al tiempo de desplazamiento, el cual viene determinado por la oferta y el estado de las redes de transporte terrestre, y de la distancia entre dos puntos, uno de ellos el centro de servicios (tomando como referencia la cabecera municipal). Zonas más cercanas a los centros de servicios, son más competitivas que aquellas más distantes o con vías en mal estado o sin vías de acceso.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2022, estimada a partir del censo de población y vivienda del año 2018. Hay centros de servicios importantes que podrían omitirse por no contar con más de 30.000 habitantes.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. DANE. (2018). Total población del municipio proyectada a 2022. **Precisiones de la información.** La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas: Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de Open Route Service para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio Sicetac del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde la cabecera municipal, donde los centros de servicios se definen como los municipios que cuentan con una población mayor a treinta mil habitantes para el año 2022.

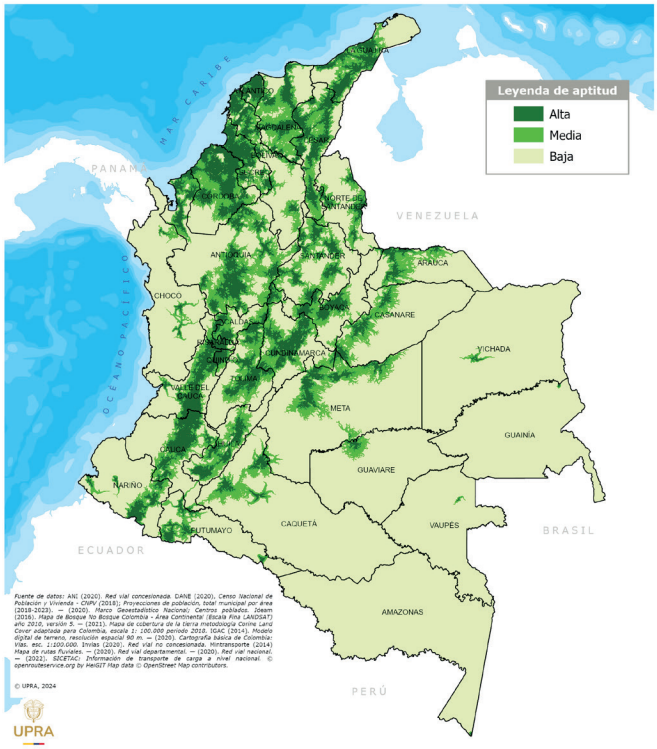
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS
Variable de centros de servicios

FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. Proyecciones de población 2018-2023. Total municipal por área*. Bogotá. • DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá. • IGAC. (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá. • Sicetac. (2020). Información de transporte de carga a nivel nacional, © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors. Bogotá, Colombia: Mintransporte.

3.2.2. *Variable centros mayoristas*

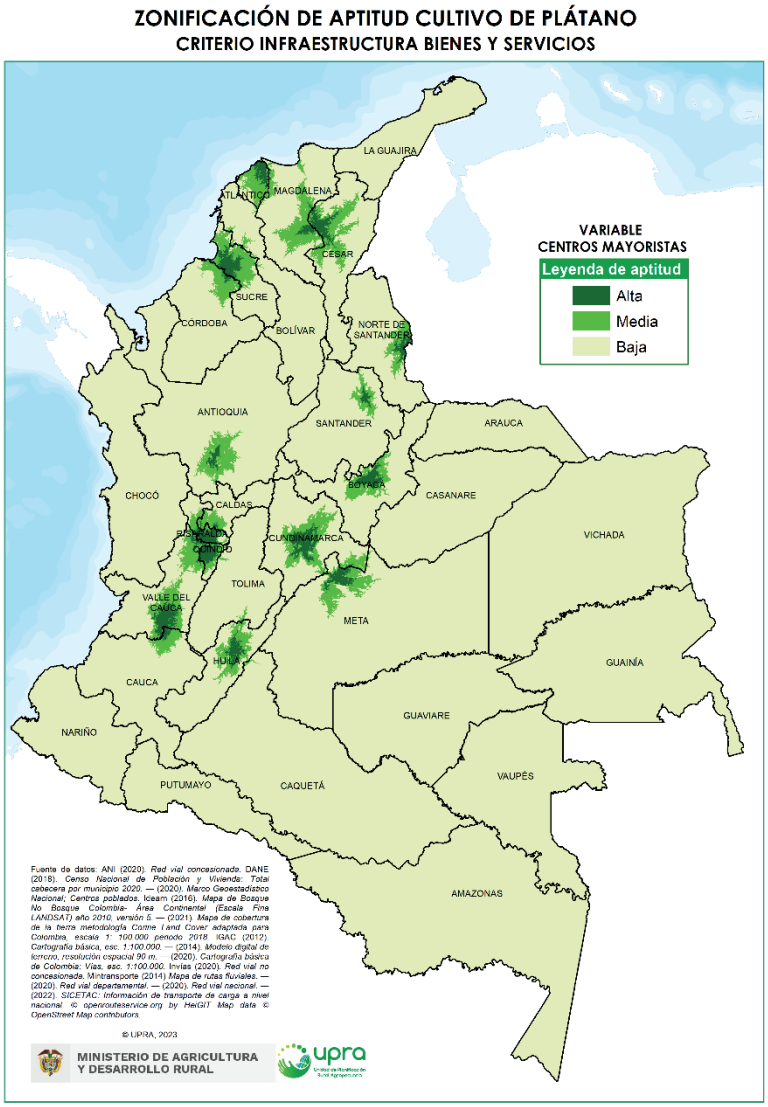
FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Centros mayoristas	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Unidades comerciales de distribución de productos alimenticios, que proporcionan a la población servicios de abastecimiento de productos básicos al mayoreo; sus instalaciones permiten concentrar los productos provenientes de diferentes centros de producción, para surtir de estos a los comerciantes especializados.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Son la principal forma de abastecimiento de los distintos tipos de alimentos y de diferentes productos que en ella se encuentran. Facilitan al productor el acceso desde cualquier punto de las fincas del país a la comercialización, favoreciendo su cercanía, en cuanto a costos y conservación de los productos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
No existe información de volúmenes ingresados/transados/comercializados a los centros de abastecimientos y, por lo tanto, la representación cartográfica no permite identificar los de mayor importancia para la comercialización del plátano.		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. Centros mayoristas de abasto. (2022). base de datos **Precisiones de la información.** La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas: Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí. **Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte. Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas. Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los centros mayoristas.
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. Proyecciones de población 2018-2023. Total municipal por área*. Bogotá.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia, vías*. Bogotá.

3.2.3. Variable *puertos marítimos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Puertos marítimos	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Espacio que, situado en una orilla o en la costa, permite que las embarcaciones desarrollen operaciones de descarga y carga y/o de desembarco y embarque, para realizar operaciones de comercio internacionales.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de ingreso de insumos, de tecnología, de productos, entre otros, al comercio internacional que beneficien la competitividad de la cadena. En este sentido, los puntos del territorio nacional más cercanos a los puertos marítimos tendrán mayor aptitud para interactuar en los procesos de integración con socios comerciales (actuales y potenciales) en lo referente a la exportación del producto.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
No contar con la temporalidad de la información, y aunque no se puede medir, lo que sucede con algunas alteraciones en las vías como derrumbes, daños en puentes y paros entre otros aspectos.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información ANI. (2015). Puertos concesionados **Precisiones de la información** La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas: Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.		

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil; adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los puertos marítimos donde se concentran los flujos de comercio internacional.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

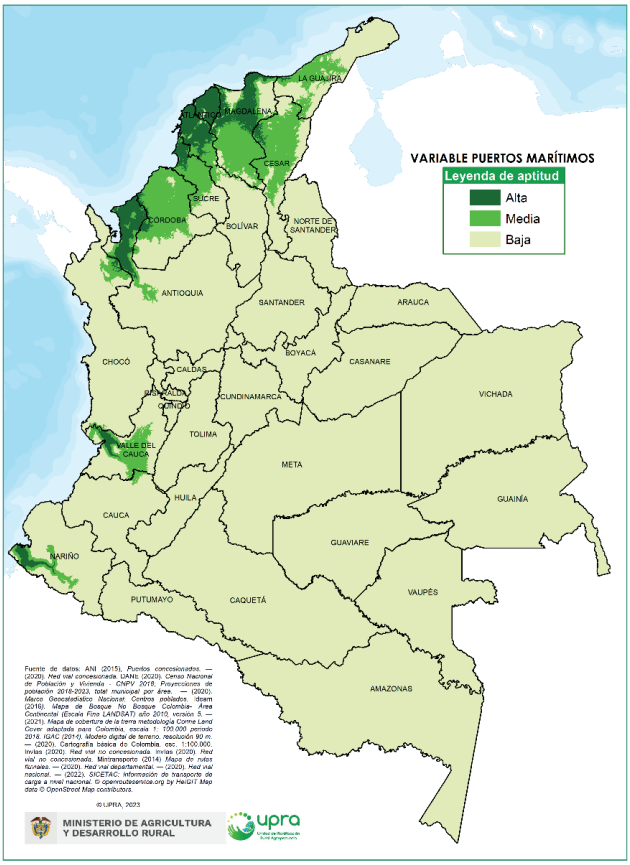
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 3	Alta (A1)
3-6	Media (A2)
> 6	Baja (A3)

La región Caribe muestra la mayor aptitud por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, y Magdalena. El puerto de Buenaventura y el de Tumaco reflejan una incidencia para la región Andina. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen el menor grado de aptitud, por su lejanía a los puertos marítimos.

Se tuvieron en cuenta los puertos de Buenaventura (Valle del Cauca), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), Tumaco (Nariño) y los embarcaderos Nueva Colonia y Zungo ubicados en Carepa (Antioquia), porque allí se concentran la mayoría de las operaciones de comercio internacional.

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2015). *Puertos concesionados*. Bogotá.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda (CNVP) 2018*. Proyecciones de población 2018-2023, total municipal por área. Bogotá.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial* 90 m. Bogotá.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; Vías. escala 1:100.000*. Bogotá.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.
- Sicetac. (2020). *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

3.2.4. Variable *puertos fluviales*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Puertos fluviales	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Lugar situado sobre la rivera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para las actividades fluviales, ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga, sintetiza las facilidades de desplazamiento de carga, insumos, productos intermedios, productos terminados, entre otros.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la competitividad para el desarrollo de un cultivo frente a las alternativas de movilidad y acceso, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios como para la comercialización. Los productores que cuente con puertos fluviales activos son más competitivos, dado que ofrece una opción de transporte adicional a la terrestre, que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Temporalidad de la información, no se cuenta con información de la capacidad y cantidad transportada del producto.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. ANI. (2015). Puertos concesionados SuperTransporte. (2018). Puertos no concesionados. **Precisiones de la información.** La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas: Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.		

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil; adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los puertos fluviales siendo puntos de referencia, de los cuales se estima un área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. De tal forma, se tuvieron en cuenta los puertos que estaban concesionados y los que no.

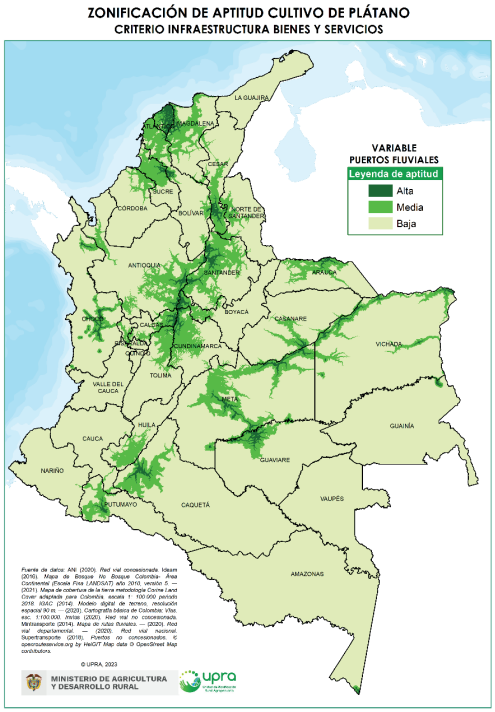
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 -3	Media (A2)
> 3	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • IGAC (2014). *Open Street MapsMétodo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá. MinTransporte. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental* Bogotá. • MinTransporte. (2020). Red vial nacional SICETAC: *Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors.* • SuperTransporte (2018). Puertos no concesionados. Bogotá.

3.2.5. Variable *energía eléctrica rural*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico. SUBCOMPONENTE: Económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Energía eléctrica rural	UNIDAD DE MEDIDA: Nivel de favorabilidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO:	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Corresponde al nivel de favorabilidad para el acceso al servicio público de energía eléctrica en las zonas rurales del país, evaluado a partir del índice de cobertura de energía eléctrica, tarifa media rural no residencial y el sistema de transmisión.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
En la actividad agrícola el servicio eléctrico se convierte en una de las fuentes de alimentación de motores y maquinaria utilizada para la transformación y demás labores derivadas. Orienta a los agentes económicos en sus decisiones de inversión sobre las áreas rurales del país donde se cuenta con óptimas condiciones de servicio de energía eléctrica pública, valorada por cobertura, sistema de transmisión y tarifa.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
En el *Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios (SUI)* se encuentra la información para las zonas interconectadas y mixtas, no obstante, no reporta información para las *Zonas no interconectadas (ZNI)*, dicha información de las (ZNI) se encuentra a cargo del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no interconectadas (IPSE). La información de las dos instituciones no cuenta con los mismos parámetros y estándares de presentación en los campos de información, lo cual en ocasiones dificulta la unión y el procesamiento de la información a nivel nacional.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
1. Información. • Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Sistema Único de Información (SUI). (2022). Reportes comerciales del servicio de energía por municipio y departamento.		

- Unidad de Planificación Minero-Energética (UPME). (2018). Índice de cobertura de energía eléctrica ICEE-Resto.
- UPME. (2019). Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE).
- Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE). (2020). Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas no interconectadas.

2. Precisiones de la información.

Para el desarrollo de esta variable, se establecieron las siguientes subvariables:

Subvariable índice de cobertura de energía eléctrica resto

El Índice de cobertura de energía eléctrica resto (ICEE) fue considerado como subvariable debido a que presenta un panorama del estado de cobertura de energía eléctrica, bajo criterios técnicos para las diferentes alternativas de prestación del servicio. se tuvieron en cuenta los datos de "ICEE resto", entendiéndose como «resto» las zonas rurales que se encuentran ubicadas geográficamente alejadas de las zonas urbanas.

De acuerdo con la metodología y resultados de la estimación del ICEE publicada por la UPME en el 2018, el ICEE se estima como la relación entre las viviendas con servicio «Usuarios» y el total de viviendas, discriminando los usuarios ubicados en la cabecera municipal o urbanos de los ubicados en el resto o zona rurales de cada sitio, municipio, o departamento:

$$ICEE_{t,i} = \frac{Usuarios_{t,i}}{Viviendas_{t,i}} X\ 100$$

Donde:

t= período de tiempo calculado

i=ubicación departamento,municipio,sitio

Se entiende en el marco de la metodología de cálculo de este índice, una vivienda como un inmueble con uso residencial y usuario corresponde a las viviendas clasificadas en el sector residencial, que tienen la infraestructura eléctrica disponible, independiente de su condición comercial, la cantidad de horas de servicio o si el servicio se presta a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o mediante soluciones aisladas (ZNI) Zonas no interconectada (UPME 2019).

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Conforme a la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico, si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1\text{-}1{,}5*RI, Q_3+1{,}5*RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1-Q_3.

Dado a que se encontraron más del 5 % de datos atípicos, la decisión fue utilizar el método de k-medias.

Clasificación de los municipios por aptitud.

Se utiliza la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que, en este caso, indica la necesidad de utilizar el método de K-Medias.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos.

Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por (MacQueen 1967) se basa en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2, y por tratarse de un agrupamiento univariado, no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

a. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b. De manera inicial se divide en 3 grupos el total de datos disponibles; se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que se calcula como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.

d. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

e. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-medias considera una fase de validación que consiste en:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior del clúster y entre clústeres (cohesión y separación).

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la subvariable índice de cobertura de energía eléctrica, el resultado fue 3 agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedaron definidos de la siguiente manera:

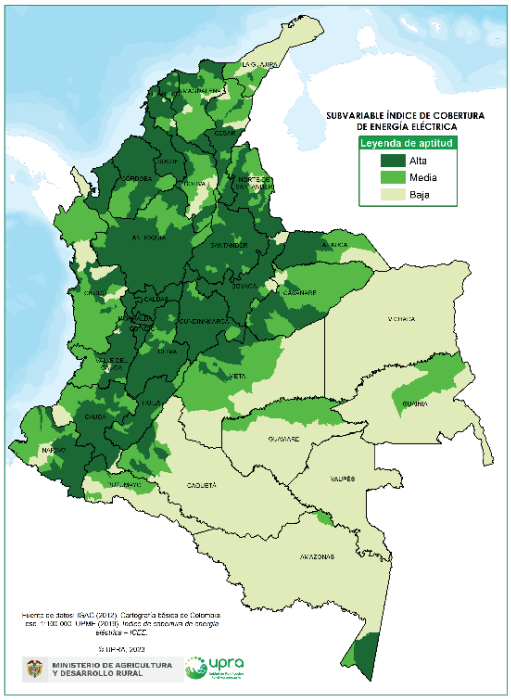
Aptitud alta (A1): municipios con más de 81,6 % de cobertura

Aptitud media (A2): municipios entre 46,3 y 81,6 % de cobertura

Aptitud baja (A3): municipios con menos de 46,3 % de cobertura.

A continuación, se presenta la representación cartográfica de la subvariable del índice de cobertura de energía eléctrica resto:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



Subvariable sistema de trasmisión de energía eléctrica

El sistema de trasmisión de la energía eléctrica en Colombia se da mediante dos tipos, el primero y más estable se denomina Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual según la Ley 143 de 1994 se define como «Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios»; el SIN está conformado por todas las líneas de transmisión de energía y subestaciones que hay en el país, medios a través de los cuales se transporta la energía desde las centrales de generación hasta los pueblos y ciudades en donde es consumida. Al estar integrada toda la cadena productiva de la energía en este sistema se garantiza que todas las regiones del país reciban el servicio de energía las 24 horas del día, todo el año (Celsia, 2019).

El segundo se denomina *Zonas no interconectadas*, que como su nombre lo indica son áreas del país los cuales no poseen conexión al *SIN*, se caracterizan por presentar baja densidad poblacional, ubicación lejana de los centros urbanos y dificultad en el acceso; la integración de estas zonas al *SIN* presenta altos costos, haciéndose necesaria la prestación del servicio mediante la cogeneración por medio de plantas de energía a diésel, las cuales presenta elevados costos de combustible, operación y mantenimiento debido a las dificultades de transporte de combustible por su ubicación en zonas remotas, lo que se traduce en altos costos del servicio de energía por kW/h (RAPE, 2020).

Para la construcción de la variable se realizó la construcción de un listado unificado con la información del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI), sistema que reporta los municipios que pertenecen al Sistema Interconectado Nacional (SIN), así como la información de los municipios reportados por el Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE), entidad encargada de reportar los municipios pertenecientes al sistema de transmisión de *Zonas No Interconectadas* (*ZNI*). Al presentarse el caso de reporte de municipios en los dos sistemas de información (mixtos) se corroboró que tales municipios presentan zonas con servicio eléctrico pertenecientes al SIN, así como zonas con servicio eléctrico vinculadas a las ZNI.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la subvariable sistema de trasmisión de energía eléctrica, el resultado fue el siguiente:

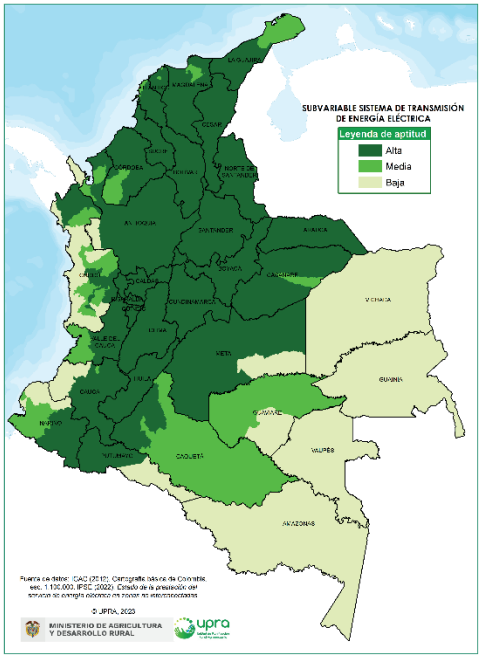
Aptitud alta (A1): municipios con la totalidad de su área perteneciente al SIN.

Aptitud media (A2): municipios mixtos, con áreas pertenecientes al SIN y a ZNI.

Aptitud baja (A3): municipios con la totalidad de su área perteneciente al ZNI.

A continuación, se presenta el resultado de la subvariable *Sistema de trasmisión de energía eléctrica:*

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



Subvariable tarifa media rural no residencial de energía eléctrica.

Las tarifas en el contexto de servicios públicos domiciliarios se entienden como la «valoración fijada a los productos de servicios públicos, cuyo insumo para su cálculo es generado la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) por ejemplo)» (EPM 2021). En este sentido, la tarifa media rural residencial, se refiere a la tarifa promedio que es cobrada a los usuarios del servicio de energía eléctrica en el ámbito rural y que pertenecen al sector residencial.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Con base en la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1\text{-}1{,}5*RI, Q_3+1{,}5*RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1 - Q_3.

Dado a que se encontraron más del 5 % de datos atípicos, la decisión es utilizar el método de k-medias.

Clasificación de los municipios por aptitud.

Se utiliza la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indica la necesidad de utilizar el método de K-Medias.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos.

Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por (MacQueen 1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

a. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b. De manera inicial se divide en dos grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que se calcula como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.

d. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

e. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

Al rea lizar el procedimiento anteriormente descrito para la subvariable tarifa media rural no residencial, el resultado fue tres agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

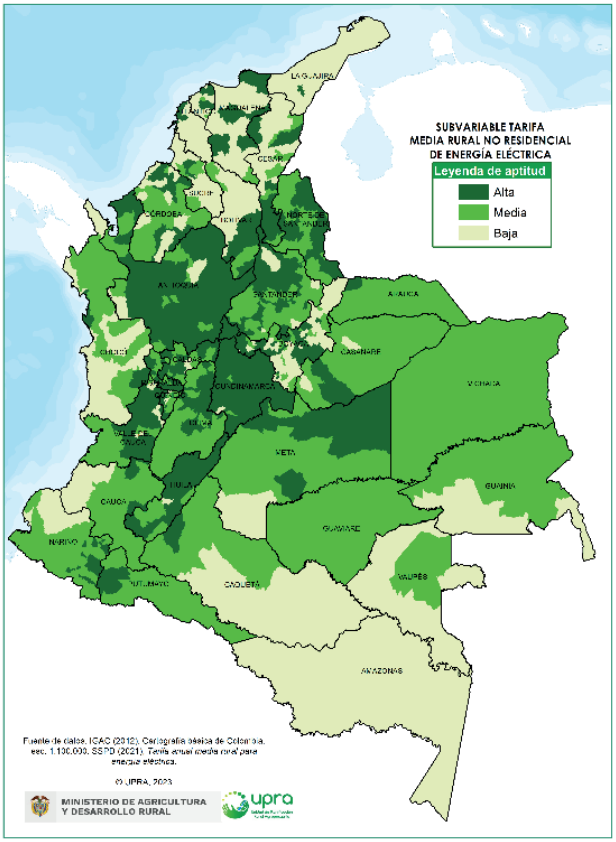
Aptitud alta (A1): municipios con tarifa media rural inferior a $ 411 por kilovatio.

Aptitud media (A2): municipios con tarifa media rural entre $ 411 y $ 524 por kilovatio.

Aptitud baja (A3): municipios con tarifa media rural superior a $1027 por kilovatio.

A continuación, se presenta el resultado de la subvariable tarifa media rural no residencial:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



Para generar el mapa de la variable, se realizó una integración de las tres subvariables mediante árbol de decisión con ponderación aritmética igualitaria de las subvariables y dos cortes por sumatoria, donde se evalúa la favorabilidad en el acceso al servicio público de energía eléctrica rural.

Esto significa que los valores categóricos de cada subvariable se convierten en valores computables de la siguiente forma: A1 equivale a un valor de 3 puntos, A2 equivale a un valor de 2 puntos y A3 equivale a un valor de 1 punto. De esta forma, se ponderan y agregan los resultados de cada subvariable para cada municipio y dicha sumatoria se contrasta para asignar los niveles de aptitud de la variable energía eléctrica rural.

Aptitud	Puntuación	Descripción
A1	> 7	Municipios con más de 81,6 % de cobertura, conectados al SIN y con tarifa media rural inferior a $ 411 por kilovatio
A2	5-7	Municipios entre 46,3 y 81,6 % de cobertura, con áreas pertenecientes al SIN y a ZNI y con tarifa media rural inferior entre $ 411 y $ 524 por kilovatio
A3	< 5	Municipios con menos de 46,3 % de cobertura, pertenecientes al ZNI y con tarifa media rural superior a $1027 por kilovatio

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

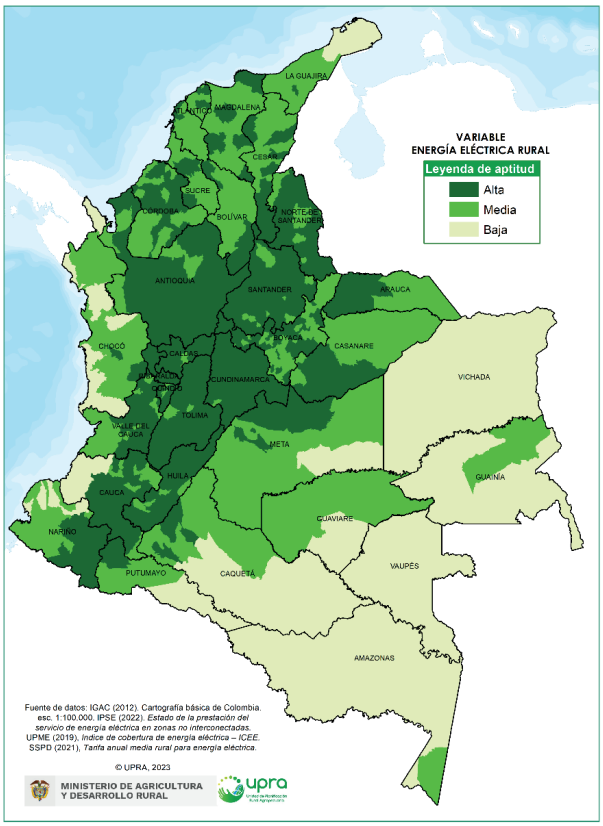
Calificación del índice de prestación del servicio de energía eléctrica rural

Nivel de favorabilidad (unidad)	Aptitud
Municipios > 7	Alta (A1)
Municipios 5-7	Media (A2)
Municipios < 5	Baja (A3)

Unidad de análisis	Nivel de favorabilidad (unidad)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE). (2020). *Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No interconectadas.* • ICEE. (2022). Recuperado de : http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx en formato Excel, allí se tuvieron en cuenta los datos de ICCE resto para los 1122 municipios del país. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Sistema Único de Información (SUI). (2022). *Reportes comerciales del servicio de energía por municipio y departamento.* Recuperado de • http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096 , http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_103). https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/Estado-de-la-prestaci-n-del-servicio-de-energ-a-en/3ebi-d83g/data • UPME. (2018). Índice de cobertura de energía eléctrica ICEE-Resto • UPME. (2019). *Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE).* Bogotá D. C., Colombia.

3.2.6. Variable cobertura de internet móvil

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios			
VARIABLE: Cobertura de internet móvil		UNIDAD DE MEDIDA: Tecnología y número de antenas/10 km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO:		Análisis jerárquico	√
		Condicionante legal	
		Exclusión técnica	
		Restricción legal	
DEFINICIÓN			
Área geográfica en la que se dispone del servicio, para realizar llamadas de voz y utilizar datos móviles para navegar por internet.			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
La creciente necesidad de comunicación en tiempos más cortos y entre puntos remotos, ha posicionado la comunicación móvil como la principal forma de intercambio y tránsito de datos de forma inalámbrica, lo que permite a las comunidades acceder de forma más inmediata a información que, en algunos casos, puede advertir sobre alguna situación de emergencia en una zona determinada, comunicar y compartir datos gráficos y alfanuméricos, realizar planeación territorial gracias al acceso a datos de geolocalización, entre otros diversos usos de consulta que optimizan y contribuyen a la mejora de procesos, productos y servicios.			
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO			
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).			
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
La elección del ancho de banda de Kernel responde a criterios cartográficos, entendiéndose que, a mayor ancho de banda, los resultados son más suavizados y generalizados, y a menor ancho de banda, hay mayor detalle en el mapa. Igualmente, la temporalidad de la información dado el avance en la ampliación de cobertura y el desarrollo de nuevas tecnologías.			

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Agencia Nacional de Espectro (ANE). (2020). Espectro del cubrimiento del servicio móvil.

MinTIC. (2021). Cobertura municipal del servicio móvil de los proveedores de redes y servicios

2. Precisiones de la información.

Para el desarrollo de esta variable, se establecieron las siguientes subvariables:

a. *Subvariable densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil*, se construyó a partir de los siguientes insumos:

Insumo módulo de cubrimiento (servicio móvil), para la construcción, se siguieron los siguientes pasos:

- Se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga del cubrimiento de antenas de servicio móvil disponible en el Visor de Espectro a cargo de la Agencia Nacional de Espectro.

Se realizó la consulta del cubrimiento para todo el país, obteniéndose una base datos espacializable con 39.508 registros con 14 atributos como son ID estación, tipo, banda, Frecuencia, potencia, altura, departamento, municipio, coordenada, entre otros.

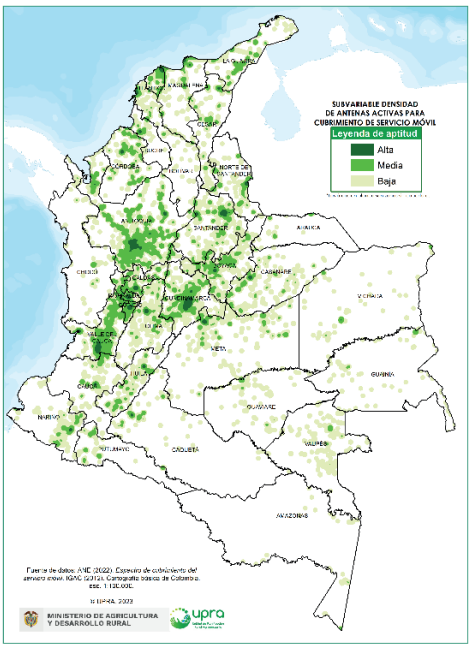
El objetivo de esta subvariable es obtener la distribución de densidad de antenas en el territorio nacional, para ello se realizó una depuración de la información con el objetivo de identificar los lugares en los cuales se reporta más de una antena y se procedió a realizar un conteo numérico de las antenas presentes en un mismo sitio, con el objetivo de conformar una base de datos y obtener el parámetro de población para realización de un análisis de densidad apropiado. Con tal análisis y distribución se procedió a realizar un análisis de densidad de Kernel o mapa de calor con el objetivo de obtener una distribución de las antenas en el territorio colombiano. Se utilizaron los parámetros: Población y ancho de banda de Kernel de 10 km^2.

- Los valores de densidad de antenas se estimaron mediante una clasificación por intervalos geométricos, obteniéndose la siguiente tabla:

Densidad de antenas de servicio móvil	Rango	Calificación
Alto	HSPA y LTE > 2 antenas	A1
Medio	Tecnología 3G < 2 antenas	A2
Bajo	Sin cobertura	A3

Se generó la siguiente salida gráfica:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



b. *Subvariable tipo de cobertura móvil:* Se construyó a partir de los siguientes insumos:

Informe trimestral de las TIC

Se siguieron los siguientes pasos:

- Para la construcción de esta subvariable se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga de la tabla 16 del informe trimestral de las TIC, el cual contiene la información de cobertura del servicio móvil desagregada por municipio/centro y por tipo de tecnología y/o generación móvil (2G, 3G, HSPA y LTE).

Con dicha información se realizó el enlace de información a la capa de centros poblados del DANE (2021); posteriormente, se halló el centroide de cada centro poblado con el objetivo de realizar un análisis de densidad apropiado, y se eligió la densidad de Kernel con la finalidad de obtener una distribución del cubrimiento nacional por tipo de tecnología. Para el análisis de densidad de Kernel, se utilizaron los siguientes parámetros de población según la tecnología: A1=100, A2=50, A3=10; y ancho de banda de Kernel de 10 km^2.

Los valores de densidad hallados se calificaron mediante una clasificación por intervalos geométricos de tres niveles:

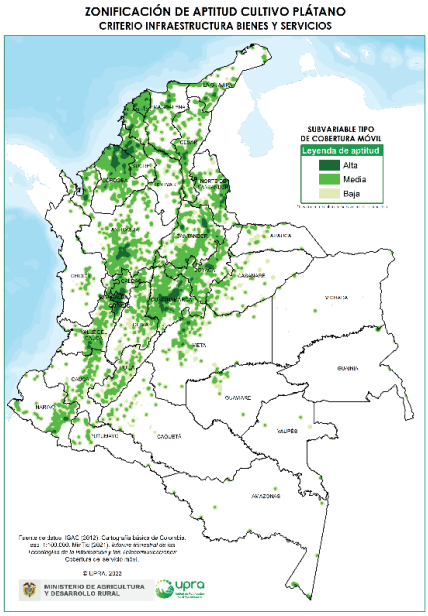
Densidad de antenas de servicio móvil	Rango	Calificación
Alto	Tecnología HSPA y LTE	A1
Medio	Tecnología 3G	A2
Bajo	Tecnología 2G-Sin cobertura	A3

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para generar el mapa de la variable, se realizó una integración de las dos subvariables mediante una matriz de ponderación aritmética en el cual la subvariable tipo de cobertura móvil reporta un peso del 70 % y la subvariable densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil reporta un peso del 30 %.

Subvariable	Densidad de antenas activas para cobertura del servicio móvil (30 %)			
Tipo de cobertura móvil (70 %)		A1	A2	A3
	A1	A1	A1	A2
	A2	A1	A2	A3
	A3	A2	A3	A3

Se generó la siguiente salida gráfica:



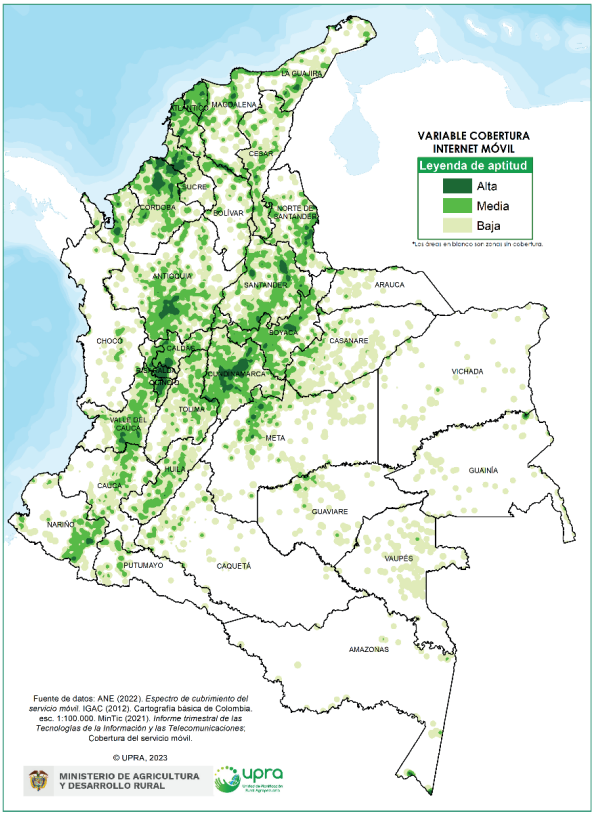
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tecnología y número de antenas/10 km^2	Aptitud
Tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas	Alta (A1)
Tecnología 3G, < 2 antenas	Media (A2)
Sin cobertura	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tecnología y número de antenas/10 km^2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO PLÁTANO
CRITERIO INFRAESTRUCTURA BIENES Y SERVICIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANE. (2022). *Espectro del cubrimiento del servicio móvil*. Recuperada de https://espectro-co.ane.gov.co/ en el módulo Cubrimiento-visor del espectro cubrimiento.
- IGAC. (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia IGAC: UPRA.
- MinTic. (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las Telecomunicaciones*. Cobertura del servicio móvil. Recuperado de https://www.colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-178487.html.

3.3 Criterio *asociatividad e institucionalidad*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Asociatividad e institucionalidad			
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Asociaciones, expresadas en tiempo de desplazamiento en horas.
- Gremio, expresado en tiempo de desplazamiento en horas.
- Entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA), expresadas en tiempo de desplazamiento en horas.
- Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.
- ICA, expresado en tiempo de desplazamiento en horas.

DEFINICIÓN

Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del plátano, cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación de la actividad productiva.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada, así como la articulación de productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector agrícola en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional y asociatividad favorecen el acceso a los avances de investigación, manejo fitosanitario y fortalecimiento organizacional del sector. Una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecerá mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal, contribuye a mejorar la competitividad del cultivo comercial de plátano.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se cuenta con información actualizada de las asociaciones registradas ni el número de asociados; igualmente, información reciente sobre apertura o cierre de sedes de entidades o registro de nuevas EPSEA.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Asociaciones	Gremio	Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (EPSEA)	Agrosavia	ICA	Ponderación (%)
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones	1					48,4
	Gremio	1/3	1				26,4
	Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (EPSEA)	1/5	1/3	1			13,9
	Agrosavia	1/5	1/5	1/3	1		7,3
	ICA	1/7	1/5	1/5	1/3	1	4,0

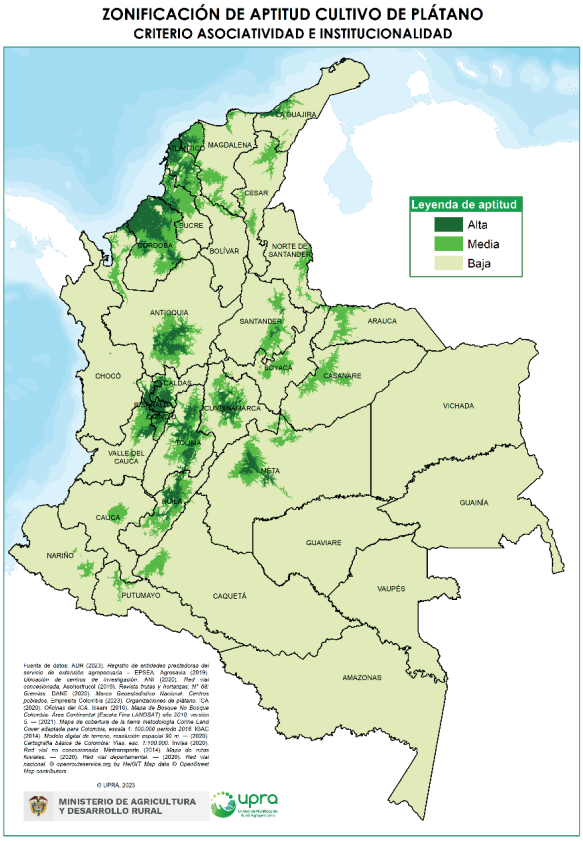
La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociaciones	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (EPSEA)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1/2	1/2-2	> 2
Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2023). *Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)*. Bogotá.
- Agrosavia. (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Bogotá.
- Asohofrucol. (2019). *Sedes de Asohofrucol*. Revista frutas y hortalizas No. 68. Bogotá.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional*. Centros poblados. Bogotá.
- Empresite Colombia. (2023). *Organizaciones de productores de plátano*. Recuperado de: https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/ORGANIZACIONES-DE-PLATANO/
- ICA. (2020). Oficinas del ICA. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.3.1 Variable asociaciones

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="3">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Asociatividad e institucionalidad</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: Asociaciones</td><td colspan="3">UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Organizaciones estructuradas en torno a un producto o sobre una base territorial. Sus miembros incluyen pequeños agricultores, agricultores familiares y productores rurales que también pueden ser pastores, pescadores artesanales, campesinos sin tierra o pueblos indígenas.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">La asociatividad garantiza a los productores reunir sus activos y competencias para superar las barreras de los mercados y otras limitaciones, tales como precios más reducidos en la compra de insumos y equipos.

Ofrecen a los productores oportunidades de mercado, junto a servicios como una mejor formación en gestión y acceso a la información, tecnologías, innovaciones y servicios de extensión de calidad sobre prácticas agrícolas más productivas y sostenibles, al igual que ofrecen perspectivas y oportunidades que los productores no pueden alcanzar de forma individual en los mercados.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">No se cuenta con información actualizada de las asociaciones registradas ni del número de beneficiarios.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Información.

Empresite Colombia. (2022). Asociaciones de productores de plátano.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de Open Route Service para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio Sicetac del Ministerio de Transporte.</td></tr>
</table>

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las asociaciones.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

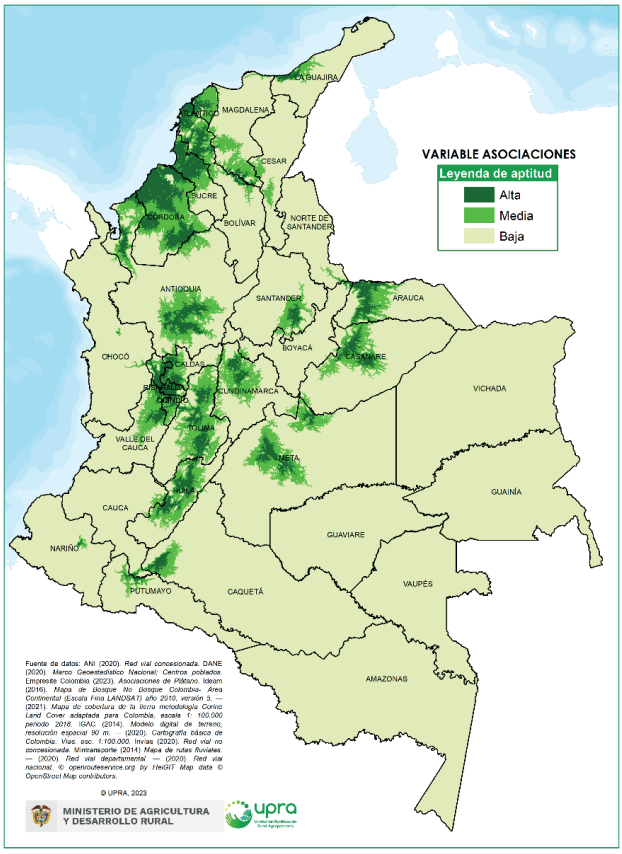
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI (2020). *Red vial concesionaria* • DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional*. Centros poblados. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • IGAC. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. • IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. • MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental* y nacional. Bogotá. • Empresite Colombia. (2022). *Asociaciones de productores de plátano*. Obtenido de: https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/ASOCIACIONES-DE-PLATANO/

3.3.2 Variable *gremio*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO ASOCIADO: Asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: Gremio	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Asohofrucol es la organización gremial y agroempresarial que representa los intereses de los productores colombianos de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos, plantas aromáticas, especias o medicinales; adicionalmente tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal y administra el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH). Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos del territorio, una sede de Asohofrucol.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Representa los intereses de los productores hortofrutícolas de Colombia, entre ellos el plátano; fomenta el mejoramiento productivo y competitivo de sus agronegocios, contribuyendo con el desarrollo rural integral del país.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Asohofrucol no cuenta con presencia de sedes físicas en todo el territorio colombiano, por lo cual el análisis se da en torno al lugar donde se reporta la prestación del servicio de la agremiación.		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Asohofrucol. (2022). Sedes de Asohofrucol.

Precisiones de la Información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades a mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde una sede de Asohofrucol.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

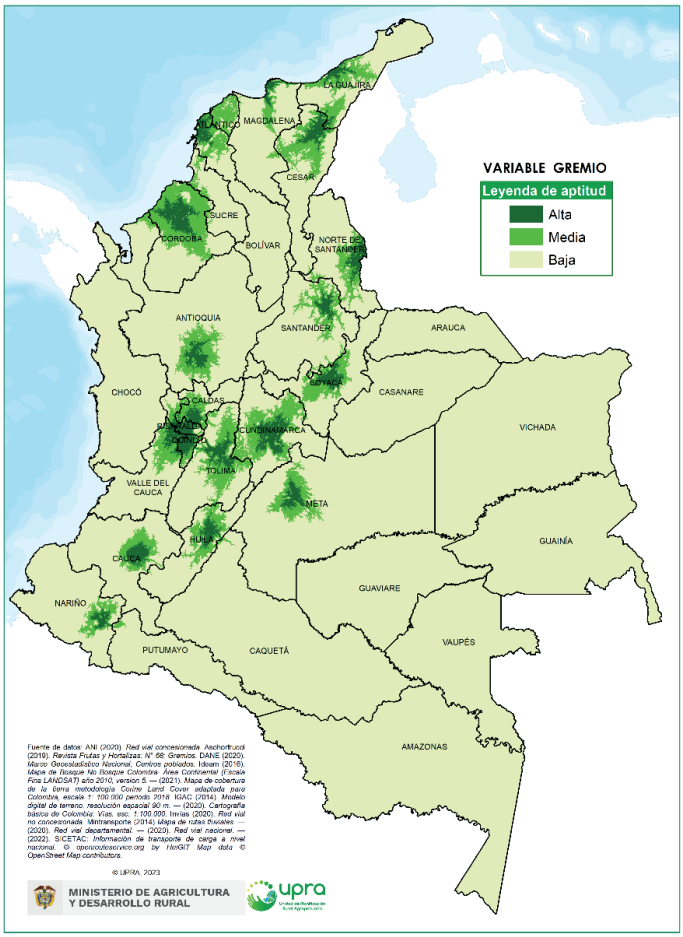
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO COMERCIAL DE PLÁTANO
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Asohofrucol. (2022). Sedes
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional.* Centros poblados
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada.* Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales.* Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.* Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá.

3.3.3 Variable *entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)*

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Socioeconómico. SUBCOMPONENTE: Social</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO: Asociatividad e institucionalidad</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Son entidades como las unidades municipales de asistencia técnica Agropecuaria (Umata), Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial (CPGA), gremios agropecuarios, empresas privadas o de naturaleza mixta, asociaciones de profesionales, universidades y demás instituciones de educación superior, agencias de desarrollo local (ADL), entidades sin ánimo de lucro, organizaciones o asociaciones de productores, entre otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación de que trata el artículo 33 de la Ley 1876 de 2017.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a los servicios de asistencia técnica agropecuaria, a través de un desarrollo sostenible de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y forestales, con un acompañamiento integral a los productores, que incrementen sus índices de productividad y competitividad.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">Temporalidad de la información, debido a que se están habilitando las EPSEA en diferentes zonas a lo largo del tiempo; dependiendo de la entidad u organización que se habilite, tiene una cobertura geográfica diferente a la isócrona.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Información.

ADR. (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA).

Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.</td></tr>
</table>

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades a mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde la ubicación de las 162 entidades prestadoras habilitadas por la ADR, las cuales se encuentran en 74 municipios.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

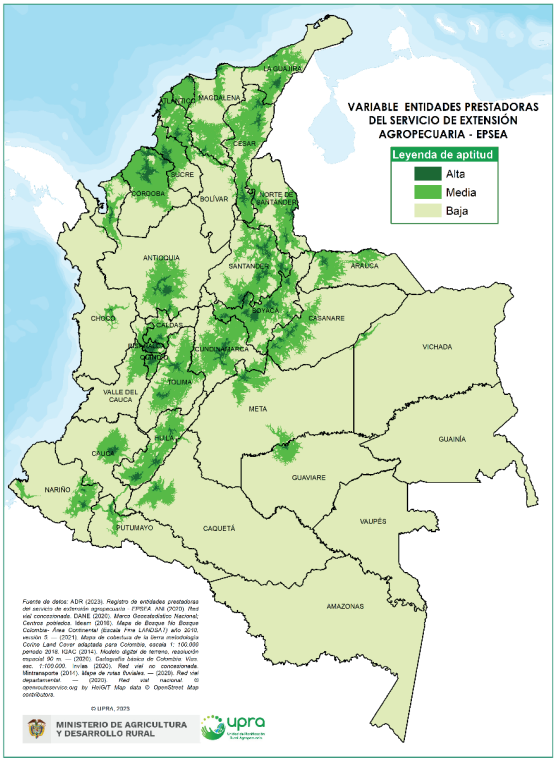
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< ½	Alta (A1)
1/2-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ADR. (2023). *Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria ADR*. EPSEA. Bogotá. • ANI (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá. • IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.3.4 Variable *Agrosavia*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: Agrosavia	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario. Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio a un centro de Agrosavia.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional asociada a la innovación y transferencia de conocimiento y tecnologías encaminadas a generar cambios tecnológicos y a mejorar la competitividad de los cultivos comerciales. A mayor cercanía de una sede de Agrosavia, se tiene mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para mejorar los procesos productivos. Representa para los productores la posibilidad de acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para el manejo de investigaciones agrícolas y, en general, a los servicios de la Corporación.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La cobertura de Agrosavia es nacional, por lo que los puntos de referencia de las sedes, limita el análisis de la variable.		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Agrosavia. (2019). Centros de investigación Agrosavia.

2. Precisión de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como Open Street Maps, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio Sicetac del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las sedes de Agrosavia.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

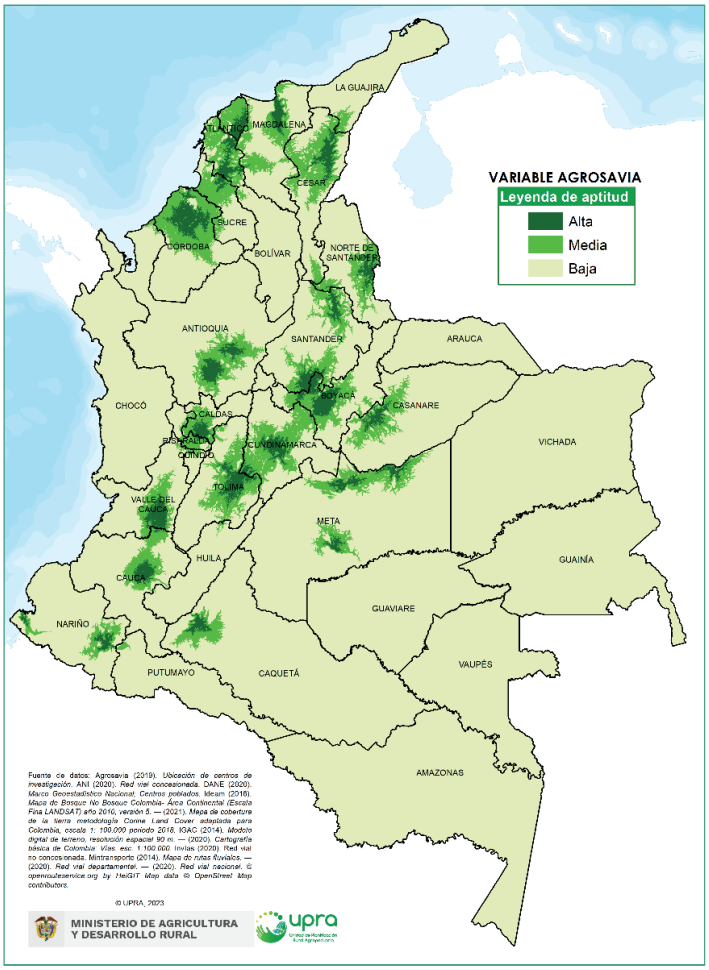
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1- 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). Ubicación de los centros de investigación. Bogotá.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional. Centros poblados. Bogotá.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Invías. (2020). Red vial no concesionada. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). Mapa de rutas fluviales. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.3.5 Variable *ICA*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social			
CRITERIO ASOCIADO: Asociatividad e institucionalidad			
VARIABLE: ICA	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	
DEFINICIÓN			
Sedes de la entidad oficial, cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional y aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias.			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
Contribuye al desarrollo sostenido del sector agrícola, la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para la producción comercial de los cultivos. Productores con posibilidades de acceso a la asesoría para el manejo fitosanitario de los cultivos, buenas prácticas agrícolas, e inspección, vigilancia y control de la producción de semilla certificada, entre otras; con lo que se pueden obtener mayores productividades y mejor calidad.			
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO			
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).			
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
El ICA tiene presencia en todo el territorio nacional, pero la cobertura de sus sedes, no necesariamente coincide con las isócronas.			
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN			
Información. ICA (2020). Oficinas del ICA. **Precisión de la información.** La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas: Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí. **Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades a mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.			

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las sedes del ICA.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

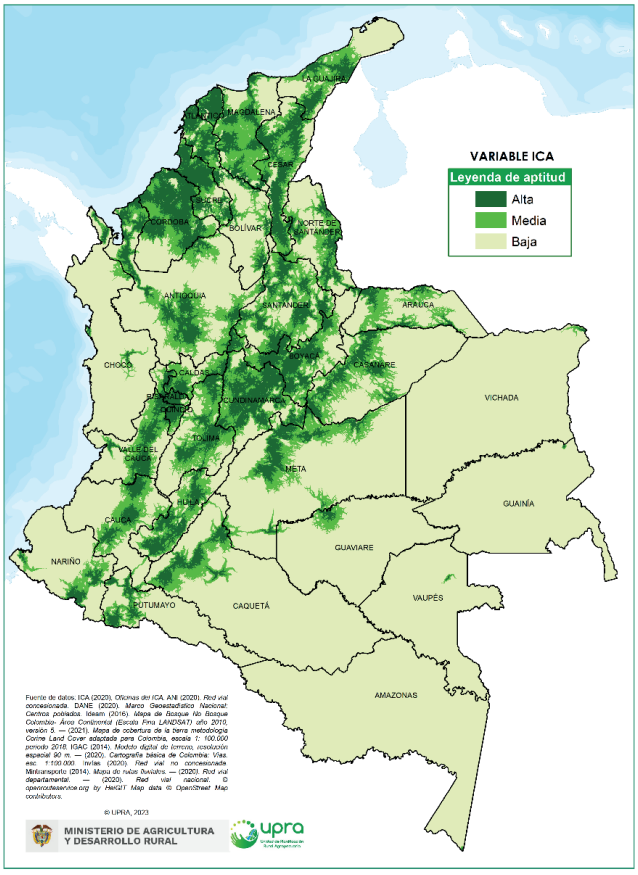
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI. (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*. Bogotá. • ICA. (2020). *Oficinas del ICA*. Bogotá. • IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.4 Criterio *disponibilidad de mano de obra*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET), expresada como número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2. • Oferta educativa técnica y tecnológica, expresada en tiempo de desplazamiento, en horas • Oferta educativa universitaria, expresada en tiempo de desplazamiento, en horas.		
DEFINICIÓN		
Identifica la disponibilidad de mano de obra en los municipios con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) y a los requerimientos del cultivo de plátano. Evalúa además las zonas cercanas en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica, que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Brinda información sobre la suficiente disponibilidad de mano de obra rural de un municipio para atender la demanda de trabajadores requeridos en el cultivo de plátano. Tiene en cuenta el número de habitantes en edad de trabajar y las capacidades institucionales para dotar de habilidades y conocimientos a los trabajadores (oferta de programas de formación académica en la zona). Estos elementos hacen posible que las unidades productivas agrícolas incrementen su productividad y la competitividad, al implementar de mejor manera procesos técnicos, sin estar limitados por la insuficiencia de personal capacitado. Adicionalmente, permite a los agentes económicos prever y dimensionar la cantidad de capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, factores que determinan la competitividad de la producción en los territorios.		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La información disponible para determinar la población rural en edad de trabajar corresponde a las proyecciones de población para el año 2022 realizadas por el DANE, ajustadas luego del COVID-19, por distribución etaria (entre 15 y 62 años de edad) y ubicación entre áreas urbanas o rurales de los municipios. Los resultados obedecen a la población proyectada para el año 2022, dejando de lado la dinámica que se reflejará en años posteriores como consecuencia de la eventual mayor proporción de población en los rangos etarios más altos (50 años en adelante, por ejemplo); lo que limita la capacidad de análisis del municipio en cuanto a oferta de mano de obra en el mediano y largo plazo.

Adicionalmente, la base del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) proporciona datos sobre la ubicación geográfica de los programas académicos (técnicos, tecnológicos y universitarios) y de las sedes donde tienen autorizado impartir dicha formación, quedando así al margen la oferta de cursos no formales que ofrece entidades como por ejemplo el SENA o gremios y asociaciones. Así mismo, no se tiene en cuenta el eventual uso de las nuevas metodologías de la información y la comunicación que posibilitan que la ubicación real de sus estudiantes puede distanciarse de las cabeceras municipales donde están autorizados a funcionar.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Densidad de población rural en edad de trabajar	Oferta educativa técnica y tecnológica	Oferta educativa universitaria	Ponderación (%)
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de población rural en edad de trabajar	1			61,8
	Oferta educativa técnica y tecnológica	1/3	1		29,7
	Oferta educativa universitaria	1/5	1/3	1	8,5

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

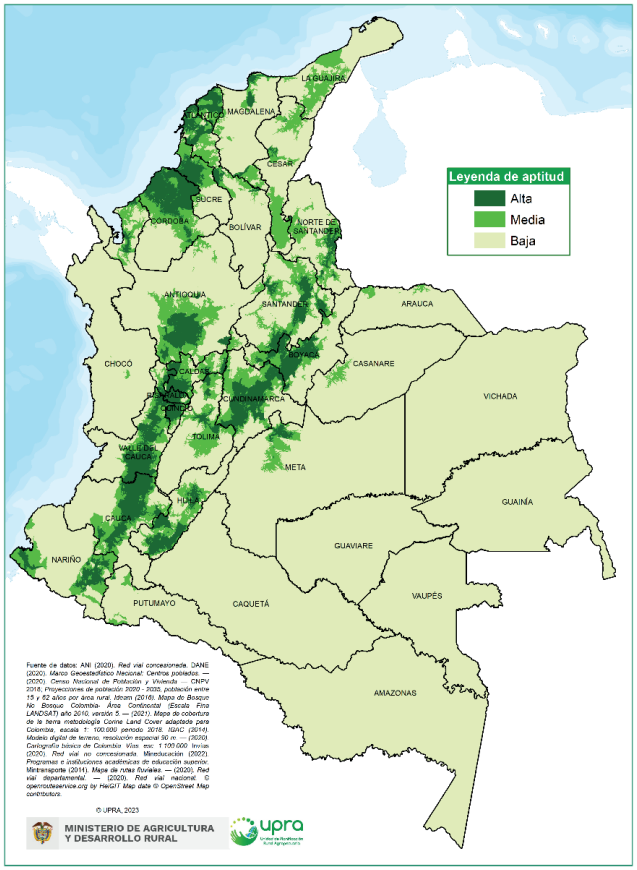
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Densidad de población rural en edad de trabajar	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2	> 24,38	9,77-24,38	< 9,77
Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI. (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá. • DANE. (2020). Marco geoestadístico nacional: Centros poblados. Bogotá. • DANE. (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. *Proyecciones de población 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural*. Bogotá. • DNP. (2023). Sistema de estadísticas territoriales (Territata). Recuperado de: <https://territata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá. • IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución 90 m*. Bogotá. • IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • MinEducación. (2022). *Programas activos e instituciones académicas de educación superior*. Bogotá. • MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC: Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

3.4.1 Variable densidad de población en edad de trabajar (PET)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Densidad de población en edad de trabajar (PET)	UNIDAD DE MEDIDA: Número de habitantes rurales/km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km^2, frente a las necesidades de mano de obra de acuerdo con la tecnología empleada en el cultivo de plátano hartón y dominico hartón. Dada la disponibilidad de la información de población municipal por edad, se define el rango etario de 15 a 62 años como la población en edad de trabajar según las series de población proyectadas por el DANE para el año 2022.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se establece una relación directa entre el número de personas en edad de trabajar/km^2 en la zona rural y la oferta potencial de mano de obra en el territorio, que se traduce en la aptitud productiva del municipio para desarrollar el cultivo de plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, de acuerdo con la mano de obra que este cultivo requiere. Municipios con una mayor población rural en edad de trabajar en un área relativamente pequeña, tendrán altos valores de esta variable, lo que permite a los productores y agentes económicos mejores opciones en la disponibilidad de mano de obra (oferta laboral) que podría ser aprovechada para el desarrollo de las actividades agrícolas.		

Por el contrario, aquellos municipios que tienen bajos niveles de población rural en edad de trabajar y que tienen áreas relativamente grandes, tendrán bajos valores de esta variable, lo que reducirá la posibilidad de que los agentes económicos encuentren la mano de obra necesaria para sus iniciativas productivas. Lo anterior, permite que los productores e inversionistas, así como los hacedores de política, identifiquen las mejores opciones en la oferta laboral, según el nivel de intensidad en el uso de este factor productivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La población rural en edad de trabajar calculada puede diferir de la real en el sentido de que, dada la disponibilidad de información, no existe forma técnica de considerar la población dedicada de tiempo completo a su educación o al trabajo del hogar, o que presentan condiciones especiales de discapacidad que limiten su capacidad productiva.

Aunque la definición de población en edad de trabajar para las áreas rurales se define por convención estadística a partir de los 10 años, se decide establecer el rango etario desde los 15 años para excluir población infantil que puede ver vulnerados sus derechos al vincularse muy tempranamente al mercado laboral. Del mismo modo se establece como rango superior los 62 años que es la edad de retiro para los hombres y 57 para las mujeres, en el sistema provisional de prima media. Los dos anteriores supuestos, aunque necesarios, pueden distorsionar la realidad de la oferta laboral en algunos territorios en los que dichas poblaciones no contabilizadas pueden jugar un papel importante para la producción agrícola familiar.

Adicionalmente, no se cuenta con la posibilidad de distinguir a aquellos individuos que no ofrecen su fuerza laboral por vivir de rentas o pertenecer a un régimen pensional que aún en su fase de vida productiva les permita recibir ingresos sin ofrecer su mano de obra. Otro limitante resulta al no poder establecer el nivel de interés real de los individuos en vincularse a este sistema productivo agrícola como opción y alternativa productiva de vida.

Por otra parte, la distinción urbana y rural de la población por su residencia, no excluye la posibilidad de que las mismas ofrezcan su capacidad productiva en la zona rural cuando viven en el casco urbano, o que viviendo en la zona rural se desplacen al casco urbano para trabajar (conmutación), incluso existiendo la posibilidad de un desplazamiento a otro municipio cercano. No obstante, aquí se contabiliza la población rural (en centros poblados y rural disperso) con el fin de evitar una sobre estimación de la población dispuesta a vincularse en las actividades rurales.

Finalmente, las áreas territoriales utilizadas para la estimación de la densidad espacial son muy sensibles a la existencia de territorios excluidos tanto de la frontera agrícola nacional como de otras limitaciones y condicionantes físicas y legales, por lo que, aunque se supone una distribución homogénea de la población rural en edad de trabajar dentro del territorio municipal, en la mayoría de los casos dicho supuesto no se cumple.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. (2020). Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural (centros poblados y rural disperso).

DNP. (2023). Extensión territorial municipal. Información obtenida del portal Territata.

2. Precisiones de la Información.

La fuente para la estimación de la población en edad de trabajar (PET15-62) rural son las proyecciones de población municipal para 2022 por área, sexo y edad. La información se procesa considerando hombres y mujeres entre 15 y 62 años, habitantes de centros poblados y áreas rurales dispersas, los que se suman para estimar la población municipal rural en edad de trabajar. Dicho resultado es dividido en el área territorial del municipio reportada por el DANE y consolidada por el DNP en el portal Territata.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se realiza un análisis de consistencia en el que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se ordena de mayor a menor, según la población en la zona rural, para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1\text{-}1{,}5*RI, Q_3+1{,}5*RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1 - Q_3.

Dado que el resultado es que más del 5 % corresponde a datos atípicos, la decisión es utilizar el método de Dalenius.

Clasificación de los municipios por aptitud.

Para definir los rangos de aptitud se estableció un punto de corte inicial definido por el requerimiento técnico de mano de obra por hectárea para el cultivo de plátano, en los que se consideró lo siguiente:

Se realizó un modelo representativo de la actividad agrícola nacional (la tecnología usada, por ejemplo), estimando el uso de mano de obra en las labores de siembra, mantenimiento y cosecha de plátano hartón y dominico hartón en máximo 89 jornales/hectárea/año. Así, se estimó como requerimiento técnico de mano de obra 24,3 jornales km^2/día.

Este requerimiento técnico es el punto de corte es el que determinar los municipios con aptitud alta (A1), por tener una mayor densidad y sobre los cuales se espera que tengan las mejores condiciones de oferta de mano de obra rural. Para la estimación de los rangos con aptitud media (A2) y baja (A3) se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indican la necesidad de utilizar el método de Danelius.

El método estadístico Dalenius-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres $(k = 2)$.

El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min(L*10, n)$.
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados, para cada clase de la siguiente manera:

$$Lim\inf Ck = \min\{X(i)\} + (K-1) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

$$Lim\sup Ck = \min\{X(i)\} + (K) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase $fi \; i\epsilon \{1, \dots, J$
5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia den cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

Q, 2Q, ..., (h-1) Q

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella clase que presenta la mínima distancia a Q. Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes a los límites inferior y superior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al realizar el procedimiento para la variable densidad de la población rural en edad de trabajar el resultado fueron tres agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

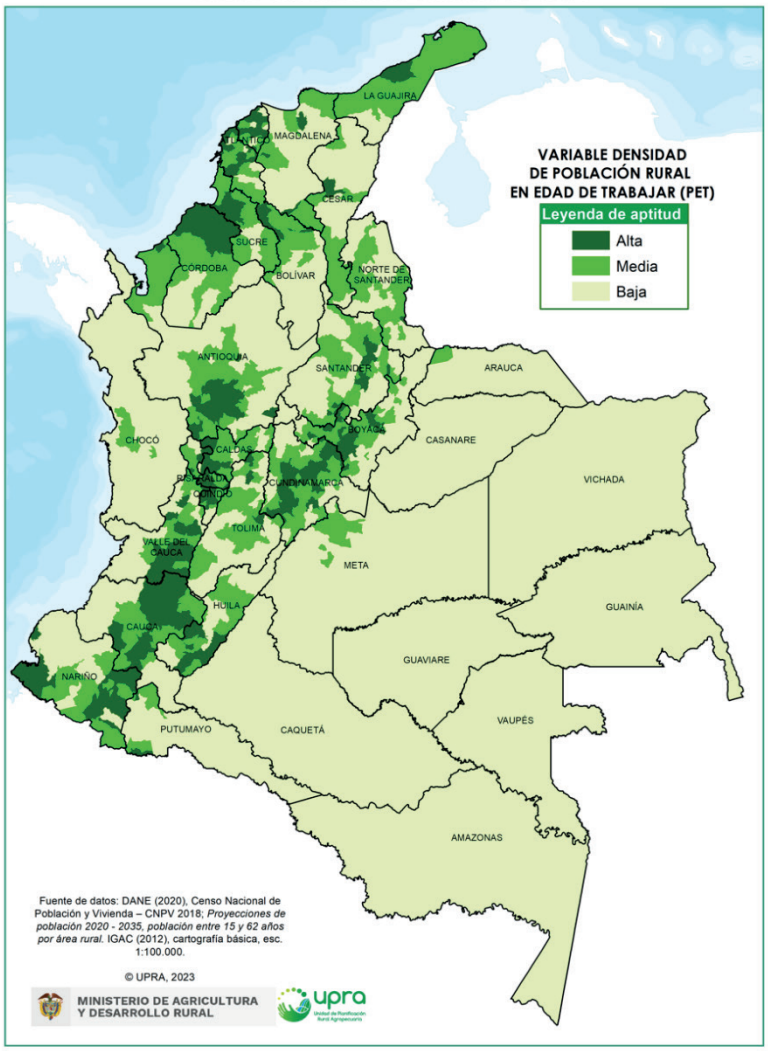
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3). Los resultados de dichos agrupamientos fueron los siguientes:

Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	Aptitud
> 24,4	Alta (A1)
9,7-24,4	Media (A2)
< 9,7	Baja (A3)

Unidad de análisis	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. *Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural (centros poblados y rural disperso)*. Bogotá. • DNP. (2023). *Sistema de Estadísticas Territoriales*. Portal Territata. Recuperado de: <https://territata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.4.2 Variable oferta educativa técnica y tecnológica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: socioeconómico	SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra			
VARIABLE: Oferta educativa técnica y tecnológica	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior técnico y/o tecnológico oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola, que facilitan la capacitación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Mide la posibilidad de la población de acceder a programas de formación técnica y tecnológica, para elevar así su competencia y su productividad laboral. La educación es uno de los elementos más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, y particularmente la capacitación y la formación para el trabajo técnico y tecnológico, como una de sus expresiones, brinda la posibilidad de actualizar competencias en el manejo de la información y en los procesos de innovación propios de las labores agrícolas y los adelantos tecnológicos y científicos. Esta dimensión eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad de que los empresarios agrícolas y la población productora campesina dispongan de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos y tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola. Por lo tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel técnico y tecnológico en áreas relacionadas a la actividad agrícola. Los territorios donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a programas de formación académica son más aptos por poseer mayor potencial de cualificación de mano de obra en temas afines a la producción agrícola, potenciando las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad municipal.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados depende de la distancia y tiempo de desplazamiento que los estudiantes deben recorrer para asistir a las actividades académicas, pero también del número de programas, su tamaño, capacidad de atención de estudiantes, y de la calidad, prestigio y nivel de formación impartidos a sus estudiantes. Lo anterior hace que no necesariamente los estudiantes acudan a los programas de educación superior que se encuentran más cerca, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas últimas dimensiones no están siendo medidas con esta variable dada la disponibilidad de información actual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

SNIES. (2023). Lugar de oferta, coberturas por centros de tutoría, centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión de programas técnicos y tecnológicos relacionados con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta.

Se tuvo en cuenta los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, de esta forma no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino que también se tiene en cuenta otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa especialmente en las zonas rurales.

2. Precisiones de la información.

Programas académicos ofertados relacionados con la actividad agrícola y el cultivo de plátano, reportados en el SNIES del MinEducación. Se tiene en cuenta los programas activos para marzo de 2023 en el momento de la consulta. Los programas identificados fueron los siguientes:

- Técnica profesional en manejo de suelos y aguas
- Técnica profesional en producción agroecológica de cultivos
- Técnica profesional en producción agropecuaria
- Técnico profesional en manejo y conservación de productos agroindustriales
- Técnico profesional en procesos agroindustriales
- Técnico profesional en producción agrícola
- Tecnología agroambiental
- Tecnología agroindustrial
- Tecnología agropecuaria
- Tecnología en administración y mercadeo agropecuario
- Tecnología en agricultura de precisión
- Tecnología en agrobiotecnologia
- Tecnología en gestión agroambiental
- Tecnología en gestión agroempresarial
- Tecnología en gestión agroindustrial
- Tecnología en gestión de empresas agropecuarias
- Tecnología en gestión de insumos agropecuarios
- Tecnología en gestión de la empresa agrícola
- Tecnología en gestión de la producción agrícola
- Tecnología en gestión sostenible de la producción agropecuaria
- Tecnología en procesos agroindustriales
- Tecnología en producción agrícola
- Tecnología en producción agroecológica
- Tecnología en producción agroindustrial
- Tecnología en producción agropecuaria
- Tecnología en producción agropecuaria ecológica
- Tecnología en producción de agrocultivos
- Tecnología en producción y gestión agropecuaria.

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo; o cualquiera de las otras formas de cobertura, partiendo de su casco urbano se estimaron isócronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil; adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, para obtener las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde mis puntos de interés.

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos con registro formal de formación técnica o tecnológica relacionados con la actividad agrícola, sobre los que se construyen las isócronas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

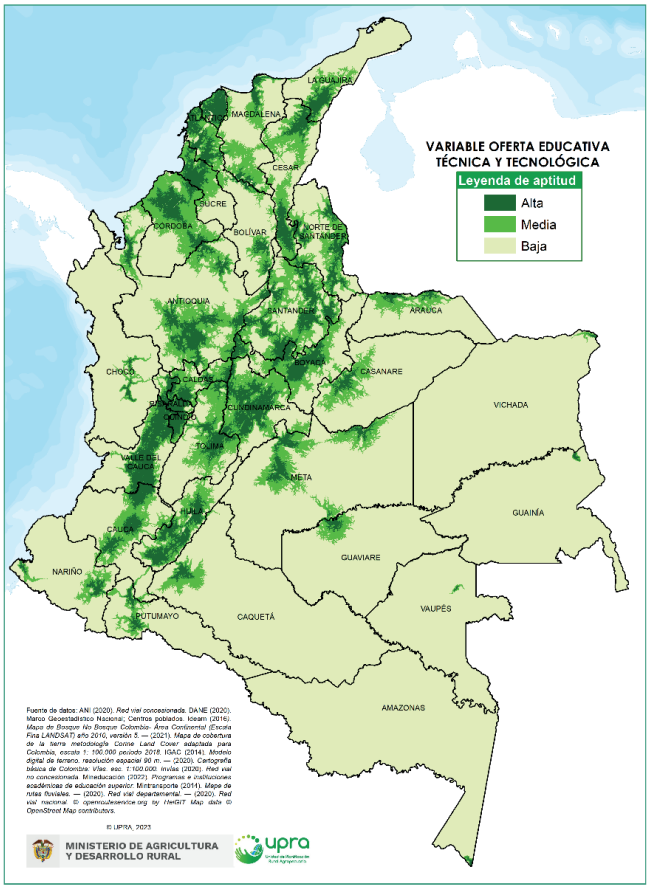
Los rangos para la representación cartográfica de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá.
- DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- DNP. (2022). *Portal Territdata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. Recuperado de: <https://territdata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia:
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinEducación. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.4.3 Variable oferta educativa universitaria

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Oferta educativa universitaria	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior universitaria oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola (ingeniería agronómica, agronomía, ingeniería agroecológica, entre otros) que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Mide la posibilidad de la población de acceder, cerca de su territorio, a programas de formación universitaria para elevar sus competencias y la productividad del sector. El proceso general de educación es uno de los elementos más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, y particularmente la formación universitaria como una de sus expresiones, se enfoca no solo en la construcción de procesos sino en la sistematización de las experiencias, indagando y conceptualizando, haciendo énfasis en aspectos teóricos y de investigación.

Esta dimensión eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los empresarios agrícolas y a los productores campesinos de disponer en el territorio de talento humano, con destrezas y/o conocimientos para la dirección de equipos de trabajo y resolución de problemas que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola.

Por lo tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel universitario de agronomía, administración en sistemas agropecuarios, agroecología, entre otros. Las zonas donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a estos programas de formación académica son más aptas por poseer mayor potencial de cualificación de mano de obra a nivel de dirección y planificación estratégica, potenciando las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad territorial.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados depende de la distancia y tiempo de desplazamiento que los estudiantes deben recorrer para asistir a las actividades académicas, pero también del número de programas, su tamaño, capacidad de atención de estudiantes y por sobre todo de la calidad, prestigio y nivel de formación impartidos a sus estudiantes.

Lo anterior hace que no necesariamente los estudiantes acudan a los programas de educación superior que se encuentran más cerca, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas últimas dimensiones no están siendo medidas con esta variable dada la disponibilidad de información actual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

SNIES. (2023). Lugar de oferta, coberturas por centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión de programas universitarios relacionados directamente con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta (marzo).

Se tuvo en cuenta los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, de esta forma no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino que también se tiene en cuenta otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa especialmente en las zonas rurales.

2. Precisión de la información.

Programas académicos ofertados a nivel universitario, y relacionados directamente con la producción agrícola y rural por municipio, reportados en el SNIES del MinEducación. Se tienen en cuenta los programas universitarios, filtrando los programas activos para el año 2023:

- Administración agroindustrial
- Administración agropecuaria
- Administración de agronegocios
- Administración de empresas agropecuarias
- Agroecología
- Agronomía
- Ciencias ambientales
- Ingeniería agroambiental
- Ingeniería agroecológica
- Ingeniería agronómica
- Ingeniería agropecuaria
- Ingeniería agropecuaria
- Pedagogía en ruralidad y paz
- Profesional en agroindustria.

Se consideran los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, la sede principal donde se oferta el programa y otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión.

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo y partiendo de su casco urbano se estimaron isócronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invías, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invías y se le asignaron velocidades mediante muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio Sicetac del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isócronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los puntos de interés.

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos con registro formal de formación universitaria vinculados directamente a la actividad agrícola y rural, sobre los que se construyen las isócronas.

Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento a los centros educativos, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder con regularidad a las actividades académicas presenciales exigidas para la obtención de títulos formales.

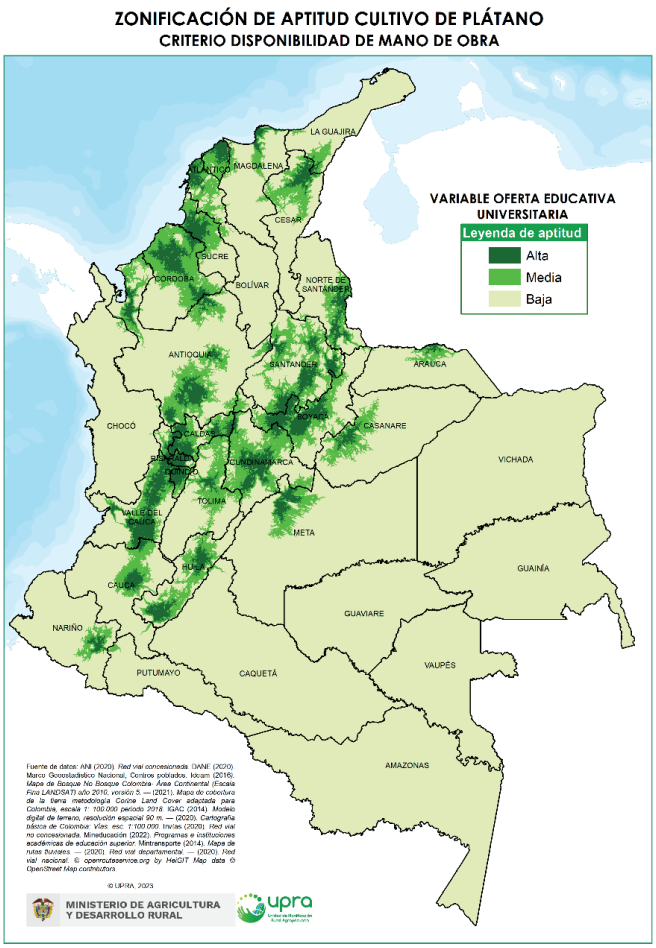
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá.
- DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- DNP. (2022). *Sistema de Estadísticas Territoriales*. Portal Territata. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinEducación. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.5 Criterio *dinámica del mercado de tierras*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Tamaño predial rural, expresado en hectáreas (ha).
- Arriendo rural, expresado en miles de COP$ /ha/año.
- Avalúo catastral rural, expresado millones de COP$ /ha.
- Tendencia a la formalidad, expresada en predios.

DEFINICIÓN

Expone la situación y comportamiento de los predios en torno a la dinámica de la tierra, desde cuatro variables que permiten comprender la capacidad y limitantes del acceso a la tierra para la producción del plátano, al mostrar el impacto del tamaño, la estimación del arriendo, el precio y la formalidad de los predios, con el fin de focalizar las posibles inversiones para el desarrollo de la actividad agropecuaria.

El mercado de tierras rurales se entiende cómo «el conjunto de transacciones o acuerdos libres de coerción, mediante las cuales se realiza el intercambio parcial o total sobre alguno o algunos de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios que no han sido objeto de exclusiones legales» (Artículo 5, Resolución 128 de 2017 de MinAgricultura).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra -a través de compra o arriendo- para el desarrollo rentable de la actividad productiva, además de entregar una presunción de predios que puedan brindar seguridad al acceso de derechos de propiedad, orientando a un nuevo actor, de sus posibilidades de acceso a tierra o, a los ya propietarios con tierras insuficientes, para que puedan ampliar sus áreas productivas y ser más competitivos.

Un productor busca predios económicos, de un buen tamaño para la actividad, con formalidad jurídica y que no tenga la presión del cambio de uso a usos urbanos, con el fin de disminuir la posibilidad de incurrir en mayores costos para desarrollar su actividad.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En el país no se dispone de información sobre precios comerciales del suelo, por lo que se debe acudir al avalúo catastral como un *proxi* que, a pesar de haber sido indexado a través de un índice para dejar todos los municipios en la vigencia 2020, parte de información desactualizada en la mayoría de estos.

Asimismo, la desactualización de la información catastral limita los análisis realizados de formalidad, ya que una de las fuentes de información son los registros 1 y 2 de los catastros nacionales, que deben interrelacionarse con la información de la Superintendencia de notariado y registro, la Agencia Nacional de Tierras y la Unidad administrativa especial de gestión de restitución de tierras despojadas.

También se limita por la existencia de zonas del país, donde aún no se cuenta con procesos de formación catastral; por consiguiente, no hay información física, económica, ni jurídica. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos.

Por otra parte, actualmente, no se cuenta con suficiente información de arriendos compilada, organizada y georreferenciada a nivel nacional.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología de árbol de decisión que es una forma jerárquica, en la cual se califica el grado de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3) para cada una de las variables.

El siguiente paso es realizar la sumatoria de las variables que componen el criterio (previo a esto se han asignado valores de 1 para A3, 2 para A2, y 3 para A1).

El tercer paso es la categorización de las calificaciones resultado de la sumatoria, que se realiza ordenando por importancia y relevancia las variables dentro de la actividad productiva encaminada al acceso a la tierra para que esta pueda ser desarrollada de manera adecuada, en un esquema como el que se muestra a continuación.

Tamaño	Arriendo	Avalúo	Tendencia a la formalidad	Aptitud
A1	A1	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A2
		A2	A1	A1
			A2	A1
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
	A2	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A2
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3

Tamaño	Arriendo	Avalúo	Tendencia a la formalidad	Aptitud
	A3	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
		A3	A1	A2
			A2	A3
			A3	A3

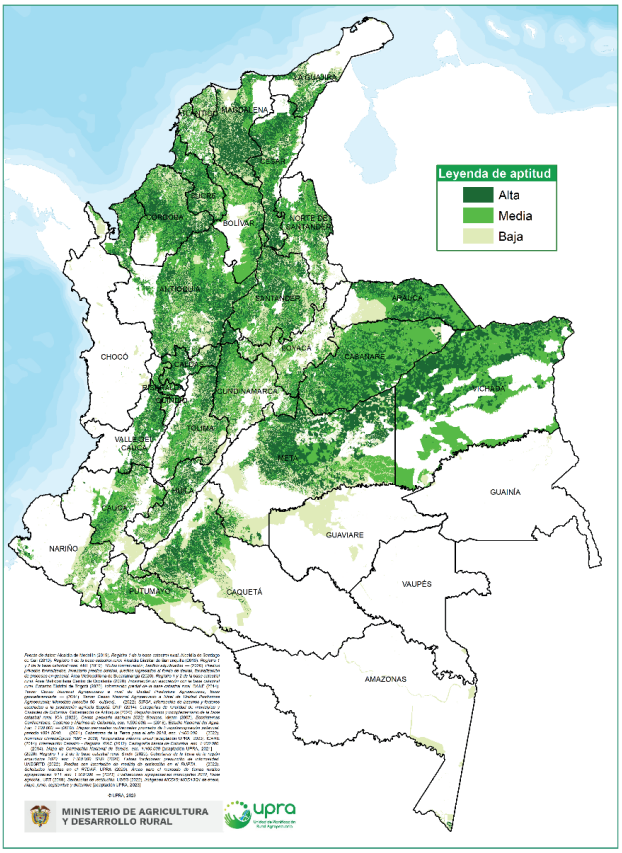
Utilizando la conceptualización experta de las variables ordenadas, se calcularon las aptitudes del árbol, según categorías de aptitud y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Tamaño predial rural	Predios (ha)	> 11,4	2,1-11,4	< 2,1
Arriendo rural	Miles de COP$/ ha/año	< 400	400-1000	> 1000
Avalúo catastral rural	Millones de COP$/ha	< 4,5	4,5-17	> 17 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.
Tendencia a la formalidad	Predios	Con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	Predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios con inscripción en el RUPTA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLATANO
CRITERIO DINAMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020), *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral.*
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.*
- Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.*
- Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*
- ANT. (2019). *Títulos formalización, baldíos adjudicados*, Bogotá.
- ANT. (2020). *Predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general.*
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica.*
- DANE. (2020). *Datos de arriendo para actividades pecuarias.* SIPSA. Bogotá.
- DNP. (2014). *Categorías de ruralidad de municipios y ciudades de Colombia.*
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial Rural Antioquía.*

- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2.*
- IGAC. (2019). *Base catastral, Registros 1 y 2.*
- IGAC. (2014). ICARE. *Interrelación catastro registro.*
- MinAgricultura. (2017). *Resolución 128 de 2017. «Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria».* Artículo 5. numeral 6. Obtenido de: < https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/POL%C3%8DTICA+DE+ORDENAMIENTO+PRODUCTIVO+Y+SOCIAL+DE+LA+PROPIEDAD+RURAL+%28RESOLUCI%C3%93N+128+DE+2017+DEL+MADR%29/af61b286-7e3e-447e-aebd-5c892b5bb407>
- SNR. (2020). Falsas tradiciones, presunción de informalidad. Bogotá.
- UAEGRTD. (2022). Solicitudes de inscripción en el registro de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
- UAEGRTD. (2022). *Predios con inscripción de medida de protección en el RUPTA.*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2015). *Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional.* Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias-V11.* Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). Mapa de apropiación de agua para plátano.

3.5.1 Variable tamaño predial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Tamaño predial	UNIDAD DE MEDIDA: predios (hectáreas)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Superficie de terreno en rangos de tamaños prediales, definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo de plátano y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva. Para efectos de la zonificación de aptitud, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite que un nuevo actor o uno que tiene tierra insuficiente, pueda evidenciar dónde los tamaños prediales podrían ser apropiados para el desarrollo de la actividad productiva y dónde se dificultaría. Esta actividad requiere de extensiones prediales medianas con relación a la distribución predial general del país, por lo que podrían tener en algunas zonas del territorio algún grado de dificultad en el acceso a la misma.		

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La fuente de información para la medición de la variable es la base predial del IGAC y de catastros descentralizados que, en muchos municipios del país, están desactualizadas y en 80 de ellos, no se cuenta con información catastral. Las áreas registradas en el catastro en la mayoría de casos corresponden a las indicadas en los títulos de dominio, bajo la figura de cuerpo cierto y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral. Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2. Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral. Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural. Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural. Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica. Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía. IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2. **2. Precisión de la información.** Para la definición del tamaño tipo de los predios rurales, se tuvieron en cuenta únicamente los predios con destino económico agropecuario, sin ningún condicionante legal que impida su explotación económica y de propiedad privada. **3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron teniendo en cuenta el cálculo de las áreas mínimas requeridas para que la actividad se realice de manera productiva, que además se comportan de manera representativa en el actual desarrollo de la actividad existente en el país, para lo cual se contó con el concepto de profesionales vinculados al proceso productivo y de especialistas quienes realizaron un ejercicio de costos que permitió determinar un área mínima necesaria para una buena producción; también, se analizaron las bases prediales de donde se reportan cultivos, para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados, se validaron los rangos propuestos en visitas de campo y finalmente se realizó la propuesta de las tres categorías de aptitud a partir de integración de toda la información consultada. Adicionalmente, y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, clasificando estos predios como en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario. Estos condicionamientos legales, permiten establecer, donde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, como todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que limita que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Los condicionantes aquí mencionados se relacionan a continuación.

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas de reserva de la Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques Nacionales Naturales (incluye los siguientes 6)
Parques Nacionales Naturales Área única natural Santuario de flora Santuario de flora y fauna Vía parque Reserva natural Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de La Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)
Reservas Forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
Bienes de uso público
Restricciones locales

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

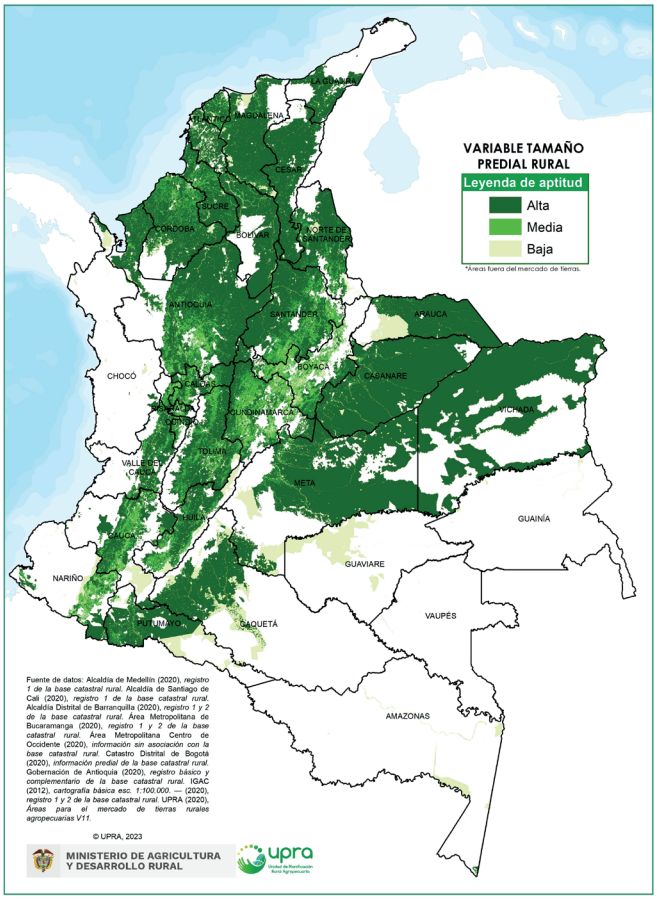
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron así:

Predios (ha)	Aptitud
> 11,4	Alta (A1)
2,1-11,4	Media (A2)
< 2,1	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios (hectáreas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral.*
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020), *Registro 1 de la base catastral rural.*
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.*
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica.*
- Gobernación de Antioquia. (2020). *Información Predial Rural Antioquía.*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2020). Base Catastral, Registros 1 y 2. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V10.* Bogotá.

3.5.2 Variable arriendo rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLE: Arriendo rural	Unidad de medida: Miles de COP$/ha/año	

DEFINICIÓN

Valor del pago en dinero, establecido de manera conjunta, por el propietario quien concede el goce de un predio por un tiempo determinado y el arrendatario quien paga por este goce un precio en un tiempo definido. Para efectos de la variable, se establece su valor en hectárea/año.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite estimar el valor del uso del suelo, como factor de costos para el desarrollo de la actividad productiva. El arriendo tiene gran importancia como uno de los aspectos más relevantes dentro del desarrollo de la actividad productiva, ya que facilita el acceso a la tierra sin realizar las inversiones en compra de predios.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la actualidad el país no cuenta con información organizada, georreferenciada y pública de cobertura nacional, contando únicamente con la información de referencia de arriendos recogida por el DANE, a través del SIPSA. Dentro de la información de factores de producción, cuenta con 7504 datos, ubicados en 150 municipios que corresponden a 22 departamentos, levantados en el periodo 2013-2022, siendo esta cobertura una de las mayores limitantes de la variable, en ausencia de más información relacionada con el tema.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. (2021). SIPSA. información de insumos y factores asociados a la producción agropecuaria.

2. Precisiones de la información.

El método de recolección de la información del SIPSA se basa en el documento técnico «Metodología general sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario –SIPSA_P» (DANE, 2017)

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Dentro del proceso de supervisión y análisis de la información de SIPSA_P se cuenta con una serie de actividades y de acompañamientos aleatorios para detectar comportamientos especiales o atípicos que produzcan variaciones en la información de precios. Con esto se busca ejecutar y garantizar el control de calidad de la información.

El comportamiento de la dinámica en arriendos muestra que, a mejor calidad de la tierra y menor disponibilidad a su acceso para ser arrendada, el canon tiende a ser mayor; es decir, a menor oferta y mayor calidad de suelo, mayores precios de arriendo, comportamiento que no se relaciona directamente con el precio de la tierra sino más bien con la rentabilidad del producto para la cual se requiere.

En el país es común que se presente la figura del arrendamiento para cultivos transitorios o semipermanentes como estos; sin embargo, dada la dificultad de acceso a tierra y especialmente por los elevados costos de adquisición de esta, se observa esta forma de acceso a la tierra, además de otras figuras que sin ser por definición las mismas, si constituyen otros mecanismos de acceso a tierra como la asociación, la participación, el porcentaje, entre otros, que permite al productor y al dueño de la tierra, realizar esta actividad productiva de manera rentable para ambos.

4. Clasificación por aptitud.

El proceso para la clasificación por aptitud inició con la información económica los arriendos del SIPSA para el año 2022, con el fin de determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades pecuarias, expresado en año/ha.

A través de la depuración de los datos se construyeron rangos, que permitieran varias opciones de agrupación en los tres rangos de aptitud, con el fin de reflejar de la mejor manera el comportamiento específico para el arriendo de la producción de plátano. Estos rangos se clasificaron en aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), teniendo como base los valores de arriendo determinados con el equipo técnico de la UPRA y los productores visitados en las validaciones realizadas en territorio.

Se tomaron de la base del SIPSA, todos los datos de arriendos para actividades pecuarias, unificándolos en hectárea por año. Posteriormente, se realizó el proceso de DEFINICIÓN de rangos para todos los municipios reportados en SIPSA, construyendo como resultado del análisis de estos, 18 rangos relacionados directamente con los datos reportados de pendiente y agua, los cuales se muestran a continuación:

No.	Rangos de valor de arriendo anual en COP$/ha	
1.1.1	Hasta $ 200.000	
1.1.2	> $ 200.000	Hasta $300.000
1.2.1	> $ 300.000	Hasta $ 400.000
1.2.2	> $ 400.000	Hasta $ 500.000
2.1.1	> $ 500.000	Hasta $ 600.000
2.1.2	> $ 600.000	Hasta $ 700.000
2.1.3	> $ 700.000	Hasta $ 800.000
2.1.4	> $ 800.000	Hasta $ 900.000
2.1.5	> $ 900.000	Hasta $ 1.000.000
2.2.1	> $ 1.000.000	Hasta $ 1.200.000
2.2.2	> $ 1.200.000	Hasta $ 1.500.000
3.1.1	> $ 1.500.000	Hasta $ 2.000.000
3.1.2	> $ 2.000.000	Hasta $ 2.500.000
3.2.1	> $ 2.500.000	Hasta $ 3.000.000
3.2.2	> $ 3.000.000	Hasta $ 3.500.000
4.1.1	> $ 3.500.000	Hasta $ 4.000.000
4.1.2	> $ 4.000.000	Hasta $ 4.500.000
4.1.3	> $ 4.500.000	-

Para realizar la georreferenciación de los datos y basados en los datos originales se realizaron las siguientes clasificaciones: Para los datos relacionados con la pendiente, se estandarizo la clasificación de SIPSA con la del IGAC, para así poder tener su equivalencia con las fases de pendiente del mapa correlacionado de suelos del IGAC de la siguiente manera (IGAC, 2014):

Dato SIPSA	Clasificación final
Plano	Pendiente del (0-7) fases (a-b)
Plano inclinado	Pendiente del (7-12) fase (c)
Inclinado ondulado	Pendiente del (12-25) fase (d)
Quebrado pendiente	Pendiente mayor del (25) fases (e-f-g)

Para los datos relacionados con el agua, se realizó una equivalencia con la clasificación de aptitud del mapa de apropiación de agua para plátano de los cultivares hartón y dominico hartón, realizado por el equipo del componente socioecosistémico del grupo de evaluación de tierras de la UPRA, de la siguiente manera:

Dato SIPSA	Clasificación
Con agua	A1, A2
Sin agua	A3

Para realizar la proyección de los datos existentes a todos los municipios que actualmente reportan la existencia de cultivos de plátano, se realizó el vínculo a través de la información de región, subregión y categoría de ruralidad, del DNP (DNP, 2014), buscando proyectar el dato económico del municipio conocido a otros de similares características semejantes y comparables con el que tiene la información económica de arriendo.

Regiones	Subregiones	Categorías de ruralidad
Eje cafetero Caribe Bogotá Centro oriente Centro sur Pacífico Llanos orientales	Todas para cada región	Rural Rural disperso Intermedios Ciudades y aglomeraciones

Esta proyección se realizó dentro de la frontera agrícola y únicamente para los predios que no tiene condicionante legal; esta última información se tomó del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11.

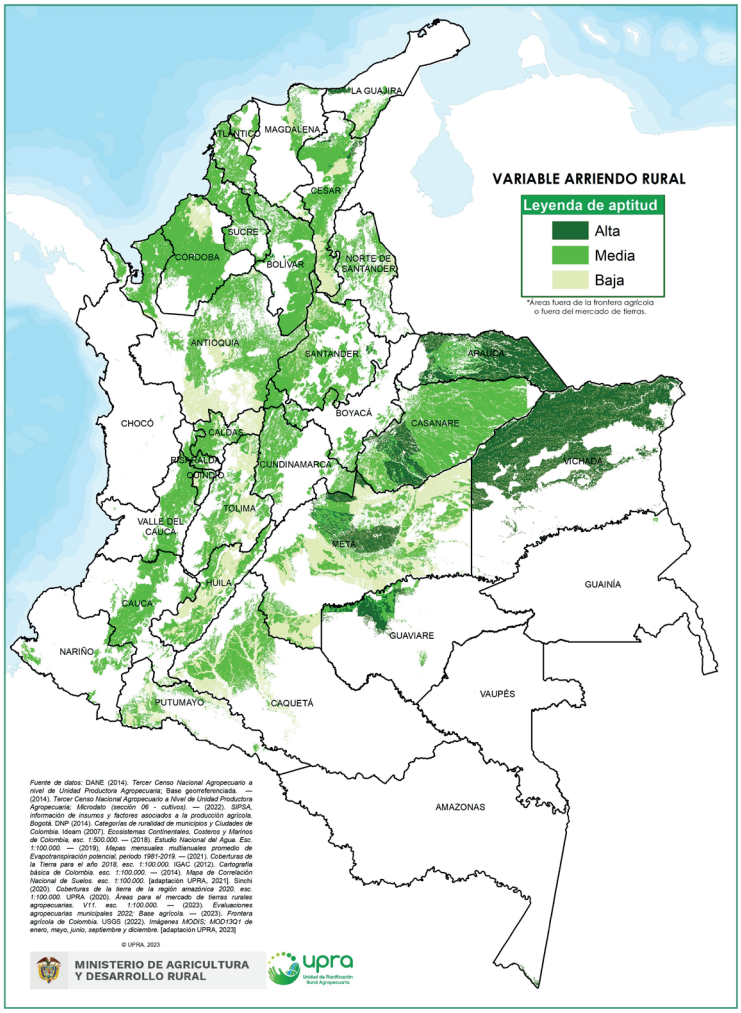
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Miles de COP$/ha/año	Aptitud
< 400	Alta (A1)
400 –1000	Media (A3)
> 1000	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de COP$/ha/año

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Consejo Nacional Legislativo. (1873). Ley 84 de 1873. Código Civil de la Nación.
- DANE. (2021). SIPSA, información de insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Bogotá.
- DNP. (2014). El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Informe detallado de la Misión para la Transformación del Campo. Bogotá.
- Ideam. (2014). Estudio nacional del agua. Bogotá.
- Ideam. (2014). Atlas climatológico de Colombia_ Capa de zonas de Evapotranspiración potencial. Escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación de suelos. Fases por pendiente. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). Mapa de la variable apropiación de agua anual para plátano. Bogotá.

3.5.3 Variable avalúo catastral rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Avalúo catastral rural	UNIDAD DE MEDIDA: Millones de pesos (COP$)/ha	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Determinación, por entidad pública competente, del valor de los predios, obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (Resolución 0070 de 2011 del IGAC).

Esta variable se utiliza como un *proxi* del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de información de precios comerciales a nivel nacional actualizados, recientes o tomados de fuente directa.

El intercambio se entiende como «El conjunto de transacciones o acuerdos, libres de coerción, mediante el cual se realiza el intercambio parcial o total de alguno(s) de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios rurales que no han sido objeto de exclusiones legales.» (MinAgricultura, 2017).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la manera de acceder a la tierra, dado que a menores precios (representados por el avalúo catastral) se pueden disminuir los costos de producción (pago por rentas del suelo), lo que, por ende, permitirá a un productor ampliar su margen de competitividad.

Por el contrario, los altos precios de la tierra originan barreras a la actividad productiva por ser más exigente la inversión inicial, generando mayores costos de transacción y de oportunidad, así como mayores pagos por impuesto.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

A la fecha, el país no cuenta con información compilada de precios comerciales del suelo a nivel nacional, por lo que se deben utilizar como un proxi de esta, los avalúos catastrales, que si bien es cierto no pueden dar una información directa de precios, si muestran una tendencia de estos. La UPRA, a 2023 cuenta con precios comerciales de referencia escala 1:100.000 para suelos rurales agropecuarios en 284 municipios del país, en 16 departamentos, que cubren aproximadamente 25 millones de hectáreas; sin embargo, la variable requiere cobertura nacional con la que aún no se cuenta.

La relación monetaria entre el valor catastral y el precio comercial es difícil de determinar ya que no hay información precisa del porcentaje de adopción entre el uno y el otro en los municipios del país. Adicionalmente, los avalúos catastrales rurales en su mayoría están muy desactualizados, lo que genera mayores brechas entre estos dos datos. Sin embargo, el valor catastral sí indica una tendencia del precio comercial, es decir muestra donde puede ser más costoso y donde puede ser más bajo el precio de la tierra.

En cuanto a la información catastral utilizada, está desactualizada en la mayoría de los municipios y existen zonas del país donde aún no se cuenta con procesos de formación catastral. Por consiguiente, no se cuenta con información económica, física y jurídica. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos, como lo reporta el IGAC en su estado de gestión catastral rural.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información: Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral. Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2. Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral. *Área Metropolitana de Bucaramanga (2020).* Registro 1 y 2 base catastral rural. *Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.* Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica. Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía. IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2. **2. Precisión de la información**. La determinación del valor catastral por hectárea se calculó a partir del avalúo catastral total dividido por el área de terreno, ya que la información discriminada no estaba disponible, obviando los valores de construcción, partiendo del supuesto que para los predios rurales agropecuarios tiene un peso muy bajo debido a la relación de área entre terreno y construcción. **3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Teniendo en cuenta que cada uno de los municipios del país tiene una vigencia de actualización catastral diferente, se indexaron todos los avalúos catastrales a 2020, a través de un indicie departamental calculado por la UPRA a partir de las tasas de crecimiento del avalúo catastral rural municipal entre vigencias. Con el fin de identificar el precio más favorable y el máximo, que un productor agrícola para el plátano, está en condición de pagar por acceder a tierra a través de la compra, se procedió a agrupar la información de avalúos catastrales por hectárea y predios con reporte de cultivo de plátano reportadas en el CNA, en los rangos establecidos para el mapa nacional de avalúos catastrales (realizado por la UPRA), identificando la mayor representación en cada uno de ellos, definiendo así unos cortes preliminares para esta variable. Adicionalmente, se consultó a expertos inmobiliarios y se realizaron sondeos del mercado actual. Ya que esta información se expresó en precios comerciales, se asume un porcentaje de correspondencia nacional entre los mismos del 60 %, para proceder a comparar con apoyo en lo indicado en el Decreto 148 de febrero de 2020, articulo 2, numeral 22211.

Rangos de avalúos del mapa nacional

Color	Rango
	< 0,5
	Entre 0,5 hasta 1
	Entre 1 hasta 5
	Entre 5 hasta 10
	Entre 10 hasta 15
	Entre 15 hasta 20
	Entre 20 hasta 25
	Entre 25 hasta 30
	Entre 30 hasta 35
	Entre 35 hasta 40
	Entre 40 hasta 50
	Entre 50 hasta 60
	Entre 60 hasta 70
	Entre 70 hasta 80
	Entre 80 hasta 90
	Entre 90 hasta 100
	> 100

4. Clasificación por aptitud.

Basados en los análisis de la información anterior se establecen los rangos propuestos de aptitud. Adicionado a la clasificación de aptitud baja (A3) todos aquellos predios que en las bases catastrales tiene los atributos de destino y uso mencionados en la siguiente tabla, con el fin de evidenciar a partir de esta información la presión que ejercen en el precio de la tierra los usos distintos a los agropecuarios que se desarrollan en zonas rurales generalmente suburbanas, reglamentadas dentro de los planes de ordenamiento territorial de cada municipio.

a. Predios rurales en propiedad horizontal (PH) y condominios.
b. Predios rurales con destino económico industrial, comercial y recreacional.
c. Predios rurales cuyas construcciones tengan uso bodegas comerciales, hoteles en PH, comercio, hoteles, clubes-casinos, pensiones y residencias, centros comerciales y vivienda recreacional.

Adicionalmente, y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, clasificándolos en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionantes legales, permiten establecer, donde es permitido, condicionado, restringido o prohibido, efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, como todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que limitan que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Los condicionantes aquí mencionados se relacionan a continuación.

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva de la Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques Nacionales Naturales (incluye los siguientes 6)
Parques nacionales naturales Área única natural Santuario de flora Santuario de flora y fauna Vía parque Reserva natural
Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)
Reservas forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
Bienes de uso público
Restricciones locales

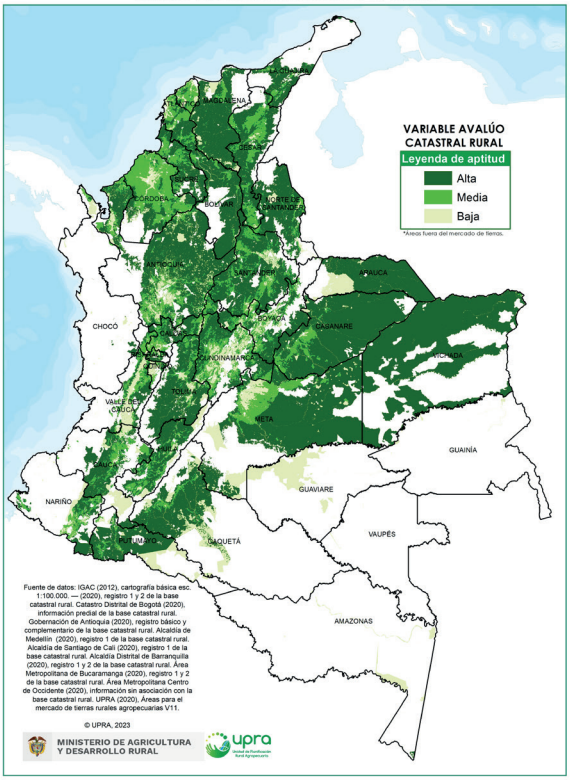
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Millones de COP$/ha	Aptitud
< 4,5	Alta (A1)
4,5-17	Media (A2)
> 17 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones de COP$/ha

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020), *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*

Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral.*

Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.*

Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.*

Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*

Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica.*

Gobernación de Antioquia. (2020). *Información Predial Rural Antioquía.*

IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2. Bogotá.*

MinAgricultura. (2017). Resolución 128 de 2017. «*Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria*». Artículo 5, numeral 6. Bogotá.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V11.* Bogotá.

3.5.4 Variable tendencia a la formalidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Tendencia a la formalidad	UNIDAD DE MEDIDA: Predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Conjunto de situaciones inmobiliarias, técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios tanto públicos como privados, que proporciona seguridad jurídica a la misma, acorde al principio constitucional del derecho a la propiedad privada.

Por el contrario, «la informalidad puede ser legal o ilegal, o estar en una frontera ambigua entre ambas. La inestabilidad e irregularidad de los ingresos en el sector informal de trabajo, activa una lógica particular de los circuitos monetarios y formas de intercambio en los mercados informales, basada precisamente en la confianza» (UPRA, 2015).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Brinda orientación para la inversión en compra, arriendo u otras formas de acceso a la tierra, pues indica cuales son los predios que podrían garantizar el derecho a la propiedad y cuales pueden presentar algunas o muchas dificultades, al suministrar información sobre la seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad, así como facilita el acceso a los incentivos para invertir, al crédito y beneficios agropecuarios.

Los derechos de propiedad incentivan el uso eficiente de la tierra y las inversiones, porque reducen las asimetrías de la información y facilitan las transacciones en los mercados financieros (Cepal, 2003).

«*La seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad sobre la tierra afectan el crecimiento económico de distintas maneras debido principalmente a que: (i) la seguridad aumenta los incentivos para invertir y facilita el acceso al crédito; y (ii) la dificultad en el acceso o inequidad en la distribución de la tierra reduce la productividad en agriculturas rudimentarias* (Deininger, 2003)» (UPRA, 2015).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Existen zonas del país donde aún no cuentan con procesos de formación catastral y no se cuenta con información, por lo cual los polígonos se representan cartográficamente en blanco. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos, reportados en la página del IGAC en el estado de la gestión catastral rural y en el informe de gestión de cierre de 2020.

Municipios reportados en el SIGOT del IGAC como no formados

Departamento	Número de municipios o corregimientos
Amazonas	9 corregimientos
Antioquia	1 municipio
Arauca	1 municipio

Departamento	Número de municipios o corregimientos
Boyacá	2 municipios
Cauca	1 municipio
Chocó	21 municipios
Guainía	9 municipios
Guaviare	4 municipios
Huila	3 municipios
Meta	1 municipio
Nariño	19 municipios
Norte de Santander	2 municipios
Putumayo	2 municipios
Tolima	1 municipio
Vaupés	1 municipio y 3 corregimientos

La desactualización de los catastros, la existencia de un número considerable de títulos sin registrar (muchas veces por el desconocimiento de las personas de formalizar los derechos de propiedad) y la falta de interrelación entre el catastro y registro, dificulta que los predios cuenten con la información jurídica actualizada en las bases de datos para realizar este tipo de ejercicios.

Debido a que esta variable se trabaja con las bases catastrales que se obtienen después de realizar el proceso para la determinación del indicie de informalidad, trabajado en la entidad, la vigencia a utilizar de las mismas depende directamente de la actualización del índice que por ahora no se calcula para todos los años por restricciones en los datos fuente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Alcaldía de Medellín. (2019). Base de datos catastral.

Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). Base de datos catastral, registros 1 y 2.

Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Base de datos catastral e

Información predial jurídica, física y económica.

ANT. (2019). Títulos formalizados, baldíos adjudicados

ANT. (2020). Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general.

Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.

Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía.

ICARE. (2014). Predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición.

IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

IGAC. (2016). Base catastral, registros 1 y 2.

IGAC. (2019). Base catastral, registros 1 y 2.

SNR. (2019). Falsas tradiciones.

UAEGRTD. (2022). Puntos de los centroides RTDAF y RUPTA.

URT. (2019). Sentencias de restitución.

2. Precisiones de la información.

«La informalidad en el país se presenta en ocupaciones sobre terrenos públicos, en posesiones sobre predios ajenos, títulos no registrados, sucesiones ilíquidas, en falsas tradiciones o en posesiones» (UPRA, 2015)

Las variables para determinar que los predios tienen una presunta formalidad fueron:

1. Predios que en las bases tiene matricula inmobiliaria y que no cumplen ninguna de las demás variables.

2. Predios que en la base catastral no poseen una matrícula inmobiliaria

3. Predios identificados en la base catastral 2014 que no tienen interrelación catastro registro.

4. Predios identificados con "mejoras en predio ajeno" dentro de la base catastral.

5. predios identificados en la base 2014_IGAC y en la información entregada por SNR_2020 están en falsa tradición.

6. Predios identificados como presuntos baldíos.

7. Predios con resolución de inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

8. Predios con inscripción de medida de protección por riesgo de despojo.

El argumento considerado para identificar dentro de la base catastral los predios con tendencia a ser informales, es que presentaran alguna de las variables descritas en los numerales del 2 al 8, mientras por exclusión, los primeros serían los que se pueden considerar como presuntos formales.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se tomó la información jurídica reportada en las bases catastrales nacionales predio a predio con el fin de determinar su tendencia a la formalidad.

4. Clasificación por aptitud.

Los cortes para los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta el criterio experto del grupo de formalización de la UPRA, adquirido del manejo de la información catastral dentro de los estudios realizados para la elaboración del mapa del índice municipal de informalidad y el mapa de áreas disponibles para la formalización de propiedad privada.

Los predios contenidos en aptitud alta (A1), evidencian una condición de formalidad registrada en las bases catastrales ya que tienen matricula inmobiliaria y son el resultado de excluir de las bases todas las condiciones que se citan para la siguiente aptitud. La aptitud baja (A3) corresponde a predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente, predios con inscripción de medida de protección ante un posible despojo, que evidencian directamente, inconvenientes jurídicos con su titulación y, por ende, se considera que es más probable que tengan problemas en sus condiciones jurídicas y no garantizan seguridad jurídica.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para este proceso se hizo la selección de la base de datos empezando por los predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1(*), ya que tiene un inconveniente en su titulación y deben necesariamente pasar por un proceso judicial para poder volver a la formalidad; luego se seleccionaron los predios que sin matricula inmobiliaria y finalmente quedaron los demás predios que se presumen formales.

(*) Estos predios corresponden a aquellos que se encuentran dentro marcados con estado D (definitivos), que hacen referencia a las solicitudes con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

La dinámica del proceso de restitución de tierras que consta de varias fases definidas en los siguientes estados: G (georreferenciados), son los polígonos que ya cuentan con trabajo de georreferenciación en campo, realizado con la participación del solicitante o de una persona que conozca el predio y sea autorizada por el solicitante; los polígonos en estado D (definitivos), hacen referencia a las solicitudes con resolución de Inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente; por último los que tienen estado F (final) corresponden a aquellos que se encuentran en etapa judicial y ya cuentan con sentencia.

También, desde el tema de restitución se abordó el fenómeno del despojo en las zonas no focalizadas, marcando los predios con inscripción de medida de protección (RUPTA).

Adicionalmente, y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcan los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, clasificando estos predios como en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionamientos legales, permiten establecer, donde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la Ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

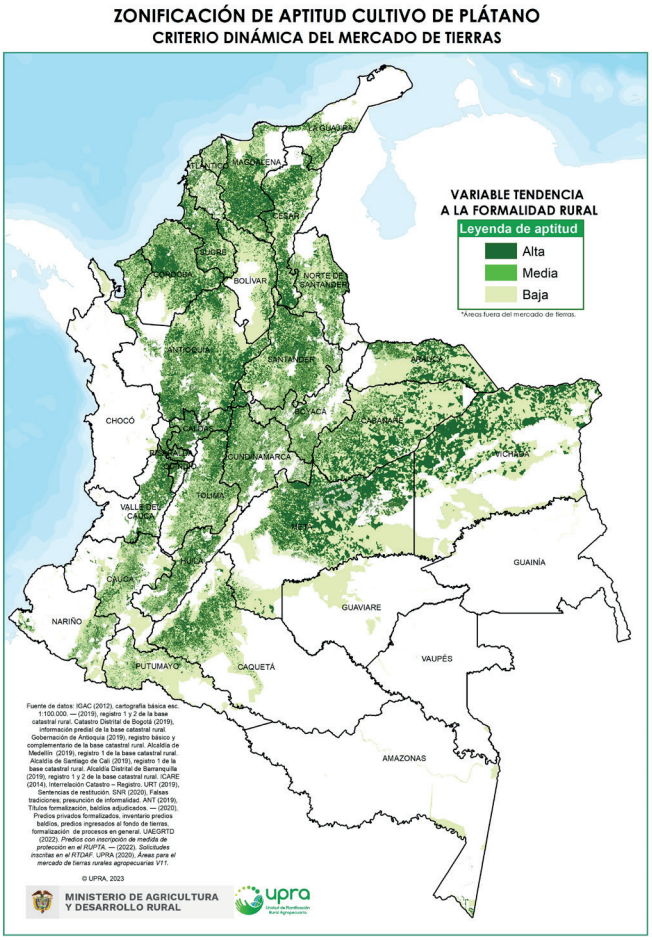
Los condicionantes mencionados se relacionan a continuación:

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva de la Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques nacionales naturales (incluye las siguientes 6)
Parques nacionales naturales Área única natural Santuario de flora Santuario de flora y fauna Vía Parque Reserva natural
Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)
Reservas forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
Bienes de uso público
Restricciones locales

Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios con inscripción en el RUPTA.	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Alcaldía de Medellín. (2019). Base de datos catastral.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019), Registro 1 de la base catastral rural.
- ANT. (2019). Títulos formalizados, baldíos adjudicados-2020. Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general. Bogotá.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). Información predial jurídica, física y económica.
- Gobernación de Antioquia. (2019). Información Predial Rural Antioquía.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2019). Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016. Bogotá.
- IGAC. (2014). Predios sin interrelación catastro registro y con falsa tradición. Bogotá.
- IGAC. (2014). Interrelación catastro registro.
- Resolución 128 de 2017 y anexos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. SIGOT.

- Superintendencia de Notariado y Registro. 2020. Falsas tradiciones. Bogotá.
- UAEGRTD. (2022). Puntos de los centroides, de los polígonos de las solicitudes que se encuentran espacializadas 2022 de los polígonos en estado D (definitivos).
- UAEGRTD. (2019). Sentencias de restitución.
- UAEGRTD. RUPTA (2020). Predios con inscripción de medida de protección.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2015). Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2020). Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V10. Bogotá.

3.6 Criterio *seguridad ciudadana*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Extorsiones rurales, expresadas en tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes.
- Homicidios rurales, expresados en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes.
- Secuestros rurales, expresados en tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes.
- Hurtos rurales, expresados en tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes.

DEFINICIÓN

Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas.

Es una situación donde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (CIDH, 2009).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja información de municipios donde se presentan y repiten hechos delictivos que posiblemente están asociados a la presencia de grupos armados ilegales y delincuencia común, lo cual podría incidir negativamente en la dinámica de la producción.

Ya que condiciones de seguridad adversas en el área rural han sido limitantes para la inversión en proyectos productivos, una caracterización de la seguridad ciudadana municipal representa particular importancia para orientar a los inversionistas privados y las políticas públicas del sector agropecuario.

En las zonas donde han existido fenómenos delictivos de manera reiterada, se ven afectadas la productividad, la seguridad y la integridad física, psicológica, vida, honra y bienes de las poblaciones asentadas, quienes soportan acciones ligadas al secuestro, extorsiones, hurtos y homicidios, entre otras. Estas acciones delictivas generan un ambiente de desconfianza y ausencia de inversión en proyectos productivos que mejorarían la calidad de vida, empleo y oportunidades de los pobladores rurales.

Como consecuencia, entre más frecuente sea la presentación de estos flagelos y situaciones irregulares, menor será la aptitud de la zona.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
En las bases de datos entregadas por la PONAL, para los delitos de secuestro, extorsión, hurtos y homicidios, se encontraron algunos municipios sin información.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Extorsiones rurales	Homicidios rurales	Secuestros rurales	Hurtos rurales	Pesos ponderados (%)
Seguridad ciudadana	Extorsiones rurales	1				54,0
	Homicidios rurales	1/3	1			27,5
	Secuestros rurales	1/5	1/3	1		12,3
	Hurtos rurales	1/5	1/5	1/3	1	6,2

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

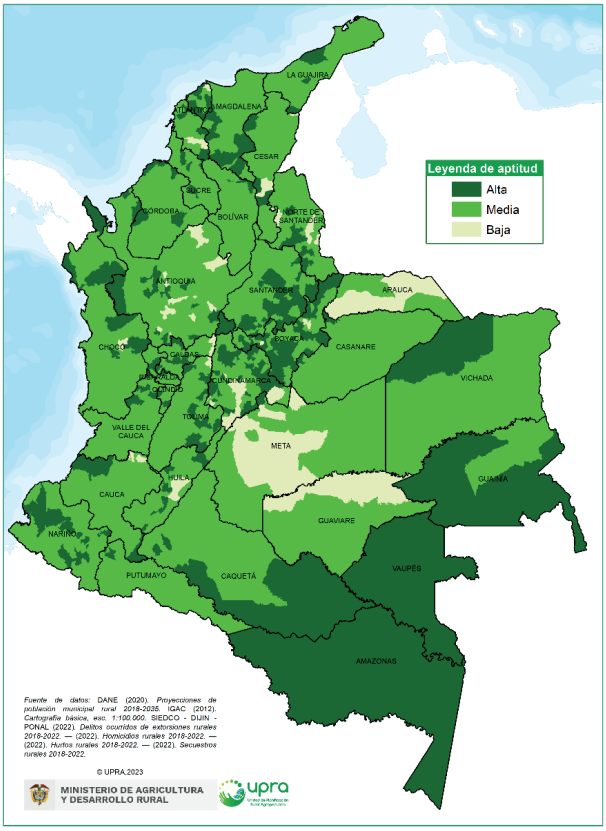
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2205	> 0,2205
Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,7429	> 0,7429
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0582	> 0,0582
Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 6,1507	> 6,1507

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Siedco-Dijin-Ponal (2020). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2018-2022. Bogotá. • Ponal. (2020). Delitos ocurridos de homicidios rurales 2018-2022. Bogotá. • Ponal. (2020). Delitos ocurridos de secuestros rurales 2018-2022. Bogotá. • Ponal. (2020). Delitos ocurridos de hurtos rurales 2018-2022. Bogotá.

3.6.1. Variable extorsiones rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: Extorsiones rurales	UNIDAD DE MEDIDA: Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial y está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero» (Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004).
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Los productores agropecuarios están expuestos a la ocurrencia de la actividad extorsiva que afecta directamente la integridad del productor y sus ingresos, por ello la variable al mostrar su comportamiento del delito; constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores, al permitir conocer a través de la información reportada el comportamiento del delito a nivel municipal, y podría contribuir al ser evidenciado en la formulación de políticas públicas para su control por parte del Gobierno nacional o para tomar las medidas de mitigación respectivas por parte de los productores o posibles inversores.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Las fuentes de información consultadas para la variable no cuentan con registros para algunos municipios, por lo que, bajo el principio de precaución, estos se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2022. Policía Nacional. (Ponal). (2022). Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2018 a 2022. **2. Precisiones de la información.** Se analizó el número de extorsiones ocurridas en las zonas rurales de cada municipio, a partir de los registros de la Policía Nacional.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de extorsiones en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el "índice de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales", de la siguiente forma:

Se realizó la sumatoria de cinco años, a partir de las series históricas del número de extorsiones registradas en la zona rural para el período 2018-2022.

Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV–2018), para el país, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022, la cual se encuentra discriminada entre «cabecera y resto»; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado «resto», asociándola a la población rural para este año.

Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de extorsiones rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se calculó para cada 1000 habitantes.

4. Clasificación por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron extorsiones y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de extorsiones registrados durante este período de análisis.

A continuación, al primer grupo de municipios donde no ocurrió el delito, se les asignó aptitud alta (A1) y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos. Para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d (i, j) > d (i, k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en dos, para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio.

2. De manera inicial, se divide en dos grupos el total de datos disponibles, se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio uno o más delitos.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud media (A2) al grupo de municipios con el menor número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales y al grupo restante, con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

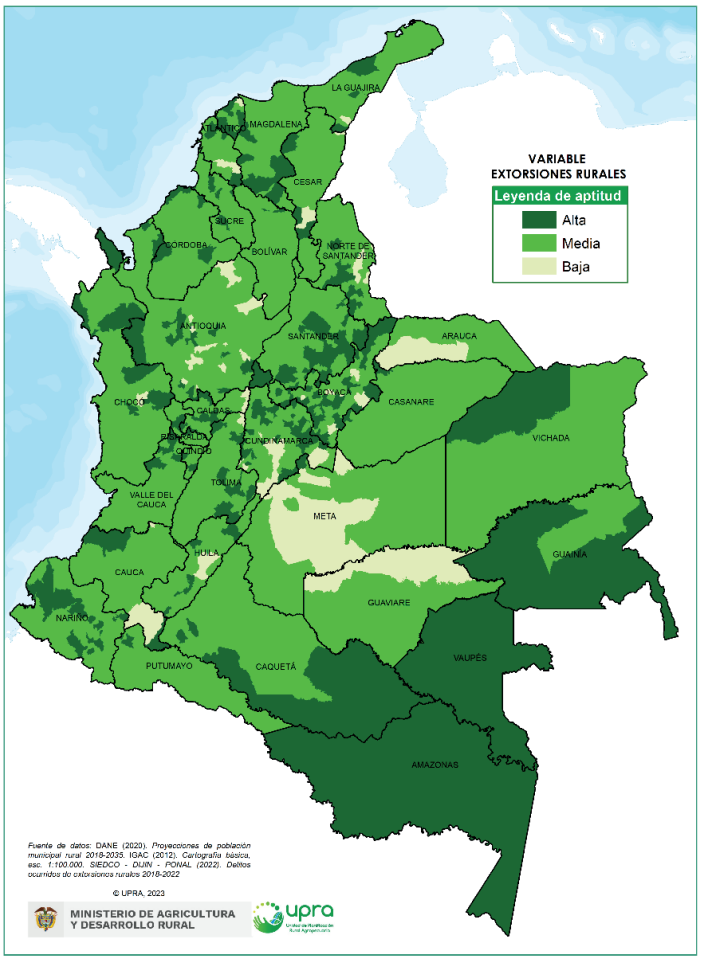
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD	
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).	

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,2205	Media (A2)
> 0,2205	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Siedco-Dijin-Ponal. (2020). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2018-2022. Bogotá. • Código de procedimiento penal. Ley 906 de2004. • Código Penal Colombiano. Ley 599 de (2000). Artículo 244. Obtenido de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.

3.6.2. *Variable homicidios rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Seguridad ciudadana			
VARIABLE: Homicidios rurales	UNIDAD DE MEDIDA: Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	
DEFINICIÓN			
La palabra *homicidio* deriva del vocablo latino *homicidĭum* y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. El homicidio se puede definir como: «*Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional*» (INMLCF. Homicidio Colombia 2008. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal).			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
La población rural se ve afectada por la ocurrencia de esta actividad violenta que atenta directamente la vida de las personas que son una parte muy importante de la actividad productiva, es por ello que la variable constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversionistas, al generar una imagen a través de la información reportada del comportamiento del delito a nivel municipal, y así poder generar alertas que propicien la formulación de políticas públicas para su control por parte del Gobierno nacional o para tomar las medidas de mitigación respectivas por parte de los productores o posibles inversores.			
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO			
El análisis de la variable no presenta limites que se califiquen como zonas no aptas (N1)			
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
Las fuentes de información consultadas para la variable, no se cuenta con registros para algunos municipios. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).			
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN			
1. Información. DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2022. Policía Nacional. (2022). Casos de homicidios en zona rural 2018 a 2022. **2. Precisiones de la información.** Se analizó el número de homicidios en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.			

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de homicidios en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el índice de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma:

A partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zona rural para el período 2018-2022 se realizó la sumatoria de los cinco años.

Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV–2018), para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022, la cual se encuentra discriminada entre «cabecera y resto»; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado «resto», asociándola a la población rural para este año.

Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de homicidios rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes.

4. Clasificación por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice de homicidios por cada 1000 habitantes, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron homicidio y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de homicidios registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios, se les asignó aptitud alta (A1) para la presente zonificación de aptitud y, para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres ($k = 2$).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j.

El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio.

2. De manera inicial se divide en dos grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que se calcula como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio 1 o más delitos.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud media (A2) al grupo de municipios con el menor número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales y, al grupo restante, con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

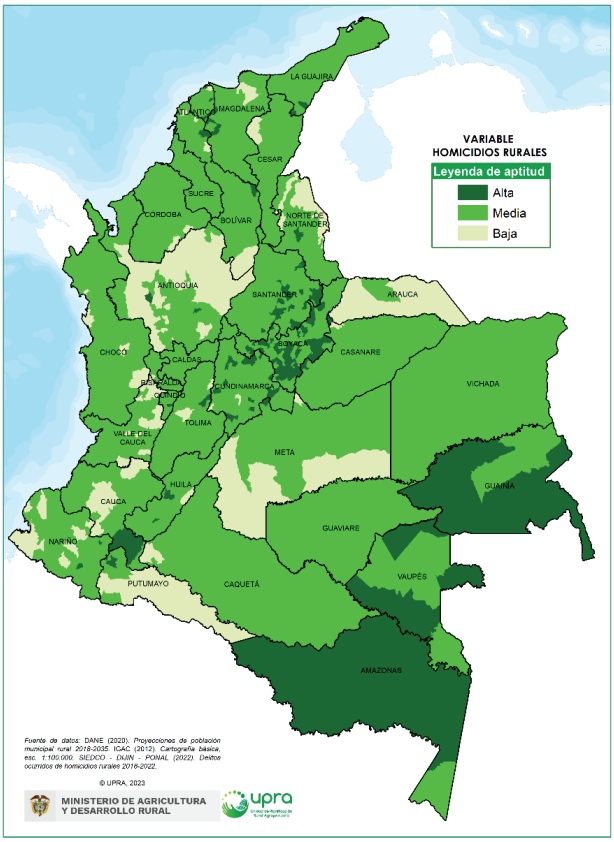
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,7429	Media (A2)
> 0,7429	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Siedco-Dijin-Ponal. Delitos ocurridos de homicidios rurales 2018-2022. Bogotá. • INMLCF. Homicidio_Colombia 2008. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal. • INMLCF. Comportamiento del Homicidio en Colombia 2013. • Ley 599 de (2000). Artículo 103. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>. • MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281-297.

3.6.3. *Variable secuestros rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Seguridad ciudadana			
VARIABLE: Secuestros rurales	UNIDAD DE MEDIDA: Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	
DEFINICIÓN			
Privación de la libertad de una o más personas por parte de un actor armado bajo intimidación, amenaza u otros medios, condicionando la liberación y/o la seguridad e integridad personal de las víctimas a la satisfacción de exigencias económicas, políticas, militares, de control territorial, entre otras. Y se encuentra tipificado en los artículos 168 y 169 de la Ley 599 de 2000.			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
La producción en el sector rural, se ha visto especialmente afectada por toda clase de delitos contra los derechos humanos, entre ellos el secuestro, razón por la cual, la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad o posible riesgo tanto de la población como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de secuestro, lo cual atenta contra la seguridad y la integridad de la población y la interrupción de las redes sociales y las dinámicas productivas establecidas.			
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
Las fuentes de información consultadas para la variable no cuentan con registros para algunos municipios. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).			
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN			
1. Información. DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2022. Policía Nacional. (2022). Información de secuestros: 2018 a 2022. **2. Precisiones de la información.** Se analizó el número de secuestros en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.			

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de secuestros en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el "índice de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales", de la siguiente forma:

A partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2018-20221, se realizó la sumatoria de los cinco años.

Luego, con base en las series de proyección de población municipal del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2022), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV–2018), para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022, la cual se encuentra discriminada entre cabecera y resto; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado resto, asociándola a la población rural para este año.

Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de secuestros rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes.

4. Clasificación por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron secuestros y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de secuestros registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, se les asignó aptitud alta (A1) para la presente zonificación de aptitud y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres ($k = 2$).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j.

El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en dos, para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio.

2. De manera inicial se divide en dos grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que se calcula como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio 1 o más delitos.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud media (A2) al grupo de municipios con el menor número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales y al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

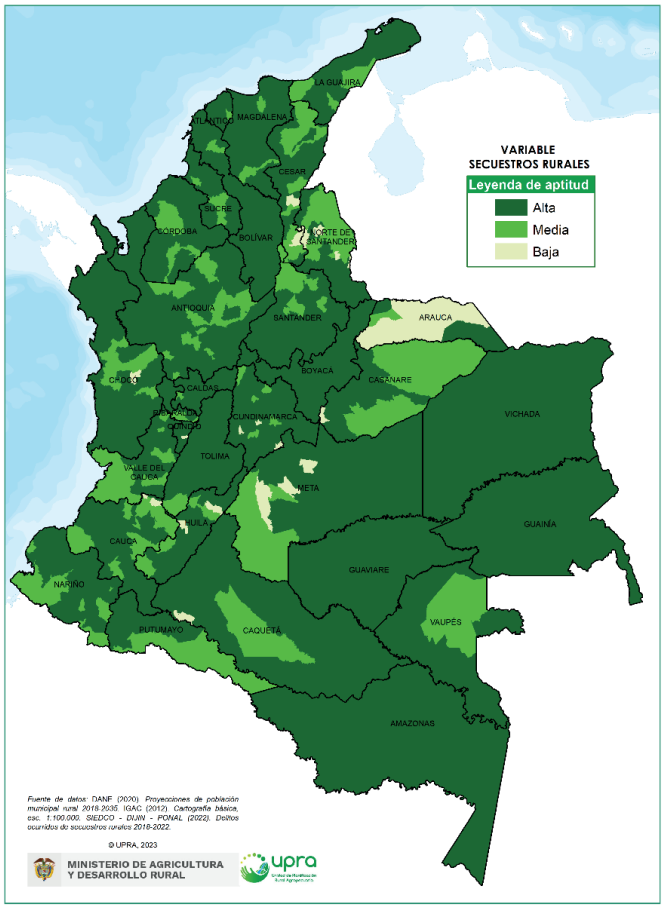
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,0582	Media (A2)
> 0,0582	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PRODUCCIÓN CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2020). *Proyecciones de población municipal rural 2018-2035*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Siedco-Dijin-Ponal. (2020). *Delitos ocurridos de secuestros rurales 2018-2022*. Bogotá. • MacQueen, J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281–297. • Ley 599 DE 2000. Código Penal Colombiano. Artículo 168. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>. • Ley 986 de 2005. "*Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada*" • Ley 986 de 2005. "*Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada*" • Ley 599 DE 2000. Código Penal Colombiano. Artículo 168_169. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>. • Comisión de la verdad. *Definición de secuestro*. Recuperado de: https://www.comisiondelaverdad.co/violacion-derechos-humanos-y-derecho-internacional-humanitario/secuestro

3.6.4. Variable hurtos rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: Hurtos rurales	UNIDAD DE MEDIDA: Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
De acuerdo con el código penal colombiano, es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. También se conoce como robo. Se considera hurto calificado cuando se comete con violencia sobre las cosas, colocando a la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad o aprovechándose de tales condiciones, mediante penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en lugar habitado o en sus dependencias inmediatas, aunque allí no se encuentren sus moradores, con escalamiento, o con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar, violando o superando seguridades electrónicas u otras semejantes.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
La producción en el sector rural se ha visto afectada por la delincuencia común, que ha traído consigo toda clase de hurtos contra los bienes muebles de las personas, entre ellos el hurto a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores, razón por la cual la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad o posible riesgo de los bienes muebles tanto de los pobladores como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de hurto, lo cual atenta contra la seguridad y la integridad de los bienes muebles de la población y las dinámicas productivas establecidas.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
En las fuentes de información consultadas para la variable, se encuentran municipios sin registros. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. DANE. (2020). Proyección de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2022. Policía Nacional. (2022). Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2018 a 2022. **2. Precisiones de la información.** Se analizó el número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional. **3. Análisis de consistencia y preparación de la información.** La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se construyó el índice de hurtos rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma: A partir de las series históricas del número de hurtos registrados en la zona rural para el período 2018-2022, se realizó la sumatoria de los cinco años. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV–2018), para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022 la cual se encuentra discriminada entre cabecera y resto; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado resto, asociándola a la población rural para este año. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de hurtos rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes. **4. Clasificación por aptitud.** Para clasificar la variable luego de la construcción del índice de hurtos por cada 1000 habitantes que combina la información para los cinco (5) años de la serie se dividió la serie en dos grupos: i. el primero, con los municipios que no registraron hurtos y, ii. el segundo, los municipios que tenían uno o más casos de hurtos registrados. A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, se les asignó aptitud alta (A1) para la presente zonificación de aptitud y, para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres ($k = 2$). El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3 y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes: 1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio. 2. De manera inicial se divide en dos grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio 1 o más delitos. 3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clústeres que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud media (A2) al grupo de municipios con el menor número de hurtos rurales por cada 1000 habitantes rurales y al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

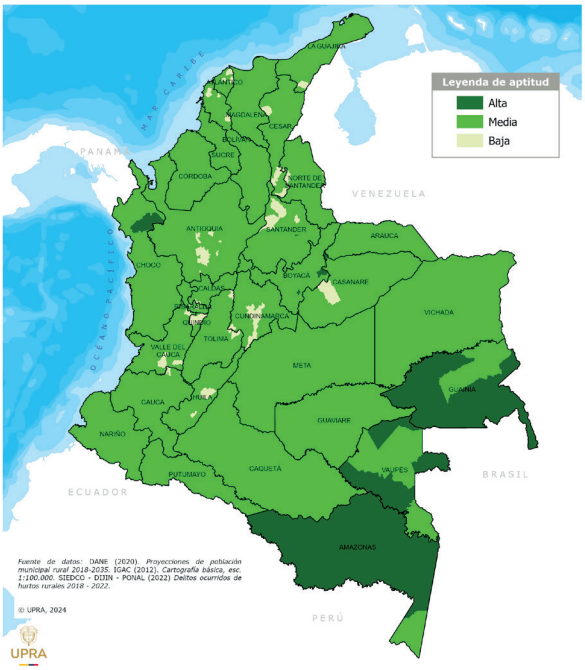
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 6,1507	Media (A2)
> 6,1507	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DE SEGURIDAD CIUDADANA
Variable de hurtos rurales

FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Siedco-Dijin-Ponal. (2020). Delitos ocurridos de hurtos rurales 2018-2022. Bogotá.

3.7. Criterio *indicadores económicos*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO: indicadores económicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO
• Créditos otorgados, expresados en millones de COP$. • Seguros agropecuarios, expresados en municipios. • Valor agregado agrícola municipal, expresado en la participación (%). • Desempeño municipal, expresado en indicador MDM (puntaje). • Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC), expresadas en municipios. • Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET), expresados en municipios.

DEFINICIÓN
Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo, y que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades agrícolas. Así mismo, destaca aquellos municipios con algunos incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con aparente mejor desempeño en la gestión de recursos de acuerdo con la medición de desempeño municipal (DNP).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Muestra desde una perspectiva económica la relevancia productiva agrícola en los territorios; evidenciando la demanda de capital para la producción del plátano, ya sea a través del incentivo por parte del Estado (exenciones tributarias o créditos de fomento y coberturas de riesgo), o la eficiencia ganada en la gestión pública municipal (competitividad local). Así, se destacan las zonas donde los agentes han emprendido el cultivo comercial de plátano, la toma de decisión de inversión, previendo la viabilidad financiera de los proyectos productivos, su flujo de caja y la capacidad de apalancamiento. Una aptitud alta refleja que las condiciones para la producción como lo son la demanda de financiación, el desempeño de los entes territoriales públicos y las exenciones tributarias, coinciden en el territorio donde se genera mayor valor agregado agrícola. En síntesis, en los municipios con la mejor aptitud se han creado, y se crearán con mayor facilidad, las condiciones para la producción agrícola y puntualmente el cultivo de plátano.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En lo referente a los recursos de apalancamiento financiero del sector, se evidencian que los créditos otorgados son una aproximación a la totalidad de los montos que utiliza el sector; sin embargo, no se incluyen los recursos que destina la banca comercial con recursos propios o créditos solicitados sin los beneficios del programa Finagro.

De la misma manera, es posible que muchos de los recursos de financiamiento categorizados en el sector, no se ejecuten en la región donde fueron solicitados y también, que algunos de ellos hayan sido destinados a otras actividades productivas. No se incluyeron la totalidad de los recursos desembolsados a agentes económicos con actividad productiva, sino los explícitamente destinados al cultivo de plátano, así la actividad productiva principal del individuo fuese otra.

Para la variable de valor agregado agrícola municipal y debido a que en el país no existe una publicación del PIB municipal, por situaciones de reserva estadística, se utilizan los valores de esta variable municipal calculadas por el DANE para 2021, que son aproximaciones basadas en el valor agregado municipal, para actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras y de silvicultura, no es posible determinar cuánto aporta el cultivo de plátano a dicha variable.

Finalmente, la información sobre planes de desarrollo con enfoque territorial y zonas especialmente afectadas por el conflicto, se incluyen suponiendo una mayor oportunidad de aprovechamiento de beneficios tributarios y de priorización regional del gasto con proyectos que desde la actividad productiva puedan potencializar su aptitud.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de seis variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Créditos otorgados	Valor agregado agrícola municipal	Seguros agropecuarios	Desempeño municipal	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Pesos ponder ados (%)
Indicadores económicos	Créditos otorgados	1						37,5
	Seguros agropecuarios	1/3	1					26,1
	Valor agregado agrícola municipal	1/3	1/3	1				15,3
	Desempeño municipal	1/3	1/3	1/3	1			10,6
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	1/5	1/5	1/3	1/3	1		6,2
	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	4,3

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

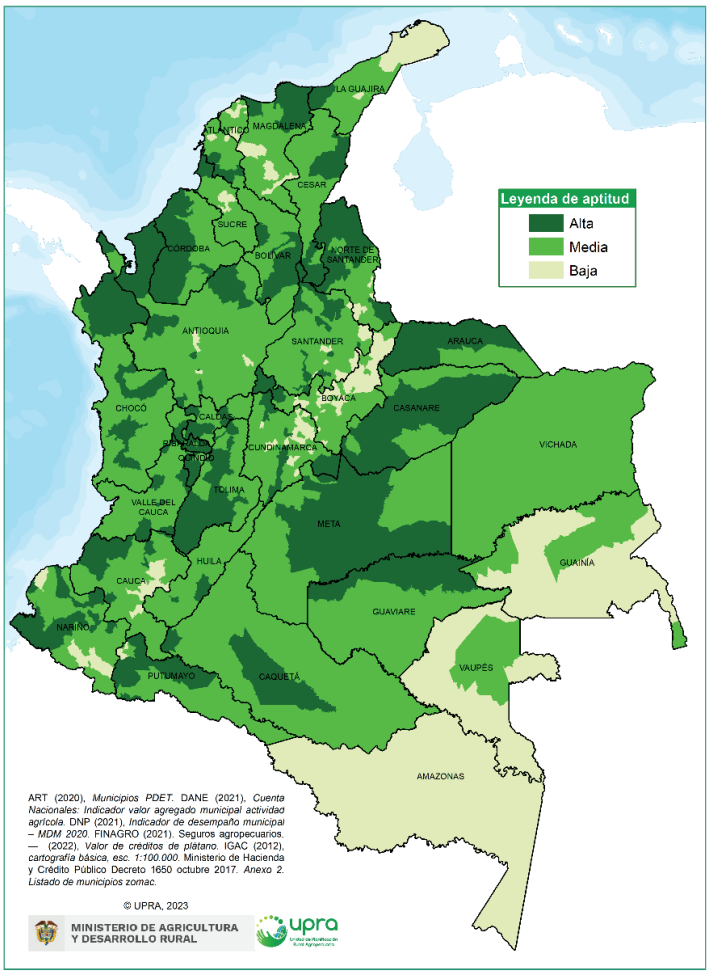
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Créditos otorgados	Miles de millones de COP$	> 1479	< 1479	Sin créditos
Seguros agropecuarios	Municipios	Con seguros	Sin seguros	–
Valor agregado agrícola municipal	Participación porcentual y Miles de millones de pesos de acuerdo con el grupo de capacidades MDM (DNP)	>75,6 %	42,3-75,6 %	< 42,3%
Desempeño municipal	Indicador MDM (puntaje)	≥ 55	45-55	< 45
Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	Municipios	Declarados Zomac	Resto	-
Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Municipios	Declarados PDET	Resto	-

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ART. (2020). Municipios PDET. Bogotá.
- DANE. (2021). Cuentas nacionales: indicador valor agregado municipal actividad agrícolas. Bogotá.
- DNP. (2021). Indicador de desempeño municipal (MDM) 2020. Bogotá.
- Finagro. (2022). Valor de créditos otorgados a la actividad de comercialización y cultivo de plátano 2018-2022. Bogotá.
- Finagro. (2022). Seguros agropecuarios 2017-2021. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinHacienda. (2017). Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac. Bogotá

3.7.1. Variable créditos otorgados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Créditos otorgados	UNIDAD DE MEDIDA: Miles de millones de COP$	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Clasifica los municipios según la cuantía de créditos otorgados para las actividades agropecuarias; están direccionados a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales por Finagro, a través de la banca comercial con presencia en los territorios y son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés, respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG). Para esta medición se tuvo en cuenta la sumatoria de los valores a precios de 2022, desde el año 2018 hasta el 2022, a nivel municipal para el cultivo de plátano y su comercialización.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Busca darle mayor aptitud aquellas zonas del país que tienen un apalancamiento financiero con recursos públicos relacionado con la producción y comercialización de plátano. Así mismo, señala los lugares donde los agentes económicos, toman sus decisiones de inversión, representadas en la solicitud y aprobación de un mayor monto de créditos oficiales preferenciales. Adicionalmente, permite dimensionar el apalancamiento financiero de una actividad productiva municipal, y la demanda aproximada por capital de inversión como factor relevante para los productores agrícolas e inversionistas. Existe una relación directa entre los créditos otorgados y la aptitud del municipio. Municipios con mayor valor de créditos otorgados en un periodo de tiempo determinado, reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad, permitiendo que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir financiamiento.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La información de Finagro solo tiene en cuenta los créditos otorgados a la cadena productiva de los recursos destinados para tal fin y canalizados por la banca pública (Banco Agrario de Colombia) y por la banca privada (redescuento), pero no incluye los créditos otorgados con recursos de captación de la banca privada (créditos comerciales). La información sobre el lugar de colocación de créditos puede diferir del municipio donde finalmente se inviertan los recursos, así como la actividad específica que va a financiar, puesto que puede apalancar actividades conexas a las actividades agrícolas, como también financiar actividades de agentes económicos no especializados en la actividad.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. Finagro. (2022). Colocación de créditos otorgados para la comercialización y cultivo de plátano, 2018-2022.

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre 2018 y 2022 deflactados a valores 2022, para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis. Para llevar los valores a precios 2022 se utilizaron los valores oficiales reportados por el DANE de inflación enero a diciembre de 2018 a 2022.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calculó la suma anual de créditos otorgados por municipio para actividades de cultivo y comercialización en millones de pesos de 2022, para los años 2018 a 2022. Se calcula el factor de conversión o de indexación que se empleará para 2018, 2019, 2020 y 2021 de acuerdo con las cifras de la serie de IPC; con dichos factores, se procede a transformar en términos reales los valores desembolsados para estos periodos y dejarlos expresados en pesos de 2022. Por último, se realiza la sumatoria anual de los valores totales desembolsados por parte de Finagro en crédito para el cultivo por municipio entre los años 2018 y 2022.

4. Clasificación por categoría de aptitud.

Para la estimación de los rangos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), se utilizó el criterio asociado a la regla de Pareto (80/20) que indica que aproximadamente el 80 % de las consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de crédito colocado es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios con colocaciones de crédito. El procedimiento consiste en ordenar de mayor a menor los municipios, que, a valores constantes, suman mayor valor de crédito colocado; seguidamente se estiman las participaciones de cada municipio dentro del total del crédito evaluado.

Finalmente, se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado de la distribución del crédito dentro de los municipios hasta que dicha acumulación llegue al 80 % de participación. Se verifica que el número de municipios que aportaron al 80 % del crédito, representen aproximadamente el 20 % del total de municipios.

De esta forma se definen tres agrupamientos, el primero formado por los municipios que aportaron al 80 % del total del crédito y el segundo grupo por los municipios que aportaron el 20 % restante del total el crédito. El tercer grupo está formado por los municipios que no tuvieron colocación de crédito para actividades de cultivo y comercialización de plátano en el periodo 2018-2022.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

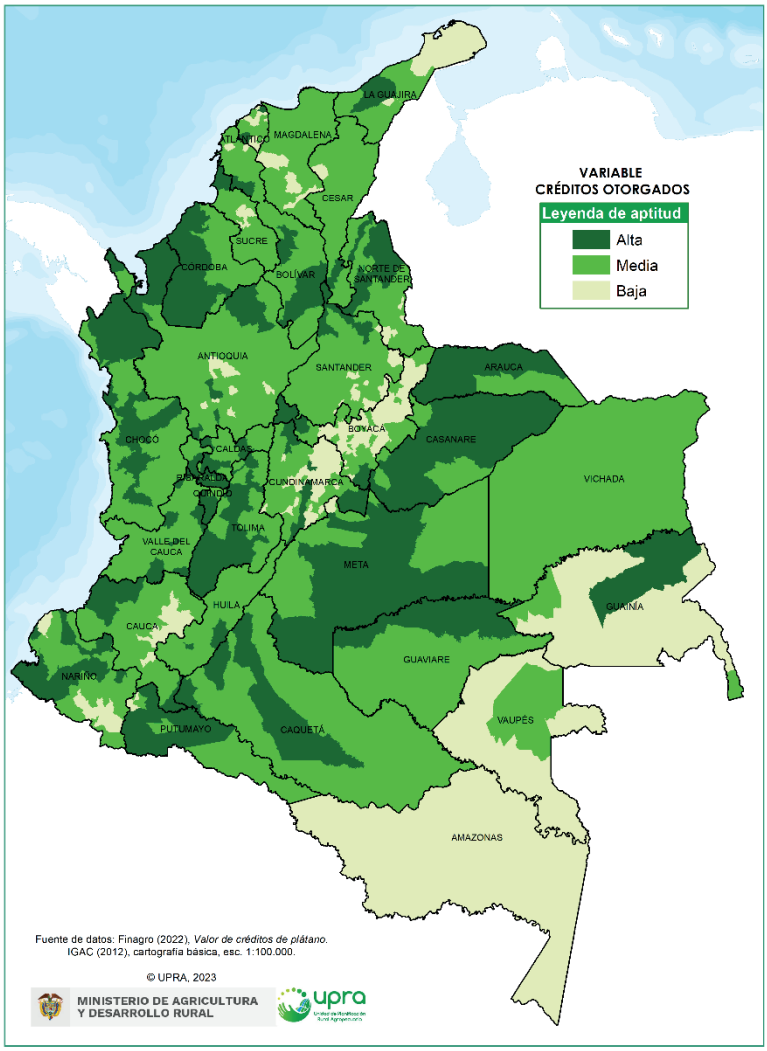
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Miles de millones de COP$	Aptitud
> 1479	Alta (A1)
< 1479	Media (A2)
Sin créditos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de millones de COP$

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Finagro. (2022). *Valor de créditos otorgados para actividades de comercialización y cultivo de plátano 2018-2022*. Bogotá.
- DANE. (2023). Índice de precios al consumidor (IPC). Bogotá.
- IGAC. (2019). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.7.2. Variable seguros agropecuarios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Seguros agropecuarios	UNIDAD DE MEDIDA: Municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción de plátano, en el periodo 2017-2021. Así, se identifican las zonas, donde las aseguradoras y tomadores de seguros, decidieron realizar la gestión del riesgo asociado a la producción agrícola (sequías, heladas, inundaciones, deslizamientos, plagas o enfermedades, entre otros).

En el periodo estudiado, el apoyo recibido por parte del MADR para el pago de primas correspondió, dependiendo el tipo de productor (grande, mediano o pequeño), al 50 % o hasta el 85 % del costo de estas, de conformidad con las resoluciones 06 del 2022 y 03 del 2021 emitidas por la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario (CNCA).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La toma de seguros evidencia las zonas donde los productores del cultivo de plátano para proteger su inversión, el valor de la producción y/o las ganancias esperadas, permitiéndoles una mayor estabilidad financiera en el tiempo. Para el año 2023 el porcentaje de subsidio de la prima puede llegar a ser del 95 % dependiendo del tipo de productor, de acuerdo con la resolución 006 del 2023 de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario.

Busca darle mayor aptitud a aquellas zonas del país que han gestionado seguros agropecuarios, siendo esta una evidencia del interés de sostenibilidad productiva en el tiempo, adoptando los incentivos a la gestión del riesgo, con la presencia y evaluación de sistema productivo realizada por parte de las aseguradoras. Para celebrar el contrato de póliza, la aseguradora consulta información sobre estructura de costos, ubicación del predio, plan de asistencia técnica, plan de siembra, etc., a partir de la declaración realizada por productor tomador de la póliza; de manera que se define un perfil de riesgo productivo del lote o actividad agropecuaria cubierta por la póliza.

Esta variable identifica las unidades productivas y/o asociaciones que tomaron pólizas individuales o colectivas, de manera que el riesgo a gestionar de centra en los riesgos ajenos al control del tomador y que están relacionados con riesgos naturales.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

De acuerdo con el análisis de la variable, no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La fuente de consulta identifica la expedición de seguros agrícolas para plátano en determinados municipios. No se puede establecer qué tipo de productor (pequeño, mediano o grande) tomó el seguro, sí la póliza fue individual o colectiva.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Finagro. (2021). municipios en donde se ubican los proyectos productivos que tomaron seguros agrícolas para el cultivo de plátano en el periodo 2017-2021.

2. Precisiones de la información.

Se considera los municipios que reportaron cobertura de las pólizas por Finagro para cultivo de plátano, desde el año 2017 al 2021.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para definir los rangos de aptitud se tiene en cuenta en qué municipios se expidió una póliza de seguro y en cuáles no.

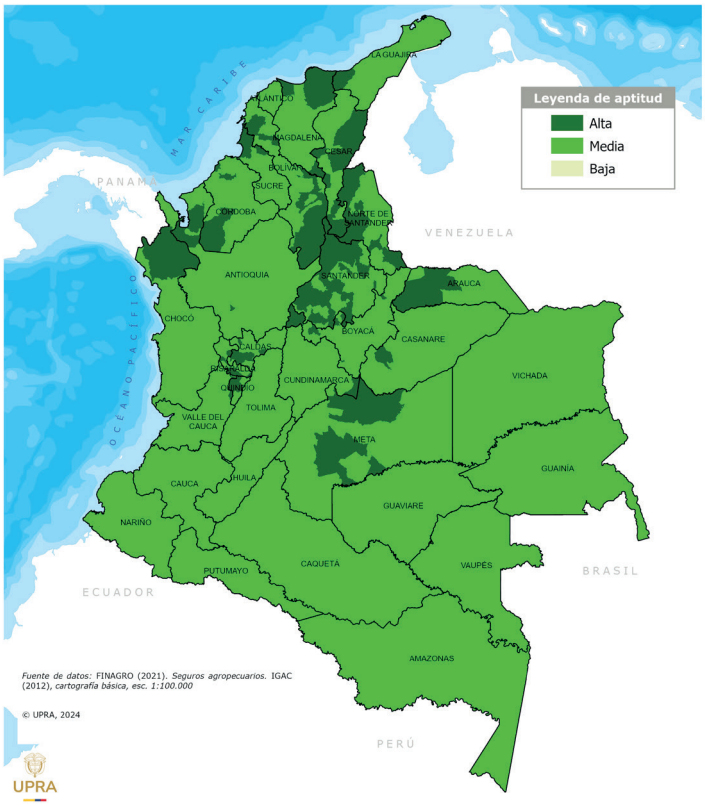
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Municipios	Aptitud
Con cobertura de seguro agrícola	Alta (A1)
Sin cobertura de seguro agrícola	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS
Variable de de seguros agropecuarios

FUENTES DE INFORMACIÓN
• Comisión Nacional de Crédito Agropecuario (2023). *Resolución 006 de 2023 de la CNCA*. Obtenido de: https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca • Finagro. (2021). 2017-2021 *Seguros agropecuarios 2017-2021*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.7.3. Variable valor agregado agrícola municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**		
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico		
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos			
VARIABLE: valor agregado agrícola municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** municipios donde coincide una mayor participación porcentual del valor agrícola dentro del total agropecuario, y una mayor magnitud de valor agregado agrícola en miles de millones de pesos (COP$)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	√
		Restricción legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio, medido e integrado en dos formas: primero, en función de su importancia relativa (participación porcentual) dentro del valor agregado agropecuario (agrícola + pecuario + pesquero + silvicultura) del municipio y segundo, se identifican los municipios con mayor capacidad de generación del valor agregado agrícola en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado), de acuerdo con los seis grupos homogéneos de municipios que establece el DNP para la Medición del Desempeño Municipal para el año 2021. Los grupos son: Ciudades (13 principales ciudades), Grupo 1 (Nivel alto de capacidades), Grupo 2 (Medio alto), Grupo 3 (Nivel medio), Grupo 4 (Medio bajo) y Grupo 5 (Nivel bajo).
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Muestra la composición principal de la producción agropecuaria municipal, lo que permite identificar si el municipio se inclina más hacia la generación de valor agregado en agricultura, o hacia los demás rubros del valor agregado agropecuario (pecuario o silvicultura, por ejemplo). Así, se identifican los municipios que dentro de su valor agregado agropecuario tienen una mayor participación las actividades agrícolas, lo que sugiere que en el territorio se desarrollen economías de escala sectoriales, sinergias entre productores, comercializadores y personal técnico; además de la posibilidad de existencia en la zona de múltiples cultivos que se complementan entre sí para fines de seguridad alimentaria. Esta variable incide en la percepción de los agentes económicos respecto al carácter preponderante del valor agregado agropecuario del municipio (más agrícola o pecuario, por ejemplo), y en este caso puntual del cultivo comercial de plátano. La participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica primaria en lo municipal como lo son, la ganadería, la silvicultura y la pesca. A mayor participación del valor agregado agrícola municipal (VAAM) dentro del valor agropecuario municipal, mayor aptitud agrícola identificada. Así mismo, a mayor valor agregado agrícola municipal en términos monetarios, comparado con municipios de su mismo nivel, el municipio presenta mayor nivel de aptitud.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Incapacidad para discriminar el valor generado agrícola para un cultivo en particular, es decir, la mayor inclinación de un municipio hacia la generación de valor agregado en agricultura no necesariamente obedece particularmente ni mayoritariamente al cultivo de plátano. Igualmente, los municipios con mayor valor agregado agrícola identificado no necesariamente registren valores altos por la generación de valor en el cultivo de plátano sino de otros productos agrícolas incluido el cultivo de plátano. Se agrega al valor agregado de la actividad cafetera, por ejemplo, así como de otros productos agrícolas, para estimar el valor agregado agrícola municipal. Finalmente, se debe mencionar que las mediciones para un año específico, en este caso 2021, pueden haber incluido eventos esporádicos como inundaciones o condiciones climáticas adversas, efectos por pandemia COVID-19 y pos COVID, que pueden afectar las decisiones de siembra por alteraciones en el consumo de alimentos, movilización de productos, costos de producción, mercados, entre otros, que con que llevan a tener un menor valor agregado agrícola de manera transitoria en un municipio.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. DANE. (2021). Cuentas Nacionales: Indicador valor agregado municipal, actividad agrícola, pecuaria, pesquera y de silvicultura. DNP. (2023). Seis Grupos de clasificación de la Medición de Desempeño Municipal para categorizar municipios "similares" según el nivel de capacidades iniciales de desarrollo territorial. Los grupos son: Ciudades (13 principales ciudades), Grupo 1 (nivel alto de capacidades), Grupo 2 (medio alto), Grupo 3 (nivel medio), Grupo 4 (medio bajo) y Grupo 5 (nivel bajo). IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. **2. Precisiones de la información.** Se tiene en cuenta la información del DANE, donde la participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica primaria en lo municipal como lo son la silvicultura, la ganadería y la pesca. **3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.** En un primer momento, se procede a calcular la participación del VAAM dentro del total de valor agregado agropecuario de cada municipio. Posteriormente, se ordena de mayor a menor los municipios de acuerdo con la participación de su valor agregado agrícola dentro del total agropecuario para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento. Con base en la metodología de evaluación de tierras, se examinó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo: $$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$ Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1 - Q_3. Dado que se presentaron menos del 5 % de datos atípicos la decisión es utilizar el método Dalenuis-Hodges. El método estadístico Dalenuis-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres (k=3). El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos: Ordenar las observaciones de manera ascendente. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min(L*10, n)$. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados, para cada clase de la siguiente manera: $$Lim\inf Ck = \min\{X(i)\} + (K-1) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$ $$Lim\sup Ck = \min\{X(i)\} + (K) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase

$$fi \; i \in \{1, \dots, J$$

Calcular la raíz cuadrada de frecuencia de cada clase.

Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h\text{-}1)\, Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella clase que presenta la mínima distancia a Q, Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes a los límites inferior y superior de las clases comprendidas en cada estrato.

Como resultado, los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3) son:

Participación (%)	Aptitud
> 71,6	Alta (A1)
71,6-42,3	Media (A2)
< 42,3	Baja (A3)

En un segundo momento se ordena de mayor a menos los municipios de acuerdo con el valor en miles de pesos del valor agregado agropecuario de acuerdo con el grupo de capacidades al que pertenece según los grupos que establece el DNP para la medición del desempeño municipal:

Grupos de capacidades iniciales	% Población en cabecera 2019	Densidad poblacional (personas/km²). 2019	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 2016-2019)	Valor agregado municipal per cápita (promedio 2016-2019)	Densidad empresarial 2019
Ciudades	92,17	2456,07	$616.824	$18.071.424	22,97
G1-Nivel Alto	62,07	451,48	$634.140	$26.906.086	35,71
G2-Nivel Medio Alto	50,01	90,74	$280.361	$16.181.101	50,34
G3-Nivel Medio	42,09	53,89	$197.625	$12.753.247	58,51
G4-Nivel Medio Bajo	39,67	48,89	$140.868	$9.460.865	84,62
G5-Nivel Bajo	26,95	54,16	$85.252	$6.597.249	228,96

Fuente: Cálculos propios con base en DANE, DNP, IGAC y Confecámaras

Posteriormente, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado, donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d (i, j) > d (i, k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j.

El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en dos, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

- Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
- De manera inicial se divide en dos grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
- Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres es inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
- Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
- Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la variable valor agregado agrícola municipal (VAAM), para los dos momentos señalados, el resultado fueron tres agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Aptitud alta (A1): municipios con participación del VAAM mayor a 71,6 %. Aptitud media (A2): municipios con participación del VAAM entre 42,3 y 71,6 %. Aptitud baja (A3): municipios con participación menor a 42,3 %.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

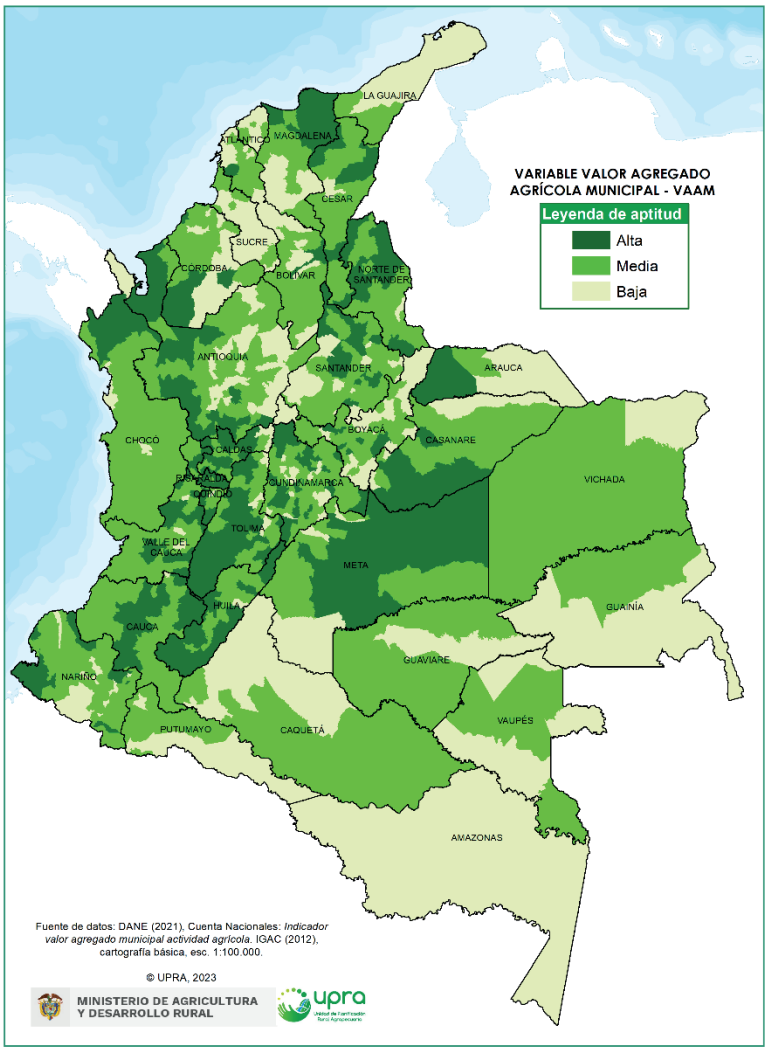
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Participación (%)	Aptitud
> 71,6	Alta (A1)
71,6-42,3	Media (A2)
< 42,3	Baja (A3)

Unidad de medida	Municipios donde coincide una mayor participación porcentual del valor agrícola dentro del total agropecuario, y una mayor magnitud de valor agregado agrícola en miles de millones de pesos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2022). Cuentas nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad agrícola. Bogotá.
- DNP. (2023). Grupos de clasificación de capacidades iniciales en la Medición de Desempeño Municipal 2021.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.7.4. Variable desempeño municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Desempeño municipal	UNIDAD DE MEDIDA: Indicador MDM (puntaje)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Adopta la medición y la comparación que realiza el DNP en la publicación de la Medición de Desempeño Municipal (MDM) para el año 2021, cuyo objetivo es comparar el desempeño municipal de las entidades territoriales entendido como capacidad de gestión (acciones y decisiones) y los resultados de desarrollo (el aumento de la calidad de vida de la población) teniendo en cuenta sus capacidades iniciales, para incentivar una mejor gestión, calidad del gasto y la inversión orientada a resultados (DNP, 2017, pág. 3).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Confirma si se cuenta con administraciones locales robustas, con capacidades institucionales adecuadas para cumplir las diferentes tareas, lo cual es una condición necesaria para el desarrollo territorial, lo que toma especial importancia en escenarios como el actual donde se busca un mayor fortalecimiento de la gestión descentralizada de las entidades regionales.

Así mismo, «hay evidencia de la relación existente entre mayores capacidades institucionales de los gobiernos subnacionales, en especial aquellas relacionadas con la capacidad de recolectar impuestos y proveer servicios públicos, con mayor crecimiento económico y mejores resultados de desarrollo económico y social» (DNP, 2017, pág. 7), y esta premisa es esencial para dinamizar e incentivar las actividades productivas agropecuarias en las zonas rurales del país.

En Colombia los estudios del DNP han demostrado que un mejor desempeño municipal se asocia con mejores resultados en otras dimensiones, como eficiencia en la provisión de servicios públicos, menores tasas de pobreza y mayor competitividad, entre otros. Por ejemplo, el índice de ambiente regulatorio para creación de empresas —*Doing Business*— promovido por el Banco Mundial, tiene una correlación positiva y significativa con la nueva medición del desempeño municipal (DNP, 2017).

VALOR DE EXCLUSIÓN SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Este indicador es global por municipio, lo que significa que no discrimina entre zonas urbanas y rurales dado que evalúa la información por ente territorial. Adicionalmente, en el año 2021 para la medición del 2020 se tuvo una actualización metodológica lo que limita su comparación con años anteriores.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DNP (2021). Indicador de desempeño municipal (MDM) 2020.

2. Precisiones de la información.

La variable se basa en la información en la medición del desempeño municipal (MDM) que elaboró el DNP, para evaluar la gestión y los resultados de los municipios a partir del estudio de un grupo de expertos en temas de desarrollo territorial, medición y descentralización, con el cual se actualizaron los estándares de evaluación, y se enfocó el desempeño municipal a la gestión pública orientada a resultados, que eran calculados mediante el índice de desempeño integral (IDI).

De acuerdo con el DNP (2018), este indicador MDM cuenta con algunas características y ventajas como:

- Esta medición permite la comparación entre grupos de municipios más homogéneos (definidos según un componente de capacidades iniciales) rankings al interior de grupos.
- El grupo de capacidades iniciales se calcula cada cuatro años con nuevos gobiernos locales. «Las capacidades iniciales se componen de siete variables que determinan el contexto económico, urbano y de recursos del municipio: ingresos tributarios y no tributarios per cápita, densidad empresarial, el valor agregado municipal per cápita, el tamaño de la población, el porcentaje de población en cabecera, la densidad poblacional y la pertenencia al Sistema de Ciudades (economías de aglomeración)» (DNP, 2023, pág. 14).
- La posición del municipio se calcula dentro de su grupo de capacidades iniciales (el último puesto es máximo 218).
- Mide entre grupos de municipios con capacidades iniciales similares.
- Los indicadores de resultados alineados con los planes de desarrollo territorial para rendición de cuentas.
- Permite hacer comparaciones al interior de grupos más homogéneos que parten de una misma situación con condiciones.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Esta variable cuenta con la información para la totalidad de los municipios del país. La consistencia interna la ofrece el DNP a partir de la construcción metodológica que se describe a continuación:

La MDM está dividido en dos componentes, el de gestión de recursos y el de resultados de desarrollo, cada uno con cuatro dimensiones, así:

Componente gestión de recursos		Componente resultados de desarrollo
Movilización de recursos propios (25 %)		**Educación (25 %)**
Tributario + no tributario – recaudo por instrumentos de OT (per cápita).		Cobertura de educación media.
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita).		Pruebas SABER 11 matemáticas y lenguaje
Participación de los recursos propios en la inversión.		Cobertura de transición
Ejecución de recursos (25 %)*		**Salud (25 %)**
Ejecución en los sectores de desarrollo económico.		Mortalidad infantil
Ejecución en los sectores de desarrollo social		Cobertura de vacunación pentavalente
Ejecución en los otros sectores		Cobertura de salud
Cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos (SGR).		**Servicios públicos (25 %)**
Gobierno abierto y transparente (25 %)		Cobertura de energía rural
Organización de la información		Penetración de internet
Rendición de cuentas		Cobertura de acueducto y alcantarillado
Atención al ciudadano		**Seguridad y convivencia (25 %)**
Gestión de instrumentos de ordenamiento territorial (25 %)		Hurtos por 10.000 habitantes
Recaudo predial efectivo.		Homicidios por 10.000 habitantes
Uso instrumentos de recaudo de ordenamiento territorial.		Casos de violencia intrafamiliar por 10.000 habitantes.

*Esta dimensión presenta cambios metodológicos en la MDM del año 2021, y sus variables pasan de ser i) ejecución de recursos del SGP, ii) ejecución de recursos propios, iii) ejecución de otros recursos y iv) eficiencia del IGPR a ser i) ejecución en los sectores de desarrollo económico, ii) ejecución en los sectores de desarrollo social y iii) ejecución en los otros sectores iv) eficiencia del IGPR.

Fuente: (DNP, 2018) y (DNP, 2023).

Descripción de las dimensiones y variables para el componente de gestión y el de resultados

El primer componente, enfocado en la gestión, incluye las acciones y decisiones que adelanta la administración local que buscan transformar los recursos en un mayor bienestar de la población y desarrollo, en su interior se subdivide en cuatro dimensiones y todos con igual peso (25 %), estos son: i) movilización de recursos propios, ii) ejecución de recursos, iii) gobierno abierto y transparencia, y iv) uso y recaudo por instrumentos de Ordenamiento Territorial (OT). Este componente a su vez reúne las siguientes 12 variables.

Dimensión movilización de recursos propios

Variable	Metodología	Fuente
Ingresos tributarios y no tributario sin recaudo por OT per cápita	(Ingresos tributarios y no tributarios-recaudo por instrumentos de OT / población)	Operaciones efectivas de caja - OEC (DNP) y DANE
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita)	Recaudo total mediante los cuatro instrumentos de ordenamiento territorial (predial, delineación urbana, valorización y plusvalía) / población total	CUIPO (Categoría única de información del presupuesto ordinario) y operaciones efectivas de caja
Participación de los recursos propios en la inversión	(Inversión financiada con recursos propios/ Inversión total del municipio)	CUIPO y operaciones efectivas de caja

Fuente: (DNP, 2018, pág. 13).

Ejecución de recursos

Variable	Metodología	Fuente
Ejecución sectores de desarrollo económico	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con los sectores de desarrollo económico	CUIPO
Ejecución sectores de desarrollo social	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con los sectores de desarrollo social	CUIPO
Ejecución otros sectores	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con otros sectores	CUIPO
Indicador eficiencia IGPR	Cumplimiento de la programación inicial de los proyectos de regalías ejecutados por el municipio	SGR

Fuente: (DNP, 2018, pág. 15) y (DNP, 2023, pág. 37)

Gobierno abierto y transparencia

Variable	Metodología	Fuente
Gestión documental	Implementación de la Ley 594 de 2000	GESTIONWEB
Rendición de cuentas	Evalúa los mecanismos que permite la participación ciudadana, propiciado por las entidades u organismos de la administración pública.	GESTIONWEB
Atención al ciudadano	Evalúa el nivel de cumplimiento por parte de las entidades territoriales frente las disposiciones básicas en materia de atención y servicio al ciudadano.	GESTIONWEB

Fuente: (DNP, 2018, pág. 18) y (DNP, 2023, pág. 37).

Gestión de instrumentos de OT

Variable	Metodología	Fuente
Tasa efectiva de recaudo predial	Recaudo predial/valorización de los predios en la vigencia	IGAC/ CUIPO
Uso de instrumentos de OT	Número de instrumentos de ordenamiento territorial que usa la entidad territorial (plusvalía, predial, valorización y delineación)	CUIPO

Fuente: (DNP, 2018, pág. 20) y (DNP, 2023, pág. 37).

El segundo componente, el de resultados de desarrollo, permite saber si las acciones realizadas en el período evaluado tuvieron incidencia en el bienestar para la comunidad y desarrollo territorial; mide los cambios en las condiciones de vida con relación al acceso ciudadano a educación, salud, servicios públicos, seguridad y convivencia familiar. Este componente reúne las siguientes 12 variables.

Educación

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura en educación media neta	Cantidad o porcentaje de estudiantes matriculados en educación media; sin contar los que están en extra-edad (por encima de la edad correspondiente para cada grado).	MinEducación
Cobertura en transición media neta	Cantidad o porcentaje de estudiantes matriculados en educación transición; sin contar los que están en extra-edad (por encima de la edad correspondiente para cada grado)	MinEducación
Pruebas Saber 11	Puntaje promedio en las secciones de matemáticas y lectura crítica de las pruebas Saber 11	ICFES 2021

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Salud

Variable	Metodología	Fuente
Mortalidad infantil, menores de un año	Cociente entre las defunciones de menores de un año ocurridas en un área geográfica, durante un año calendario, y los nacimientos ocurridos en el mismo período por mil nacidos vivo.	DANE
Cobertura en vacunación pentavalente	(terceras dosis aplicadas de vacuna pentavalente en los menores de un año / población total menor de un año a vacunarse) x 100	MinSalud, disponible en Territata
Cobertura en salud	Cobertura en salud calculada a partir del número de afiliados registrados en la BDUA en los regímenes contributivo y subsidiado a diciembre.	MinSalud 2021.

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Servicios

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura energía, zona resto	Relación entre los usuarios del servicio de energía eléctrica y las viviendas.	UPME
Penetración de internet (banda ancha residencia)	Número de suscriptores con acceso dedicado a internet sobre la población total de la vigencia.	MINTIC
Cobertura de acueducto y alcantarillado	Relación entre los predios residenciales que tienen servicio y el total de los predios residenciales.	REC-SSPD-

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37).

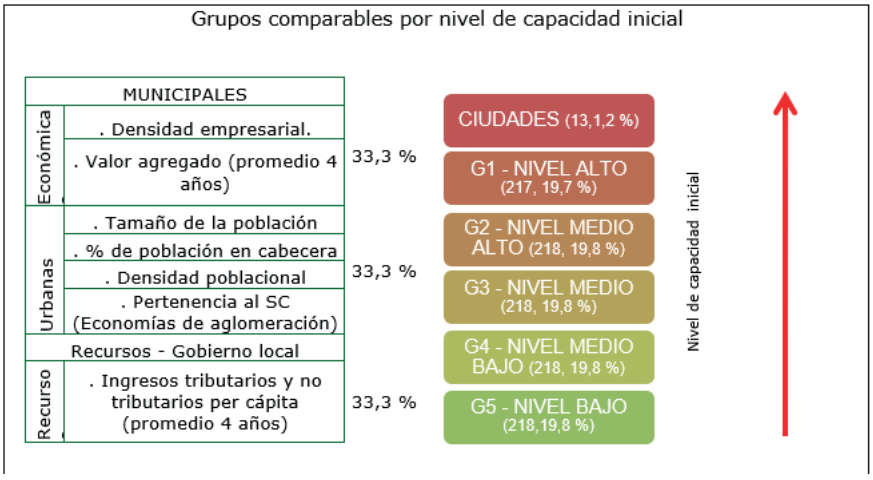
Seguridad y convivencia

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes.	MinDefensa, Población DANE
Homicidios por cada 10.000 habitantes	Casos de homicidios por cada 10.000 habitantes.	
Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes.	

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Un factor diferencial que tiene esta metodología es que categoriza los municipios en grupos comparables que comparten ciertas características definidas como capacidades (dotaciones) iniciales, lo que permite un análisis comparativo según las diferencias estructurales en las trayectorias de desarrollo territorial. Para ellos, se definieron tres dimensiones: a) la actividad económica, b) las características demográficas y geográficas urbanas, y c) los recursos propios del ingresos tributarios y no tributarios. Lo anterior, permite la conformación de seis grupos de municipios, así:

Grupos comparables por nivel de capacidad inicial



Fuente: (DNP, 2018, pág. 32)

Para la estimación de las capacidades iniciales se utiliza el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno saliente (2011-2015) y se estandarizan los indicadores entre todos los municipios. Luego se define un índice de 0 a 1, donde 1 representa a aquellos municipios con mayor dinamismo económico (mayor valor agregado y mayor densidad empresarial) altamente urbanos y con los mayores recursos corrientes, y 0 para sus respectivas contrapartes.

En el año 2021 la metodología de clasificación municipal fue ajustada para la medición del desempeño 2020, donde fundamentalmente se ajustó la temporalidad, puesto que la clasificación anterior se construyó con información del 2015 o del 2012-2015 mientras que la actualización toma la del 2019 o 2016- 2019. Esta nueva clasificación estará vigente del 2020 al 2023:

Grupos de capacidades iniciales	% Población en cabecera 2019	Densidad poblacional (personas/km²). 2019	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 2016-2019)	Valor agregado municipal per cápita (promedio 2016-2019)	Densidad empresarial 2019
Ciudades	92,17	2456,07	$616.824	$18.071.424	22,97
G1-Nivel Alto	62,07	451,48	$634.140	$26.906.086	35,71
G2-Nivel Medio Alto	50,01	90,74	$280.361	$16.181.101	50,34
G3-Nivel Medio	42,09	53,89	$197.625	$12.753.247	58,51
G4-Nivel Medio Bajo	39,67	48,89	$140.868	$9.460.865	84,62
G5-Nivel Bajo	26,95	54,16	$85.252	$6.597.249	228,96

Fuente: Cálculos propios con base en DANE, DNP, IGAC y Confecámaras.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Para determinar los rangos de aptitud se asumió la calificación del Indicador de Desempeño Municipal (MDM) que elaboró el DNP a partir de la metodología.

El indicador final de la MDM se encuentra expresado entre 0 y 100, donde un municipio con una puntuación cercana a 100, tuvo un excelente desempeño en el componente de gestión, y a su vez buenos resultados de desarrollo, bien sea porque mantuvo sus condiciones o las mejoró frente al año anterior.

Adicionalmente, establece unos rangos de desempeño para determinar la clasificación del municipio de acuerdo con el puntaje final obtenido después del ajuste por resultados, de acuerdo con lo anterior, el valor del indicador MDM se clasifica los rangos de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

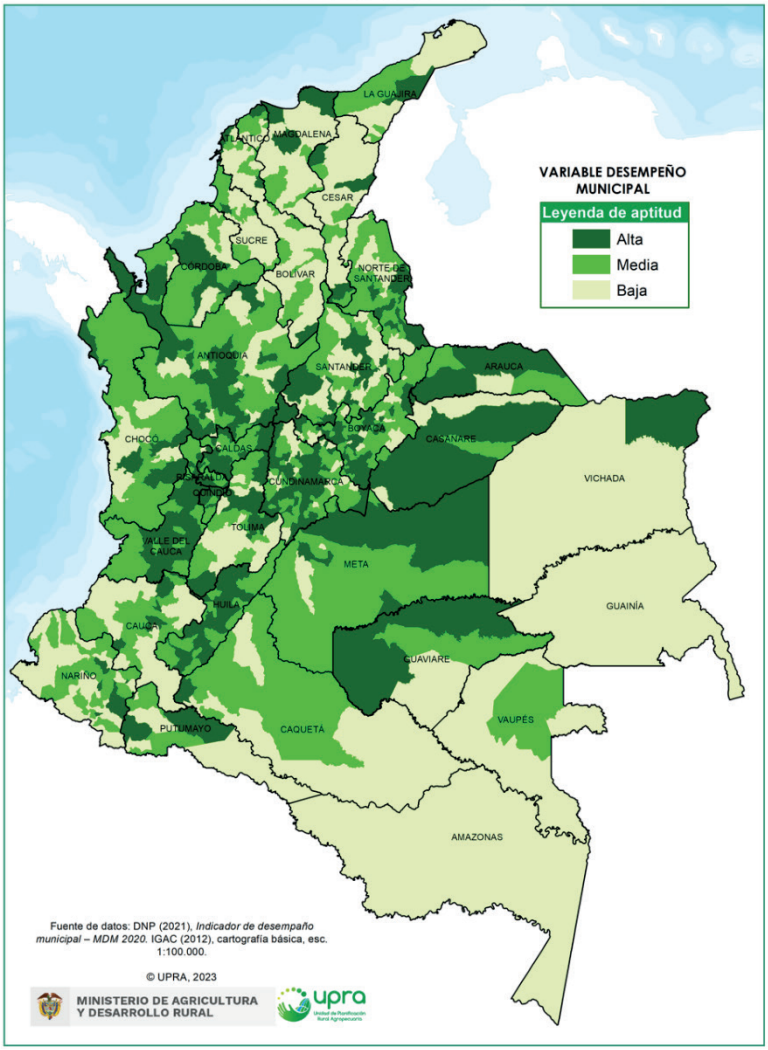
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3), según los resultados de la medición de desempeño municipal (MDM) del DNP para el año 2021.

Indicador MDM (puntos)	Aptitud
≥ 55	Alta (A1)
45-55	Media (A2)
< 45	Baja (A3)

Unidad de análisis	Indicador de la medición del desempeño municipal MDM (puntaje)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2021). Indicador de desempeño municipal MDM 2020. Bogotá.
- DNP. (2018). Nueva Medición del Desempeño Municipal (MDM).
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.7.5. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	UNIDAD DE MEDIDA: Municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 2017.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Busca el fortalecimiento de la productividad y la competitividad, acelerando el crecimiento y el desarrollo con la creación de empresa y la generación de empleo, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta. Por medio de la priorización de las Zomac se logra incorporar geográficamente los potenciales incentivos tributarios para el desarrollo económico-social, el empleo y las formas organizadas de los campesinos, comunidades indígenas, afrodescendientes, raizales, palenqueras y productores rurales, donde el Estado está buscando cerrar la brecha económica y social existente entre ellas y el resto del país, frente al hecho que estos municipios han estado en desventaja históricamente por el conflicto armado frente a otras zonas del país.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Depende de la legislación y las decisiones de gobierno, lo que implica que los beneficios y estímulos tributarios podrían ser ampliados o revocados partiendo de decisiones políticas. Adicionalmente, no existe forma en la que se pueda medir la manera en que están siendo aprovechados los incentivos y en qué actividades productivas se están concentrando.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
1. Información. MinHacienda. Decreto No. 1650 de 2017. **2. Precisiones de la información.** Listado de municipios declarados ZOMAC. **3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Se cuenta con la información para la totalidad de municipios del país respecto de si pertenecen o no a las Zomac lo que permite hacer un análisis nacional integral.		

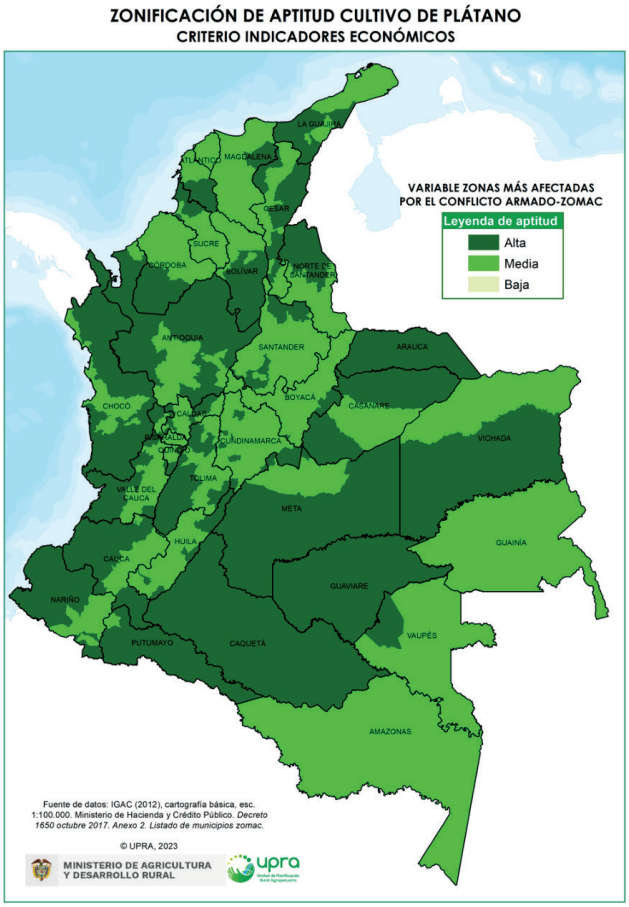
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2). Se excluye la posibilidad de que esta variable tome valores (A3) por considerar que sería un castigo en términos de aptitud para los municipios que no sean beneficiados.

Municipios	Aptitud
Declarados Zomac	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinHacienda. (2017). Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac.

3.7.6. Variable planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	UNIDAD DE MEDIDA: Municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Instrumento de planificación y gestión a 10 años, a partir del año 2017, para llevar de manera prioritaria y con mayor celeridad programadas de desarrollo económico, social y ambiental, a los territorios más afectados por el conflicto armado, con mayores índices de pobreza, presencia de economías ilícitas y debilidad institucional; está conformado por 170 municipios.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Resulta de gran importancia para los agentes económicos considerar este instrumento para la planificación de sus proyectos productivos, donde se proyecta una acción especialmente direccionada desde el gasto del Gobierno nacional, junto con el sector privado, los gobiernos locales, las comunidades, los grupos étnicos y la cooperación internacional. Estos actores usarán las siguientes estrategias para dicha acción:

- *Obras PDET*: Las comunidades son protagonistas en el proceso de construcción de sus obras.
- *Obras por impuestos*: Mecanismo para que los contribuyentes ejecuten proyectos de impacto social.
- *OCAD Paz*: Iniciativa que tiene como propósito destinar recursos de las regalías para ejecutar proyectos de inversión en los territorios PDET
- *Proyectos productivos*: De la mano de las comunidades y entidades locales se adelantan proyectos para dinamizar la economía de los territorios PDET
- *Estructuración de proyectos*: La ART entrega a las alcaldías la estructuración de proyectos para que los entes territoriales puedan presentarlos a diferentes fuentes de financiación.
- *Plan maestro de estructuración*: Iniciativa que busca identificar las estrategias y fuentes de financiación para estructurar proyectos PDET.
- *Yo me subo a mi PDET*: Comunidades y organizaciones se suben a los PDET mediante la ejecución directa de proyectos.
- *Proyectos integradores*: Proyectos con enfoque territorial, los cuales contemplan la intervención articulada, planeada y focalizada.
- *Cofinanciación*: De la mano con cooperación internacional avanza la implementación de los PDET

Los municipios PDET se constituyen como un direccionador de paz del Presupuesto General de la Nación con el accionar entre otros de los OCAD Paz, del Fondo Colombia en Paz, de la Agencia de Renovación del Territorio y del Fondo Colombia Sostenible. El sector privado y la cooperación internacional han identificado 77 proyectos sociales por COP$ 615 mil millones dentro de la estrategia de obras por impuestos, mientras que la cooperación internacional tiene ya estructuradas 250 iniciativas que responden a las necesidades de la población para convertir sus iniciativas en obras de infraestructura, soluciones de energía eléctrica, proyectos productivos, educación, salud y reconciliación.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Depende de la legislación y las decisiones de gobierno, lo que implica que los recursos y estímulos económicos para estos territorios podrían ser ampliados o revocados partiendo de decisiones políticas. Adicionalmente, no existe forma en la que se pueda medir la manera en que están siendo aprovechados los incentivos y en qué actividades productivas se están concentrando.

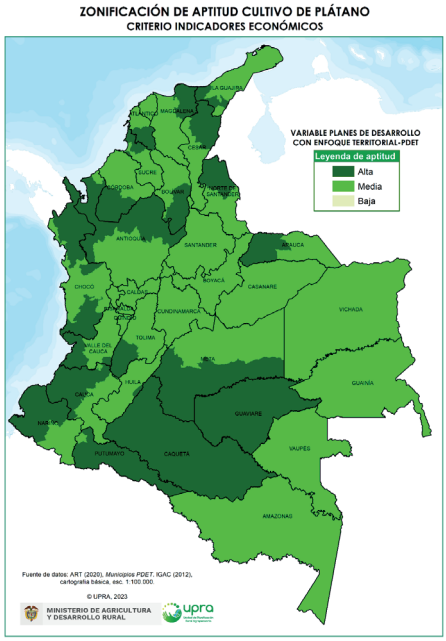
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. Agencia de Renovación del Territorio (ART). (2020). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial. **2. Precisiones de la información.** Listado de municipios declarados PDET. **3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.** Se cuenta con la información para la totalidad de municipios del país respecto de si pertenecen o no a las PDET, lo que permite hacer un análisis nacional integral.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2).

Municipios	Aptitud
Declarados PDET	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
Agencia de Renovación del territorio ART (2020) Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial. Bogotá. IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8. Criterio *condiciones de vida*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Condiciones de vida		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Salud, expresada en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Trabajo, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones de la niñez y la juventud, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones educativas del hogar, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%).

DEFINICIÓN

Indicadores estadísticos utilizados para estudiar la manera específica en que viven las personas, en un marco de tiempo y en una sociedad determinada, considerando como principales características vitales: salud, educación, empleo, entre otras. En la que se mide el grado de privación en las dimensiones que abarca la medición de la pobreza multidimensional, a través de datos censales, con indicadores municipales, que permiten determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad de esta.

Este índice permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria (DANE, 2018).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Muestra las privaciones vitales con las que la población desarrolla los procesos productivos.

Muestra las privaciones vitales con las que la población debe integrarse al proceso productivo Aquellos municipios con menos hogares en situación de privación en cada variable cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades productivas.

La calidad de vida de la población rural influye poderosamente en el desarrollo de sus capacidades como seres humanos y en la posibilidad de integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con menos hogares en situación de privación en cada una de las dimensiones analizadas cuentan con poblaciones más aptas para participar funcionalmente en las dinámicas productivas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

La cantidad de hogares en situación de privación multidimensional es inversa a la aptitud del municipio. Municipios con mayores niveles de hogares en situación de privación multidimensional (condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, trabajo, acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda) reflejan una menor competitividad socioeconómica para la ubicación de nuevos procesos productivos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayor limitación de la información es su nivel de actualización dado que se basa en el censo nacional de población y vivienda de 2018 del DANE.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de la variable asociada no se presenta ningún límite que permita calificar una zona como no apta (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utiliza la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que permite avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Este insumo se aproxima al estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones, por medio de comparaciones entre municipios. No se evalúa la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión.

Dicha estimación aproximada utiliza fuentes instrumentales para dos de los 15 indicadores utilizados. Concretamente en el indicador empleo informal se utiliza información del registro de la PILA dado que el Censo Nacional de Población y Vivienda no contó con información de afiliación a pensiones. Por otra parte, en el indicador *Sin aseguramiento en salud* se utilizó la información de registros administrativos de la *Base unida de afiliados* y el DEX para entidades del régimen de excepción y especial.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación (Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional) y 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y, puntualmente en los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación en los municipios.

Los 15 indicadores utilizados en la estimación de todas las variables del criterio son: bajo logro educativo, analfabetismo, inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, tasa de dependencia económica, empleo informal, sin aseguramiento en salud, barreras de acceso a servicio de salud, sin acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, pisos inadecuados, paredes exteriores inadecuadas y hacinamiento crítico.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

Se separa la información de privaciones municipales y se selecciona lo referente al área de centros poblados y rural disperso. Se agrupan los indicadores por las cinco dimensiones a las que pertenecen. Se calculan los agrupamientos multivariados entre los indicadores de cada dimensión de análisis agrupadas en cada variable que pertenecen al criterio.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el *software* PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

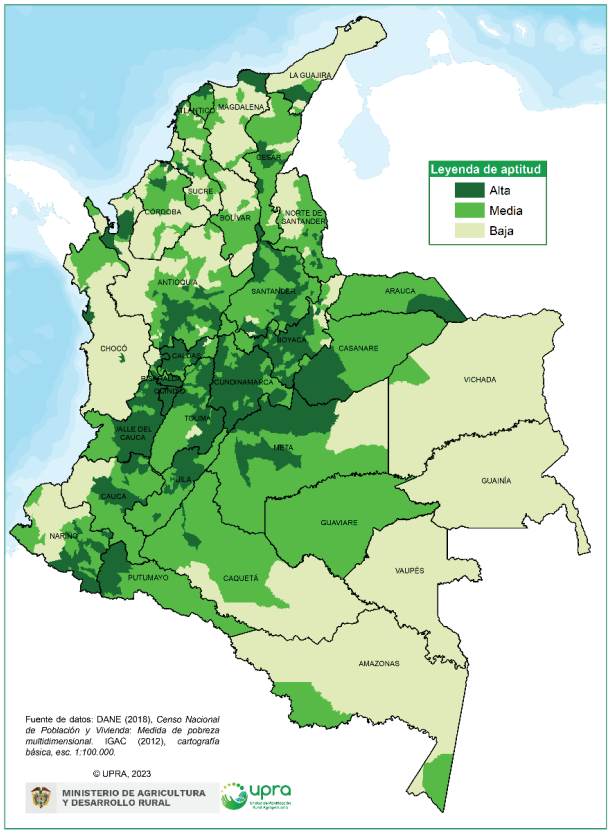
Criterio	Variables	Salud	Trabajo	Condiciones de vivienda	Condiciones de niñez y juventud	Condiciones educativas	Pesos ponderados (%)
Condiciones de vida	Salud	1					44,3
	Trabajo	1/3	1				25,8
	Condiciones de vivienda	1/3	1/3	1			16,6
	Condiciones de niñez y juventud	1/5	1/3	1/3	1		8,7
	Condiciones educativas	1/5	1/5	1/5	1/3	1	4,6

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE VIDA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8.1. Variable *salud*

<table>
<tr><td colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: Condiciones de vida</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: Salud</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje de hogares con privaciones (%)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>√</td></tr>
<tr><td>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada como las barreras de acceso a este servicio y privaciones en aseguramiento en salud.
• Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapista o institución de salud.
• Privación por falta de aseguramiento en salud: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no se encuentra asegurada en salud, es decir presenta alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX). (DANE,2018)</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la salud de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo.

Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en su salud (reflejan mejores tasas de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en los servicios de salud, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Los indicadores se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.</td></tr>
<tr><td colspan="3">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Información.

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal que se construyó usando la información del CNPV 2018, lo que hizo posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información, sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen una alta privación en aseguramiento en salud corresponden a municipios con altos niveles de barreras de acceso a los servicios de salud</td></tr>
</table>

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, con publicación anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran encuesta integrada de hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, es posible una desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y, puntualmente en los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,1 a 44,2 % para barreras de acceso a servicios de salud y 3,4 a 68,7 % para sin aseguramiento en salud, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo: $[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1-Q_3.

Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió es utilizar el método de K-medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d (i, j) > d (i, k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se divide en tres grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).

2. Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

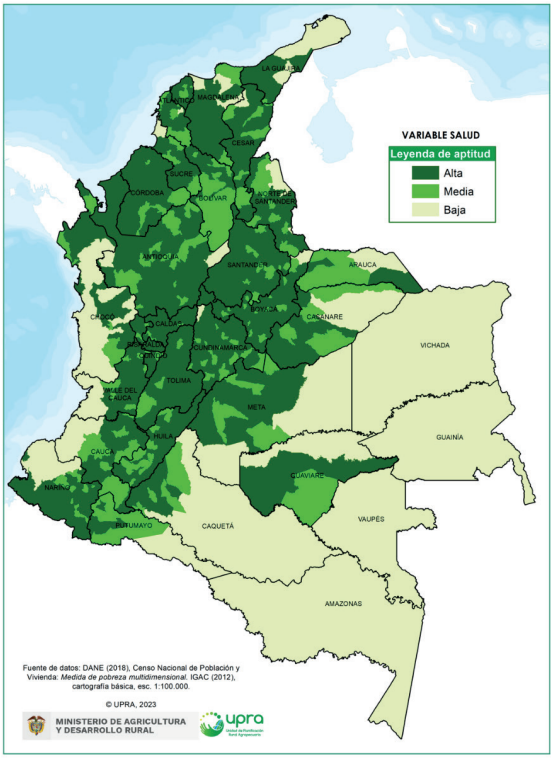
La agrupación de municipios se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio será aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios aptitud baja (A3).

Barreras de acceso a servicios	Sin aseguramiento en salud	Aptitud
3,3	12,7	Alta (A1)
13,5	13,4	Media (A2)
6,6	33,0	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE VIDA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8.2. Variable trabajo

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Trabajo	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de trabajo informal y tasa de dependencia: • *Privación por tasa de dependencia económica*: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. • *Privación por empleo formal:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un ocupado sin afiliación a pensiones (DANE, 2018).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con el trabajo de los hogares es menos generalizada y se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas que le permiten aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de trabajo (que reflejan mejores tasas de dependencia y empleo informal) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en aspectos relacionados con el trabajo, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Los indicadores de privación en el trabajo se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de empleo informal y tasa de dependencia para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto nivel de privación por empleo informal corresponden a municipios con altos niveles de privación por tasa de dependencia.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran encuesta integrada de hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y, puntualmente en los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 61,4 a 100 % para el empleo informal y del 13,3 a 97,7 % para tasa de dependencia, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realiza un análisis de consistencia en el que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determina el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1-Q_3.

Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió utilizar el método de K-Medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
2. Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporten información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

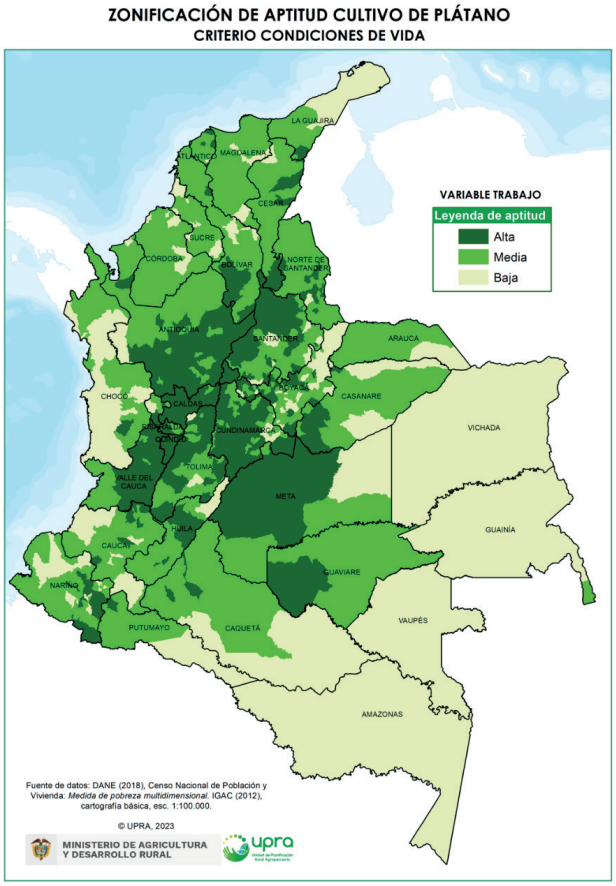
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio será aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios aptitud baja (A3).

Trabajo informal	Tasa de dependencia	Aptitud
85,3	30,3	Alta (A1)
92,6	45,3	Media (A2)
94,7	69,1	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8.3. Variable condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y para esto se entrelaza la información de parámetros como hacinamiento crítico, eliminación de excretas, paredes y pisos inadecuados, y la limitación al acceso de agua mejorada:

- *Privación por acceso a fuente de agua mejorada:* En el caso de los hogares rurales, una persona se considera privada si el agua la obtienen de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero u otra fuente, agua embotellada o en bolsa.
- *Privación por inadecuada eliminación de excretas:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar rural que cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tienen servicio sanitario.
- *Privación por material inadecuado de pisos:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar, cuya vivienda cuenta con pisos de tierra, arena, barro.
- *Privación por material inadecuado de paredes exteriores:* Un hogar rural se considera en privación, si su vivienda cuenta con paredes de guadua u otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o no tiene paredes (DANE,2018)

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo.

Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se toman los indicadores de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

2. Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran encuesta integrada de hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,4 a 58,1 % para el hacinamiento crítico, 0,5 a 97,6 % para inadecuada eliminación excretas, 0,1 a 75,7 % para material inadecuado en paredes exteriores, 0,1 a 92,1 % para material inadecuado de pisos y 0,4 a 97,1 % para sin acceso a fuentes de agua mejorada, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1-Q_3.

Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos la decidió utilizar el método de K-medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d (i, j) > d (i, k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

2. El total de datos disponibles se divide en 3 grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de *clúster* que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.

2. Comparar dos conjuntos de *clústeres* alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

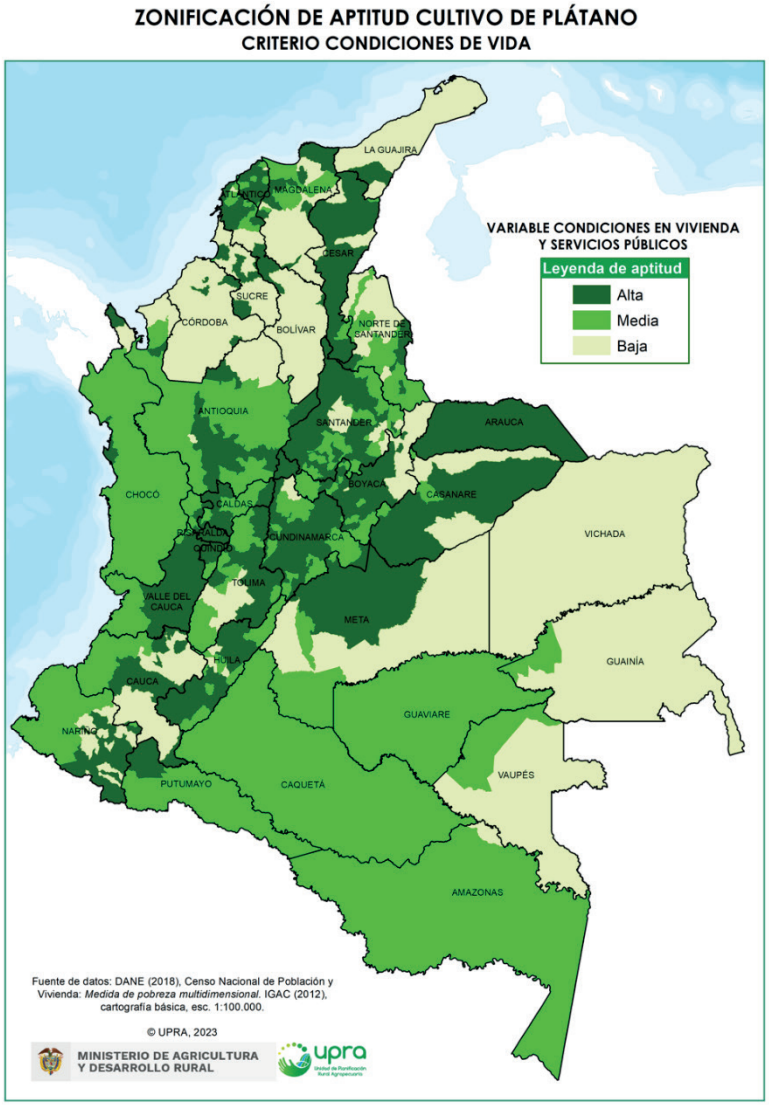
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La agrupación de municipios resultante se le saca el promedio de porcentaje de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios de aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio será de aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios de aptitud baja (A3).

Hacinamiento critico	Inadecuada eliminación de excretas	Inadecuado material de paredes exteriores	Inadecuado material de piso	Sin acceso a fuentes de agua mejorada	Aptitud
6,7	16,3	2,8	13,7	22,7	Alta (A1)
9,0	41,0	3,0	14,7	67,4	Media (A2)
16,7	46,3	8,8	58,3	51,2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8.4. Variable *condiciones de la niñez y la juventud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Condiciones de la niñez y la juventud	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Porcentaje de hogares de las zonas rurales con privaciones combinadas en las variables barreras de acceso a servicios para cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, inasistencia y rezago escolar:

- *Privación por inasistencia escolar:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa.
- *Privación por rezago escolar:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior a la norma nacional).
- *Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño de 0 a 5 años sin acceso a todos los servicios de cuidado integral (salud y cuidado).
- *Privación por trabajo infantil:* Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 12 y 17 años trabajando (DANE,2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con las condiciones de la niñez y la juventud de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo.

Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud, muestran una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en las condiciones de la niñez y la juventud se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de inasistencia y rezago escolar, barreras para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que, por ejemplo, no necesariamente los municipios que tienen un alto nivel de privaciones por inasistencia escolar corresponden a municipios con altos niveles de rezago escolar.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran encuesta integrada de hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,3 a 34,6 % para las barreras de acceso a servicios de cuidado para la primera infancia, entre 0,1 y 12,7 % para el trabajo infantil, entre 0,7 y 42,8 % para inasistencia escolar y entre 4,9 y 62,1 % para rezago escolar, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_3-Q_1. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos la decidió utilizar el método de K-medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

1. El total de datos disponibles se divide en 3 grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

2. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres es inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
3. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
4. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a Clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.
2. Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

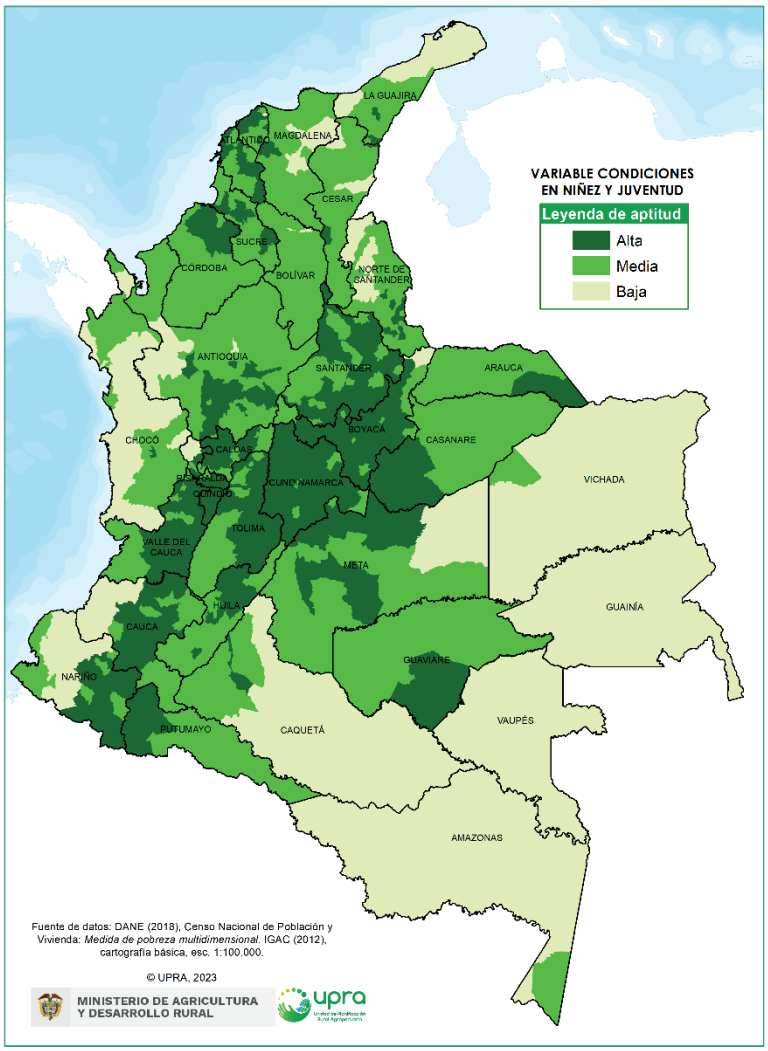
La agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide para cada variable (barreras de acceso o trabajo infantil, por ejemplo); y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios con aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio será de aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios de aptitud baja (A3).

Barreras de acceso	Trabajo infantil	Inasistencia escolar	Rezago escolar	Aptitud
1,7	1,7	4,2	15,7	Alta (A1)
3,3	3,2	8,0	26,3	Media (A2)
13,0	3,5	16,4	42,5	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE PLÁTANO
CRITERIO CONDICIONES DE VIDA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.8.5. Variable *condiciones educativas del hogar*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
COMPONENTE: Socioeconómico	SUBCOMPONENTE: Social	
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Condiciones educativas del hogar	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Porcentaje de hogares de los centros poblados y rurales dispersos, con privaciones combinadas en las variables analfabetismo y bajo logro educativo:

- *Privación por logro educativo*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es menor a 9 años de educación.
- *Privación por analfabetismo*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar en el que hay, al menos, una persona de 15 años o más que no sabe leer y escribir (DANE, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la educación de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas (que reflejan mejores tasas de alfabetismo y mayor logro educativo) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas, muestran una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de analfabetismo y bajo logro educativo para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran encuesta integrada de hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional) a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, es posible una desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 2,4 a 57,7 % para el analfabetismo, y 27,4 a 96,7 % para bajo logro educativo, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1-Q_3.

Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se determinó utilizar el método de K-medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

El total de datos disponibles se divide en tres grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados tres y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.

Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos *(outliers)*.

Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

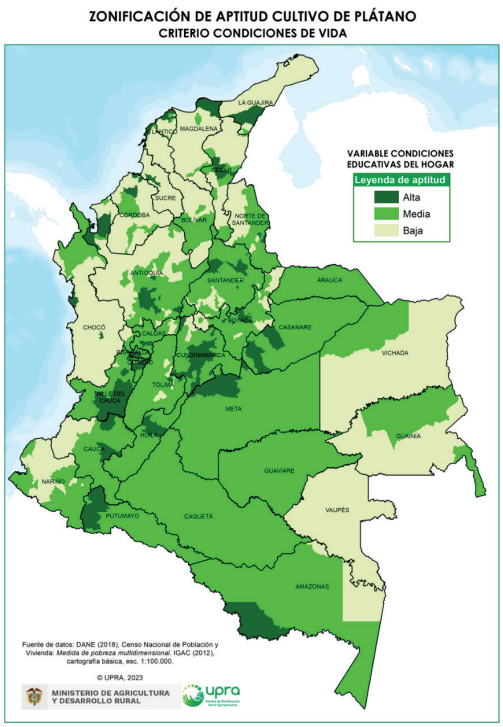
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada agrupamiento de municipios se le calcula el promedio de privaciones (alfabetismo y bajo logro educativo) y la agrupación tenga el menor promedio de privaciones corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).

Analfabetismo	Bajo logro educativo	Aptitud
12,2	59,9	Alta (A1)
18,5	81,6	Media (A2)
33,8	82,9	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

4. Fichas metodológicas de restricciones legales

4.1. Criterio *restricciones legales*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO: exclusiones legales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Ecosistemas estratégicos:* corresponde a los polígonos de páramos.
- *Áreas protegidas:* corresponde a los polígonos de áreas del sistema de parques nacionales naturales, polígonos de parques naturales regionales y polígonos de reservas forestales protectoras, otras áreas protegidas locales y polígonos de zonas de preservación y recuperación para la preservación del Área de Manejo Especial de La Macarena (AMEM). Se incluyen además los Distritos de manejo integrado, correspondientes a los polígonos identificados como las zonas de preservación, restauración para la preservación y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso) relacionados en la zonificación de los Planes de Manejo de los Distritos Regionales de Manejo La Tatacoa y la Serranía de Peñas Blancas, elaborados por la corporación autónoma regional del Alto Magdalena-CAM.
- *Planes de ordenación forestal:* Corresponden a los polígonos identificados con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación, relacionados con los POF de la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique) Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las Cuenca del río Planas y del Río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta, Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS).
- *Parques arqueológicos:* son áreas arqueológicas protegidas, declarados mediante resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Icanh; ello permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada y el encargado de ejecutar el plan de manejo arqueológico (PMA) cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).
- *Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959, tipo A:* corresponde a los polígonos identificados como zonas tipo A de las zonas de Reserva Forestal Nacional.

DEFINICIÓN

Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agropecuarias productivas. Las siguientes zonas son excluidas del proceso de zonificación de aptitud: ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del sistema nacional de parques nacionales naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras, zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM), planes de ordenación forestal, áreas urbanas (ciudades capitales y centros poblados), Parques arqueológicos y reservas forestales nacionales, tipo A.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Permite determinar dónde se puede y no se puede desarrollar actividad productiva agropecuaria, dados los mandatos legales vigentes. Las consideraciones legales para la exclusión de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos: *Ecosistemas estratégicos (páramos)*: el Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de estos. Señala que «el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas, están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de dichas labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental. En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para tales efectos, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el «Atlas de páramos de Colombia» del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1). La Sentencia C-035 de 2016 proferida por la Corte Constitucional establece que, ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema. Lo anterior no solo porque es un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también debido a los importantes servicios ambientales que presta, sumado al hecho que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su supervivencia. De acuerdo con la Resolución 886 del MADS de 2018, «Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación a las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 al interior de estas áreas, mediante el diseño de los programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, la capacitación y puesta en marcha de estos programas a cargo de MinAgricultura a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), La Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades adscritas y vinculadas. *Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales*: forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el SINAP. El SINAP incluye las figuras de: los parques nacionales naturales, el área natural única, las reservas naturales, de los santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y la Vía Parque. De conformidad con el artículo 30 del Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales. Adicionalmente, se incluyen los Distritos de Manejo Integrado (DMI) que de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, corresponden a espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Se tienen en cuenta en esta categoría las zonas de preservación, restauración para la preservación y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso) descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Hacen parte dentro de esta categoría los *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y *los Distritos de manejo integrado (DMI)*: *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)*: • Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera nororiental - Corponor). • Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenta que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá - Corpoboyacá). • Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas - Corpocaldas). • Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor - Corpochivor). • Complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación autónoma regional de Cundinamarca - CAR).

- Cerros de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; El Capiro; embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; sistema Viaho Guayabal; bosques Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá, Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - Cornare).
- Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander - CAS).
- Cerro Banderas ojo blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas. (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena - CAM).
- Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA).
- Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio - Corpoguavio)
- El Chilcal; Guacas; isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofitico de Atuncela (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca - CVC).
- Ensenada de Rionegro; alto de Insor (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - Corpouraba).
- Complejo de humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS).
- Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena - Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas - Corpocaldas).
- Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama - cerro Manjui. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca - CAR).
- Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu (Corporación Autónoma Regional de La Guajira, - Corpoguajira).
- Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS).
- Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina - La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda - Carder).
- Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico - CRA).
- Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB)

Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los *Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena* (Decreto 1989 de 1989), identificados como *Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero - Sector Losada - Caño Perdido.*

Parques naturales regionales: de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Planes de ordenación forestal: El decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. En ese sentido, el Plan de ordenación forestal es un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), fundamentado en la descripción de los aspectos bióticos, abióticos, sociales y económicos, de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio, teniendo por objeto lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento, por tanto se definen posibles usos, en función de su uso principal, uso condicionado y uso prohibido.

Las restricciones legales pertenecientes a los POF de la corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga(CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS), Corporación autónoma regional de Santander (CAS), Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las cuencas del Río Planas y del Río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio) y Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), se relacionan con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación.

Parques arqueológicos: son áreas arqueológicas protegidas, declarados mediante una resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Icanh, ello permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada y el encargado de ejecutar el Plan de Manejo Arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).

Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959, zonas tipo A: las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de Los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia.

La zonificación adelantada por el MinAmbiente en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Las zonas tipo A son aquellas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Cada uno de los factores evaluados, presenta limitantes por sus características y elementos particulares, que imposibilitan generalizar este aspecto.

En lo referente a los ecosistemas estratégicos, las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos; abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelanta el MinAmbiente con el IAVH.

Respecto a las áreas protegidas la principal limitante se refiere a su dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. Sobre este aspecto, es necesario resaltar que dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura «Zonas de protección y desarrollo de los recursos» (tanto de carácter regional como nacional), en las cuales queda implícito que, en el futuro, una parte de estas áreas será elevada a la categoría área protegida, lo cual implica que cambia de condicionante a Restricción legal. Lo anterior implica la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las exclusiones incluyan las nuevas áreas protegidas.

No se contemplan los Parques arqueológicos que han sido declarados, pero carecen de espacialización cartográfica por parte del Icanh. El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud, no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de verificación ante la pretensión de implementar desarrollos productivos en zonas donde existan áreas de interés arqueológico.

Las resoluciones que zonifican las ZRFN establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente (Resolución 1922 de 2013 del MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, por lo tanto, la información que proviene de este insumo deberá ser actualizada, en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

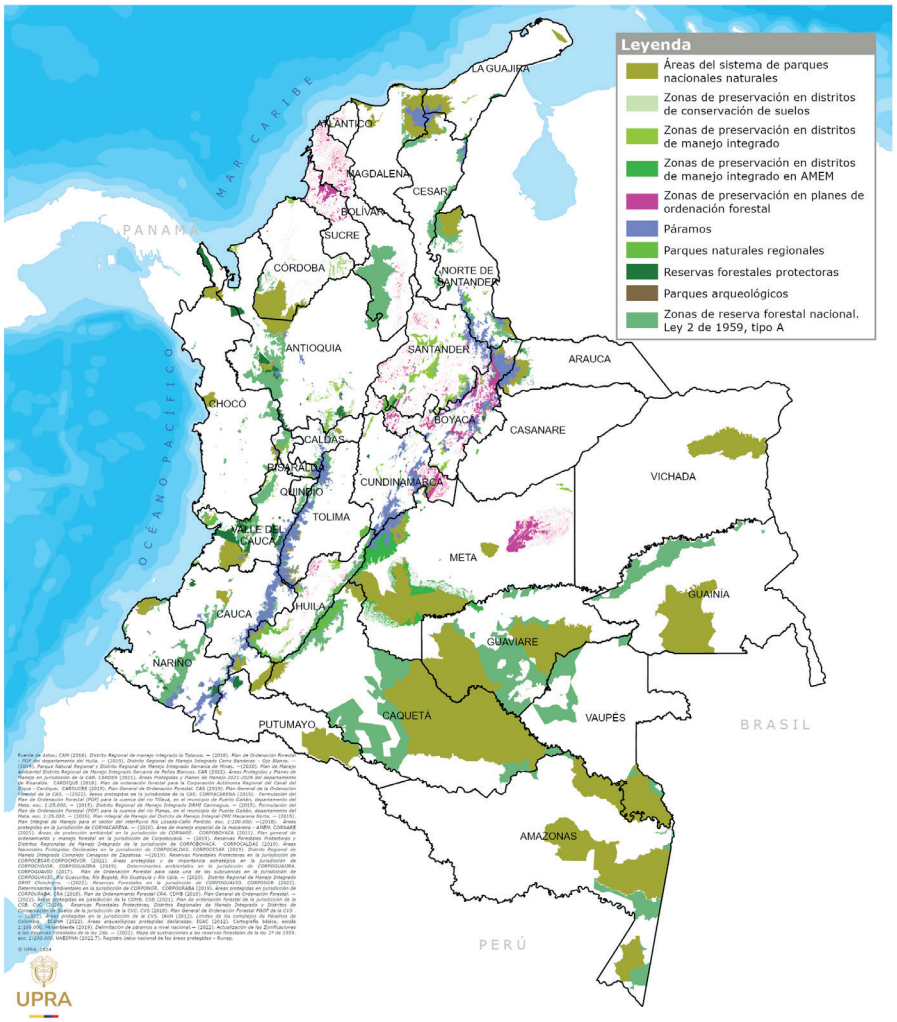
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

De forma general, la metodología de evaluación se fundamenta en un análisis profundo de las normas vigentes. Para generar la información espacial, se parte de las capas oficiales que contienen la información actualizada de las áreas de páramo, las áreas protegidas, otras áreas protegidas, los Parques arqueológicos, las áreas urbanas y las zonas de reserva forestal nacional tipo A. Una vez identificadas las variables presentes en la zona de estudio, se genera un mapa que identifique las variables evaluadas, la cuales serán sujeto de exclusión.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

No aplica, por tratarse de una restricción legal.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



RESTRICCIONES LEGALES

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, Por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar CSB.
- Acuerdo No. 012 de 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila».
- Acuerdo No. 015 de 2020 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 «Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timaná y Suaza, en el departamento del Huila y se toman otras determinaciones».

- Acuerdo 359 de 2018. Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal (PGOF) de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).
- Acuerdo 386 de 2019, Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS.
- Acuerdo 1388 de 2019. Por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).
- Cormacarena. (2015). *Distritos de Manejo Integrado (DMI). Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM).*
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal (POF) del departamento del Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique) y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique
- Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio- Corpoguavio
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- DANE. (2014). *Marco Geodésico Nacional (MGN): centros poblados y cabeceras municipales.*
- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*
- Icanh. (2019). Parques arqueológicos.
- Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0.*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000.*
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6.*
- PNN. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). Frontera agrícola. Actualización V4_1.

4.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Ecosistemas estratégicos (páramos)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Los ecosistemas estratégicos juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, ecológicos o de otra índole; son prestadores de bienes y servicios ecológicos fundamentales, tales como la regulación del clima y de la humedad, la provisión de agua para el abastecimiento de la población, la generación de energía o el riego, el mantenimiento de climas y suelos adecuados para la producción de alimentos y materias primas o el mantenimiento del sistema natural de prevención de desastres o de control de plagas (Márquez, 2003).

La zonificación considera como ecosistemas estratégicos los páramos, por lo cual estas áreas deberán ser excluidas; las consideraciones legales para la exclusión están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

El Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de estos. Señala que:

«*el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente*».

La providencia explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas, están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de dichas labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental.

En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para tales efectos, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el «Atlas de páramos de Colombia» del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1).

La Sentencia C-035 de 2016 proferida por la Corte Constitucional establece que, ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema. Lo anterior no solo porque es un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también debido a los importantes servicios ambientales que presta, sumado al hecho que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su supervivencia.

De acuerdo con la Resolución del MADS No. 886 de 2018, «Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 al interior de estas áreas, mediante el diseño de los programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, la capacitación y puesta en marcha de estos programas a cargo del MinAgricultura a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades adscritas y vinculadas.

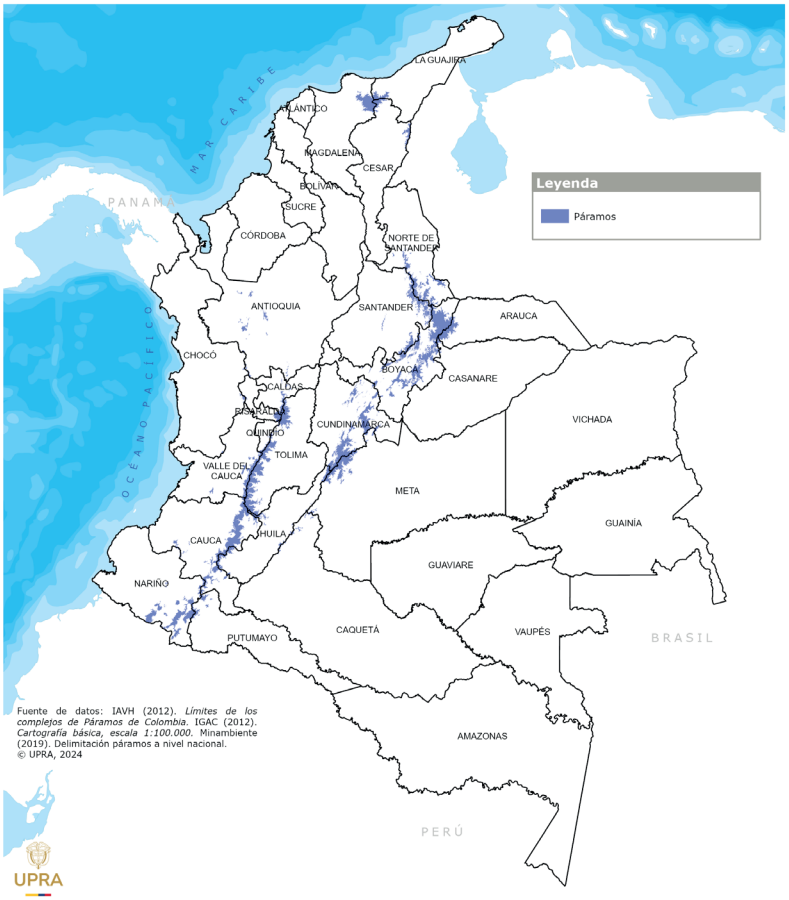
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo de plátano, los ecosistemas estratégicos juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos; no solo son áreas de importancia natural, sino que cumplen otras funciones importantes para la sociedad a través de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales para el hombre, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de una restricción (N2).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN
Las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos; abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelanta el MinAmbiente con el IAVH.

Unidad de análisis	Polígonos de páramos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



RESTRICCIONES LEGALES
Ecosistemas estratégicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

4.1.2. Variable *áreas protegidas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta restricción legal corresponden a:

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: Forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y están integradas por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el SINAP. El SINAP incluye las figuras de: los parques nacionales naturales, el área natural única, las reservas naturales, de los santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y la Vía Parque. De conformidad con el artículo 30 de Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.

Parques Naturales Regionales: de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas Forestales Protectoras: según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como espacios geográficos en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para destinarlas al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Distritos de Manejo Integrado (DMI): Definidos por el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, como espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Hacen parte de esta categoría las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los Planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Se incluyen dentro de esta categoría los siguientes *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y los *Distritos de manejo integrado (DMI)*:

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

- Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera nororiental - Corponor).
- Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá - Corpoboyacá).
- Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas - Corpocaldas).
- Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor - Corpochivor).
- Complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación autónoma regional de Cundinamarca - CAR).
- Cerros de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; El Capiro; embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; bosques Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - Cornare)

- Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander - CAS).
- Cerro Banderas Ojo Blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena - CAM).
- Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación autónoma regional del Atlántico - CRA).
- Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio - Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez - Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofitico de Atuncela (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca - CVC)
- Ensenada de Rionegro; alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá - Corpourabá).
- Complejo de humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS).
- Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena - Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

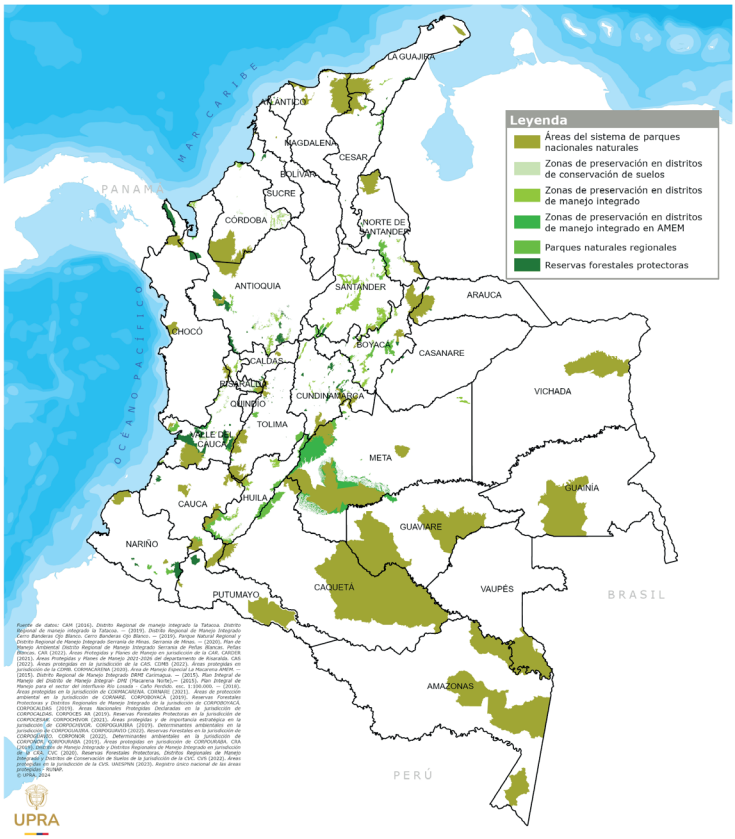
- Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas - Corpocaldas).
- Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama - cerro Manjui (Corporación autónoma regional de Cundinamarca - CAR).
- Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu (Corporación autónoma regional de La Guajira - Corpoguajira).
- Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge - CVS).
- Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina - La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda - Carder).
- Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico - CRA).
- Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta De Bucaramanga - CDMB).

Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como *Macarena Norte*, *Macarena Sur*, *Ariari-Guayabero - sector Losada - Caño Perdido*.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo de plátano, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normatividad nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de una Restricción legal (N2).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. Sobre este aspecto, es necesario resaltar que dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura «Zonas de protección y desarrollo de los recursos» (tanto de carácter regional como nacional), en las cuales queda implícito que, en el futuro, es posible que una parte de estas pueda convertirse en un área protegida, lo cual implica que cambia de condicionante a Restricción legal. Lo anterior implica la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las exclusiones incluyan las nuevas áreas protegidas que se van creando.

Unidad de análisis	Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, polígonos de Parques Naturales Regionales, polígonos de las Reservas Forestales Protectoras y distritos de manejo integrado

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



RESTRICCIONES LEGALES
Áreas protegidas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo No. 012 de 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), Por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila.
- Acuerdo No. 015 de 2020 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 “Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timaná y Suaza, en el departamento del Huila” y se toman otras determinaciones.
- Cormacarena. (2015). Distritos de manejo integrado –DMI. Área de manejo especial La Macarena -AMEM.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6.*
- PNN. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*

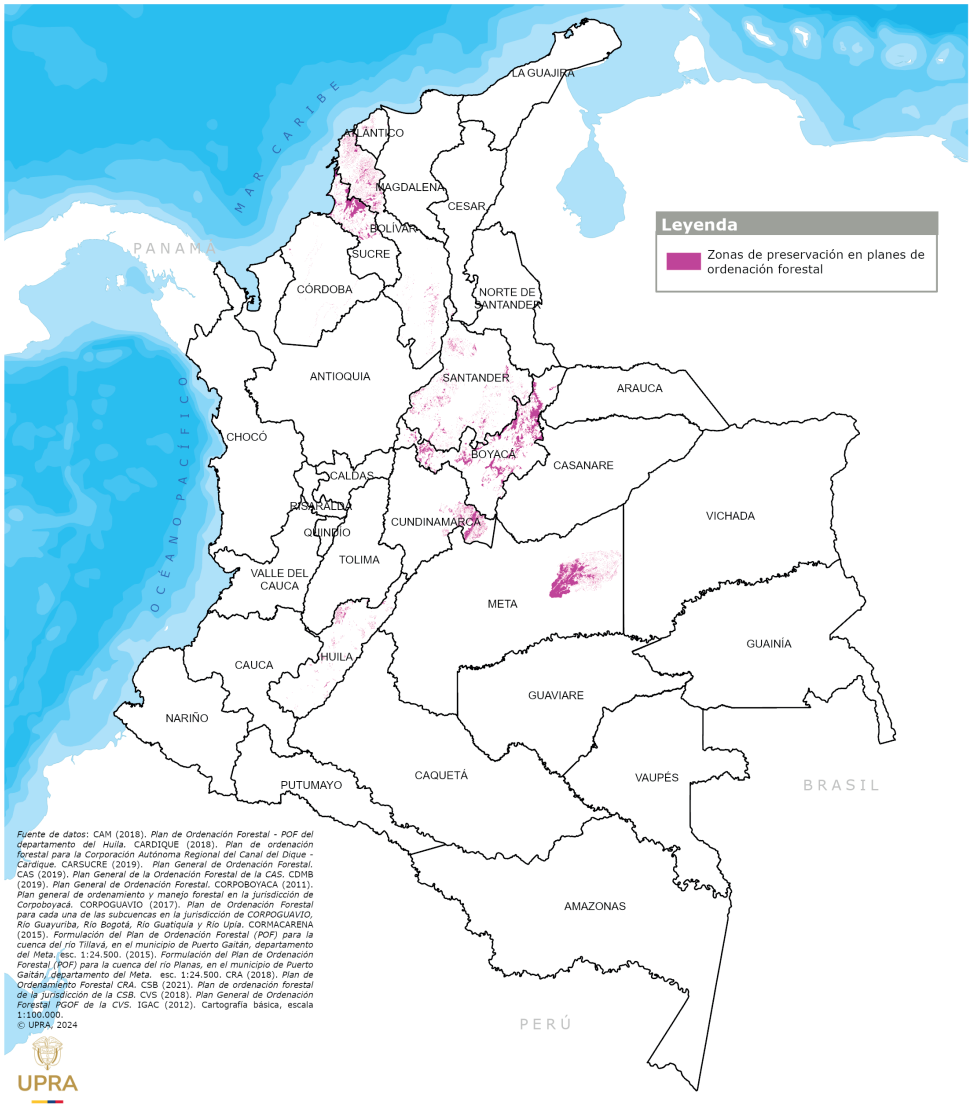
4.1.3. Variable *planes de ordenación forestal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales			
VARIABLE: Planes de ordenación forestal			
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	
		Restricción legal	√
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Las áreas protegidas consideradas dentro de esta restricción legal corresponden a: *Planes de ordenación forestal:* Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Por tanto, los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidroclimatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos. Actualmente, el decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las Áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS), se presentan exclusiones legales relacionadas con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macro unidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de plátano, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normatividad nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección, adicionalmente solo se cuenta con los planes de ordenación forestal de 11 corporaciones

Unidad de análisis	Zonas de protección, preservación y conservación declaradas por los planes de ordenamiento forestal

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



RESTRICCIONES LEGALES
Planes de ordenación forestal

FUENTES DE INFORMACIÓN
• Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta el Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB). • Acuerdo 359 de 2018, Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal (PGOF) de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS). • Acuerdo 386 de 2019, Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS. • Acuerdo 1388 de 2019, Por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). • Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal (POF) del departamento del Huila. • Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar. • Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique. • Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal. • Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). • Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena -Cormacarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta. • Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena -Cormacarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta. • Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba el Plan de Ordenación Forestal de la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

4.1.4. Variable Parques arqueológicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Parques arqueológicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Son áreas arqueológicas protegidas, declarados mediante una resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Icanh. Ello permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada y el encargado de ejecutar el Plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).

Plan de manejo arqueológico: concepto técnico de obligatoria atención emitido o aprobado por la autoridad competente respecto de específicos contextos arqueológicos, bienes muebles e inmuebles integrantes de dicho patrimonio o zonas de influencia arqueológica. El Plan de Manejo establece oficiosamente o a solicitud de sus tenedores, los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación (numeral 10, artículo 1, Decreto 833 de 2002 de MinCultura).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los Parques arqueológicos debidamente delimitados y con titularidad a nombre de entidades públicas, son exclusiones legales dado que tienen autonomía para establecer el manejo de esta área geográfica.

Adicionalmente, el Decreto 833 de 2002, que reglamenta la Ley General de Cultura 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico, en concordancia con los artículos 63 y 72 de la Constitución política de Colombia menciona:

«los *bienes muebles e inmuebles de carácter arqueológico* [...] integran el patrimonio arqueológico, el cual pertenece a la Nación, es inalienable, imprescriptible e inembargable» y más adelante en la norma complementa: «...los bienes integrantes del patrimonio arqueológico son bienes de interés cultural que hacen parte del patrimonio cultural de la Nación».

Se debe tener en cuenta que la condición de «inembargables, imprescriptibles e inalienables» de acuerdo con las Leyes 397 del 1997 y 1185 del 2008, hace referencia a los bienes de interés cultural de propiedad de entidades públicas.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica por tratarse de una restricción legal (N2).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se contemplan Parques arqueológicos que han sido declarados, pero carecen de espacialización cartográfica por parte del ICANH. El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de verificación ante la pretensión de implementar desarrollos productivos en zonas donde existan áreas de interés arqueológico.

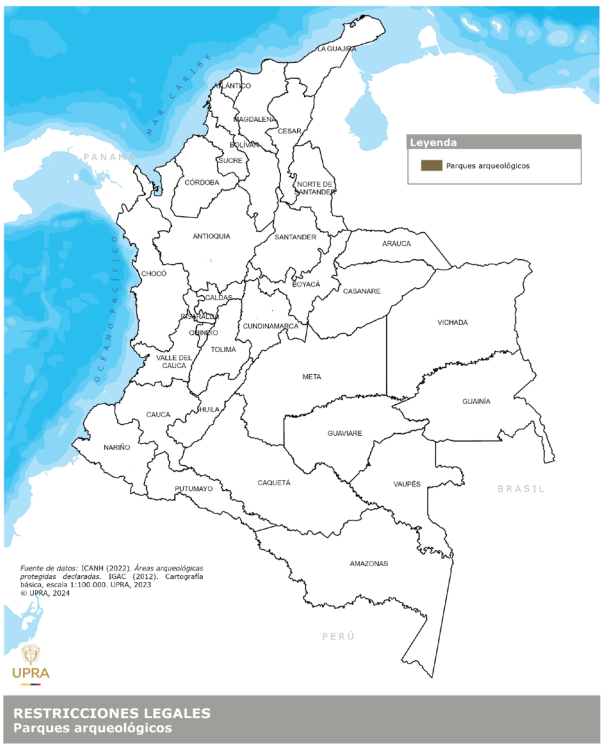
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos fueron analizados de la información cartográfica facilitada por el Icanh (2019), Parques arqueológicos declarados. Los Parques arqueológicos definidos como exclusiones son:

Parque arqueológico	Zona	Parque arqueológico	Zona
Tierradentro	Segovia	Tequendama	Directa
	El Tablón	Alto de Las Piedras	Directa
	Alto de San Andrés	El Abra	Directa
Sogamoso	Directa	El Infiernito	Directa
San Agustín	Mesitas	La Lindosa	Raudal
Hacienda El Carmen	Directa		Nuevo Tolima
Cerro El Volador	Directa		Los Alpes
Alto de Los Ídolos	Directa		Limoncillo
UPTC Tunja	Directa		Campanilla
Ciudad Perdida	Directa		Cerro Azul
	Área de influencia	Serranía del Chibiriquete	Directa
Piedras Blancas	Directa		

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden Parques arqueológicos declarados

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



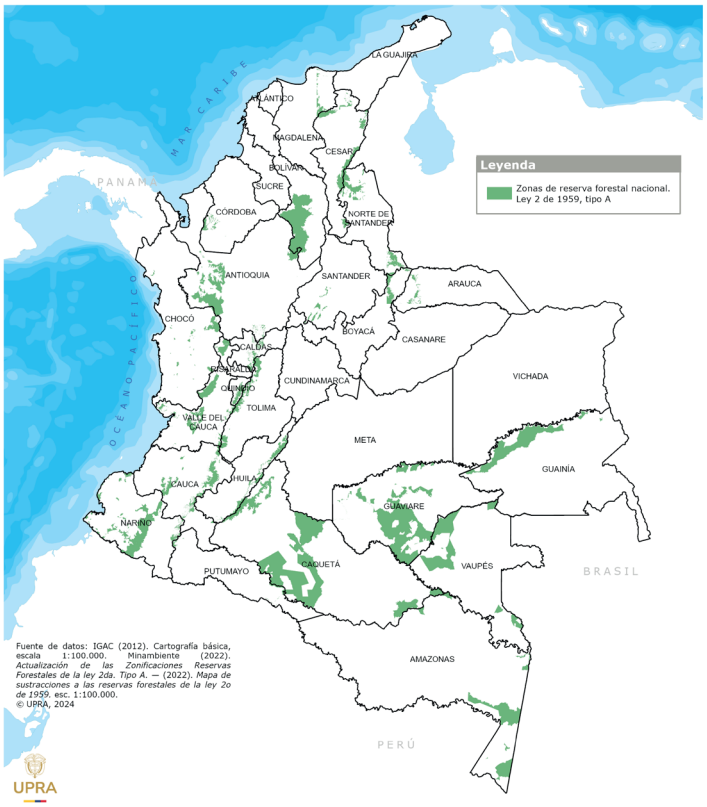
FUENTES DE INFORMACIÓN
• Icanh. (2019). Parques arqueológicos. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá.

4.1.5. Variable *zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación**	
CRITERIO ASOCIADO: **Restricciones legales**		
VARIABLE: **Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A**		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	√
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia. La zonificación adelantada por el MADS en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C, donde se establece que las Zonas Tipo A, son "las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica". El MADS adopta la zonificación y ordenamiento de las Reservas Forestales Nacionales, mediante las siguientes resoluciones: • No. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila. • No.1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959. • No.1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1276 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Para los propósitos de la zonificación, las zonas tipo A de las Zonas de Reserva Forestal Nacional son consideradas como determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normatividad nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Las resoluciones que zonifican las Zonas de Reserva Forestal Nacional establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, es importante que, la información de sustracciones sea actualizada regularmente,
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para la generación de la información cartográfica se parte de las zonificaciones de cada una de las Reservas Forestales Nacionales de Ley 2 de 1959 adelantadas por el MinAmbiente donde se identifican las zonas tipo A.
Unidad de análisis — Polígonos que comprenden las áreas de reserva forestal nacional tipo A
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000*. Bogotá.

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1. Criterio *condicionantes legales*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO: condicionantes legales		
TIPO DE CRITERIO	Restricción legal	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión técnica	
	Condicionante legal	√
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		

Ecosistemas estratégicos: polígonos de bosque seco tropical, polígonos de manglares, polígonos de humedales y ronda hídrica.

Áreas protegidas: Polígonos de distritos de manejo integrado (DMI), polígonos de Zonas de Producción y Recuperación para la Producción del AMEM, polígonos de distritos de conservación de suelos (DCS), polígonos de áreas de recreación, polígonos de reservas naturales de la sociedad civil, polígonos de zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Planes de ordenación forestal: Corresponden a los polígonos identificados como áreas forestales protectoras, protectoras para la regulación, áreas de restauración del bosque seco tropical (bs-t), áreas forestales para la conservación, áreas misceláneas y/o de producción mixta, áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea, áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos, área forestal de producción directa, área forestal de protección para el uso sostenible, zonas para restauración, plantaciones de carácter protector, aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables, macro unidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y PFNM, servicios ambientales - conectividad biológica, y restauración ecológica relacionados con los POF de la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del Área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS). Lo anterior, permite también definir zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

Adicionalmente, se definen zonas específicas de *aprovechamiento forestal sostenible*, considerando los *Planes de ordenación forestal* de las corporaciones CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación: Área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; *forestal productor directo; forestal productor indirecto; forestal productor para el uso directo; forestal productor para el uso indirecto; forestal protector para el uso sostenible*; área forestal productora; *restauración; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; MUMF, producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables*; áreas de restauración para la producción, áreas forestales productoras condicionadas.

Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C: polígonos de las zonas tipo B y C de las Zonas de Reserva Forestal Nacional. Se incluyen predios con previa decisión de ordenamiento y contratos de derechos de uso.

Distinciones internacionales: polígonos de reservas de la biosfera y polígonos de humedales Ramsar y polígonos de áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICAS).

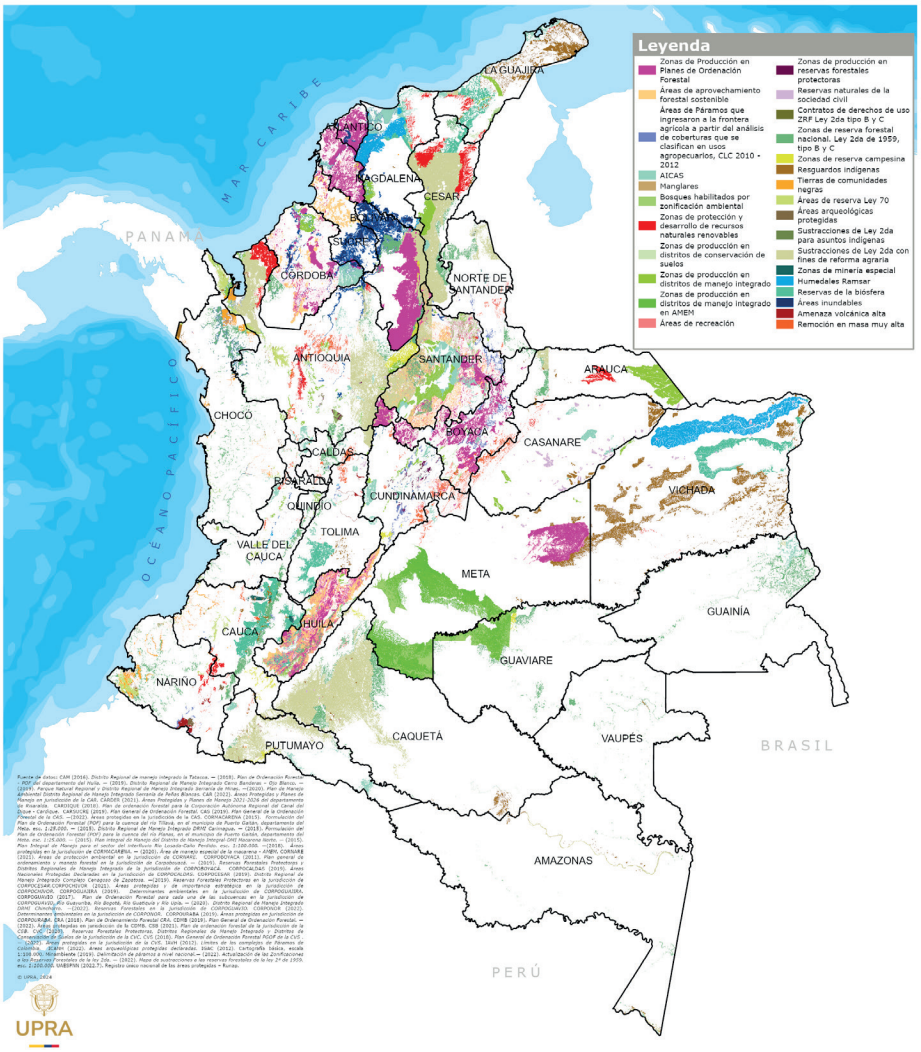
Áreas de interés cultural y social: polígonos de tierras de las comunidades negras, polígonos de áreas de reserva ley 70 de 1993, polígonos de resguardos indígenas, polígonos de zonas de reserva campesina, zonas de actividad aeronáutica y polígonos de áreas arqueológicas protegidas y polígonos de áreas de reserva especial minera declarados por la Agencia Nacional Minera (ANM) en la Ley 685 de 2001.

Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios: polígonos de actividades agropecuarias de bajo impacto en páramos definidos en la resolución 1294 de 2021.

Gestión de riesgo: polígonos que incluyen amenaza por remoción en masa muy alta, amenaza volcánica alta y áreas inundables, de acuerdo con lo definido en la Ley 1523 de 2012 en la que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece en Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

DEFINICIÓN
Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo de plátano.
IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Los condicionantes agrupan todos aquellos factores de orden ecológico o social, cuyo soporte legal implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso, o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas; es decir, las áreas bajo condicionantes podrán ser reclasificadas en la zonificación de aptitud, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas (territorios indígenas y afrocolombianos) o de aclaración de determinantes legales puedan ser incluidos en la evaluación.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
No existen limitantes para la evaluación del criterio, puesto que la normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales, y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinados en cada caso.
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN
La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y, posteriormente, obtener la cartografía oficial de la información. Por medio de esta información es posible identificar si en la zona de estudio se localiza alguna de las variables que conforman los condicionantes legales. De ser el caso, se espacializa y se genera el mapa correspondiente.
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
No aplican rangos para los condicionantes (C1).

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CONDICIONANTES LEGALES

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta el Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB).
- Acuerdo 359 de 2018, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal – PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).
- Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS.
- Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga- CDMB.

- ANT. (2016). *Áreas reservadas para comunidades negras*. Ley 70 de 1993. Bogotá.
- ANT. (2018). *Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos*. Bogotá.
- ANT. (2018). *Resguardos indígenas*. Bogotá: ANT.
- Cormacarena. (2015). *Distrito de manejo integrado –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena "AMEM"*.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF- Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación Autónoma Regional del Guavio- Corpoguavio. (2017). Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio- Corpoguavio.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena -Cormacarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena -Cormacarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- IAVH. (2014). Bosques secos tropical. Bogotá.
- Icanh. (2019). *Áreas arqueológicas protegidas*. Bogotá.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. IGAC.
- IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2018). *Zonas de reserva campesina legalmente constituídos*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2015). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2015). *Resoluciones 504, 1310 y 1987. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, sustracciones, escala 1:100.000*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonificación Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2.ª tipos B y C, escala 1:100.000*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Sitios Ramsar. Bogotá.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V. 6.
- PNN. (2019). Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). Frontera agrícola. Actualización V4_1.

5.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		

Agrupa aquellos ecosistemas y zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza, y que son incompatibles con el desarrollo del cultivo de plátano. Las consideraciones definidas para esta variable se muestran a continuación:

Los ecosistemas de manglar y los humedales son considerados zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su valor ecosistémico o su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con el cultivo de plátano.

Desde el punto de vista ambiental, el ecosistema de manglar reduce el impacto de las mareas depositando barro y formando pantanos donde se fijan los organismos. Igualmente, sirve como estabilizador de la línea costera ayudando en el control de erosión y constituye una barrera natural de amortiguamiento que protege a las costas de marejadas y vientos huracanados a manera de cortina rompevientos. Son definidos como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del MinAmbiente). Para su conservación el MinAmbiente desarrolló el Programa Nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar, en el año 2002.

Económicamente, el manglar ha sido base de subsistencia de muchas comunidades a lo largo de las costas colombianas, quienes han utilizado su madera a pequeña escala y para uso local. Igualmente, del manglar es posible obtener alcohol, papel para envolver cigarrillos, colorantes, fibras sintéticas, incienso, palo de fósforos y pegamentos. La corteza de algunas especies se aprovecha para la extracción de taninos, químicos que facilitan el proceso de la curtiembre.

En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área del manglar, y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995 de MinAmbiente).

Por su parte, los humedales son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a diversos factores que alteran sus características físicas, biológicas y químicas, afectando así la flora y la fauna presente en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en el artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

La ronda hídrica se considera la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros, las cuales son un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos (Decreto 2811 de 1974).

El artículo 204 establece: «[...] Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque» (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MinAmbiente).

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), establece una regulación en términos de propiedad en relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. En el artículo 83, literal d, consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos.

Por su parte, el Decreto 1449 de 1977 consagra en su artículo 3, literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 m de ancha, paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en su artículo 4 señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, por ser áreas de especial importancia ecosistémica.

El ecosistema de bosque seco se considera una zona de importancia ambiental que se ha priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza; se requiere de un análisis detallado del área, previo a cualquier establecimiento de un cultivo.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los fines vocacionales en estos ecosistemas estratégicos y, por lo tanto, su uso está condicionado a estudios con mayor nivel de detalle.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Generalmente, estas zonas no cuentan con una delimitación a escala regional, lo cual motiva que sean considerados como figuras normativas que requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo de actividades agropecuarias. Es necesario determinar si la autoridad ambiental regional ha definido y reglamentado las normas que fijan la estructura ecológica principal de su territorio; si estas áreas aparecen identificadas y reglamentadas deberán ser tratadas como una restricción legal.

En lo referente a rondas hídricas, es necesario mencionar que la delimitación específica de cada cauce, debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la zonificación de aptitud se toman 30 metros; no obstante, estas podrán tener una mayor o menor longitud.

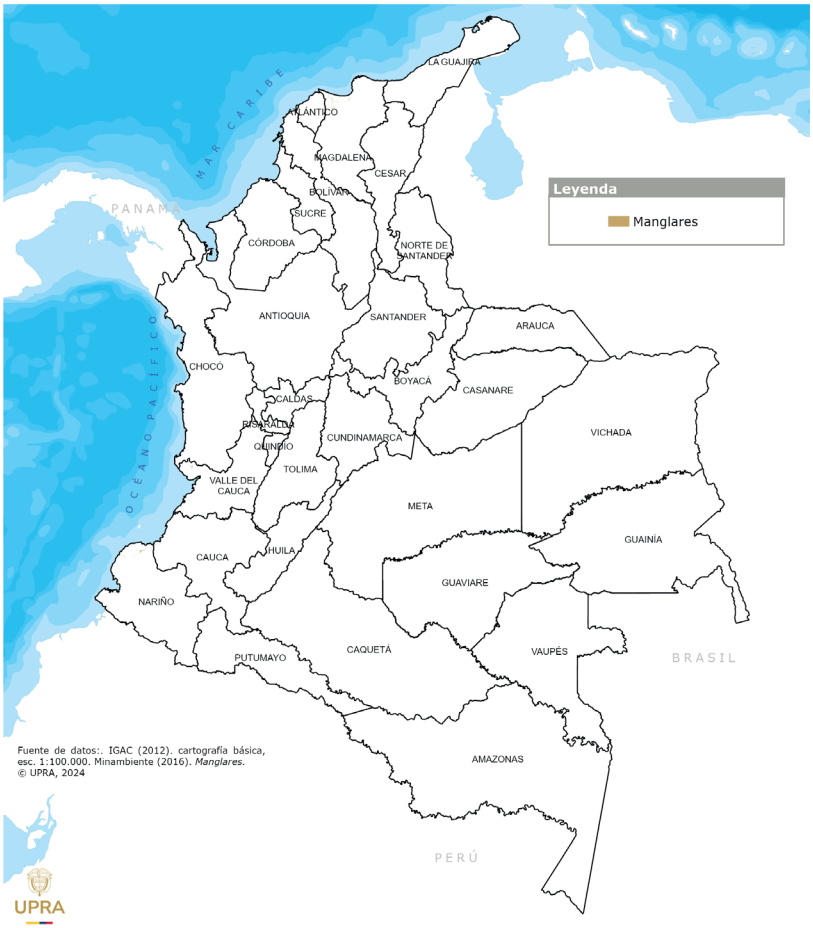
Es función de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, y el área de protección o conservación aferente, para lo cual se deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno nacional (Ley 1450 de 2011).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica, se parte de las capas que contienen la información espacial actualizada de las áreas de bosque seco tropical, humedales y manglares. Para las rondas hídricas se emplea la cartografía básica del IGAC, donde se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces se toman un buffer de 30 m, a lado y lado del cauce.

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden las áreas de bosque seco tropical, humedales, manglares. Para la generación de la información cartográfica se parte de la cartografía básica del IGAC, donde se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces se toman un buffer de 30 metros, a lado y lado del cauce

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Ecosistemas estratégicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical*. Bogotá.
- Ideam. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2012). *Drenaje doble construido a partir de* Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

5.1.2. Variable *áreas protegidas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		

Agrupa aquellas áreas protegidas cuyas categorías de manejo requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo y establecimiento del cultivo de plátano; aunque no prohíba la actividad como tal, si genera un condicionamiento al posible uso de dichas áreas. Las consideraciones legales para esta variable se muestran a continuación:

Distritos de manejo integrado (DMI): De conformidad con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Además, se incluye áreas descritas en los Planes de manejo diferentes a las áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), contenidas en los siguientes *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y *Distritos de manejo integrado (DMI)*:

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

- Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera Nororiental - Corponor).
- Bosques secos del Chicamocha; Lago Sogachota y la cuenta que lo alimenta. (Corporación autónoma regional de Boyacá - Corpoboyacá).
- Cerro Guadalupe. (Corporación autónoma regional de Caldas - Corpocaldas).
- Cuchilla Mesa Alta; Cuchilla San Cayetano; Cuchillas Negra y Guanaque; Páramo de Rabanal; Páramo Mamapacha-Bijagual. (Corporación autónoma regional de Chivor- Corpochivor).
- Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; Cerro El Tabor; Humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca -CAR).
- Cerros de San Nicolás; Cuchilla Los Cedros; El Capiro; Embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; Páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare - Cornare).
- Humedal San Silvestre; Páramo Guantiva y la Rusia; Río Minero; Serranía de los Yariguies. (Corporación autónoma regional de Santander - CAS).
- Cerro Banderas Ojo Blanco; Serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas. (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena - CAM).
- Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi. (Corporación autónoma regional del Atlántico -CRA).
- Chinchorro. (Corporación autónoma regional del Guavio - Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; Isla Ají, Laguna de Sonso; Pance; Páramos Las Domínguez - Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, Serranía de los Paraguas; La Plata. (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca - CVC).
- Ensenada de Rionegro; Alto de Insor. (Corporación para el desarrollo Sostenible del Urabá - Corpouraba).
- Complejo de Humedales de Ayapel. (Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS)
- Carimagua. (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena - Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- Cuchilla de Bellavista; Laguna de San Diego. (Corporación autónoma regional de Caldas -Corpocaldas).
- Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; Cuchilla de San Antonio y Laguna del Coco; Sector Salto del Tequendama - Cerro Manjui. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca - CAR).
- Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu. (Corporación autónoma regional de La Guajira, -Corpoguajira).
- Área de manglar de la Bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú. (Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y de San Jorge - CVS).
- Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina - La Mesa; Cuchilla San Juan; Guásimo. (Corporación autónoma regional de Risaralda - Carder).
- Luriza. (Corporación autónoma regional del Atlántico - CRA).
- Páramo de Berlín. (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB).

Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como *Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero - Sector Losada - Caño Perdido.*

Dentro de estas áreas también se definen zonas de *Bosques habilitados por zonificación ambiental.*

Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015 define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.

Además, se incluye áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las zonas identificadas como áreas para la preservación, *restauración, uso sostenible y uso público* (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los Planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR), para los siguientes DCS:

- Cañón de Rio Grande. (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca - CVC)
- Barbas-Bremen; Alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre. (Corporación autónoma regional de Risaralda - Carder).
- Reserva hídrica sistema de humedales Kirpas - Pinilla - La Cuerrera. (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena - Cormacarena).
- Ciénaga de Bañó; Ciénaga de Betancí; Ciénaga los Negros; Complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; Sierra Chiquita. (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge -CVS).
- Umpalá - Cañón río Chicamocha. (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga -CDMB).

Dentro de estas áreas también se definen zonas de *Bosques habilitados por zonificación ambiental.*

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla a establecer o mantener y usar sosteniblemente los bosques y demás coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes a *uso sostenible, aprovechamiento sostenible, desarrollo sostenible, restauración para el uso sostenible.*

Áreas de recreación: conforme al Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.

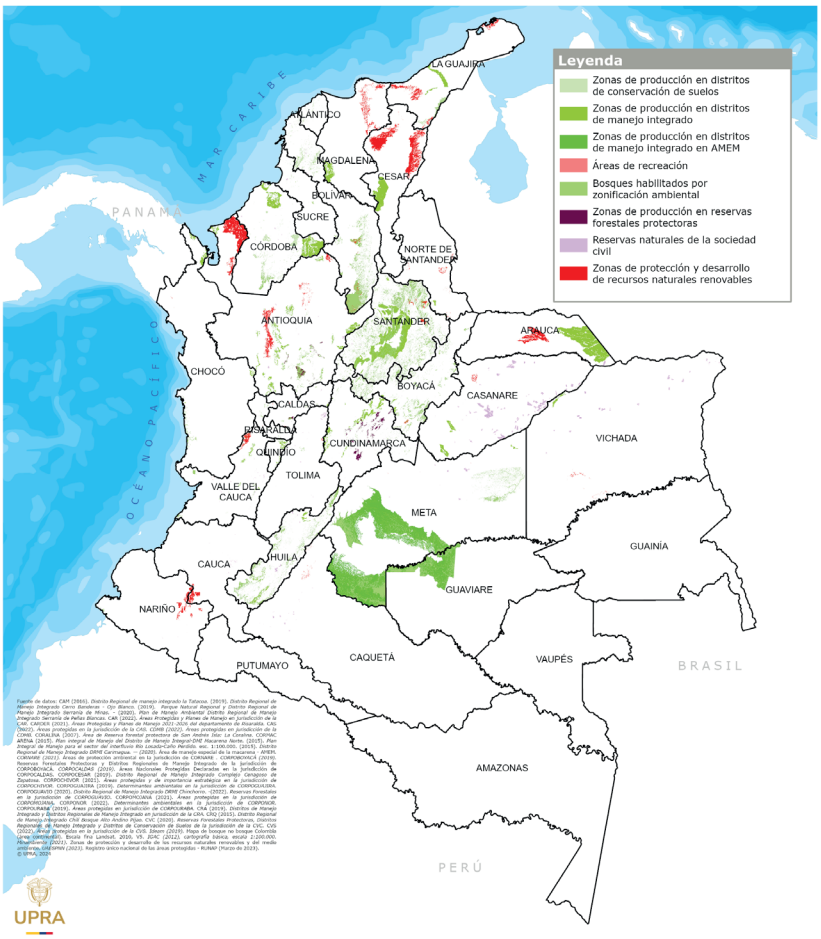
Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC): hace referencia a la totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad de su propietario, se destina para su uso sostenible, preservación o restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de la Resolución 1628 de 2015 y de la Resolución 1814 de 2015 del MinAmbiente, se declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de Parques Nacionales Naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las CAR). Por medio de las resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades, con fundamento en dichos estudios.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que, aunque posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias en el territorio. Cada una de las categorías consideradas genera un condicionante a su uso, pues si bien no lo prohíbe, requiere de una revisión de la zona apta en relación con las condiciones normativas de la figura o figuras con la que se superpone.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Cada una de las figuras protegidas en teoría debe contar con su respectivo plan de manejo, en el cual se definen los usos permitidos del área que aparece bajo una figura de protección. Sin embargo, no todas las áreas protegidas tienen un plan de manejo formulado, lo cual implica que, a pesar de que estén delimitadas, aún no tienen definido el uso por lo cual no es posible definir en qué zonas si es posible desarrollar cultivo de plátano o, en las que, por el contrario, está prohibido el desarrollo de actividades productivas.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para la generación de cartografía, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible identificar si en la zona de estudio se localiza alguna de las figuras de protección que integran esta variable.

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden distritos de manejo integrado (DMI), zonas de producción y recuperación para la producción del AMEM, distritos de conservación de suelos (DCS), áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil (RNSC) y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Áreas protegidas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cormacarena. (2015). Distrito de manejo integrado –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena “AMEM”.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Resoluciones 504, 1310 y 1987. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap. Bogotá.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V.6.
- PNN. (2019). Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.

5.1.3. Variable planes de ordenación forestal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: planes de ordenación forestal		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta condicionante legal corresponden a:

Planes de ordenación forestal: Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones autónomas regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento.

Por lo tanto, los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidro-climatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos.

Actualmente, el decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones autónomas regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por lo tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del Área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS).

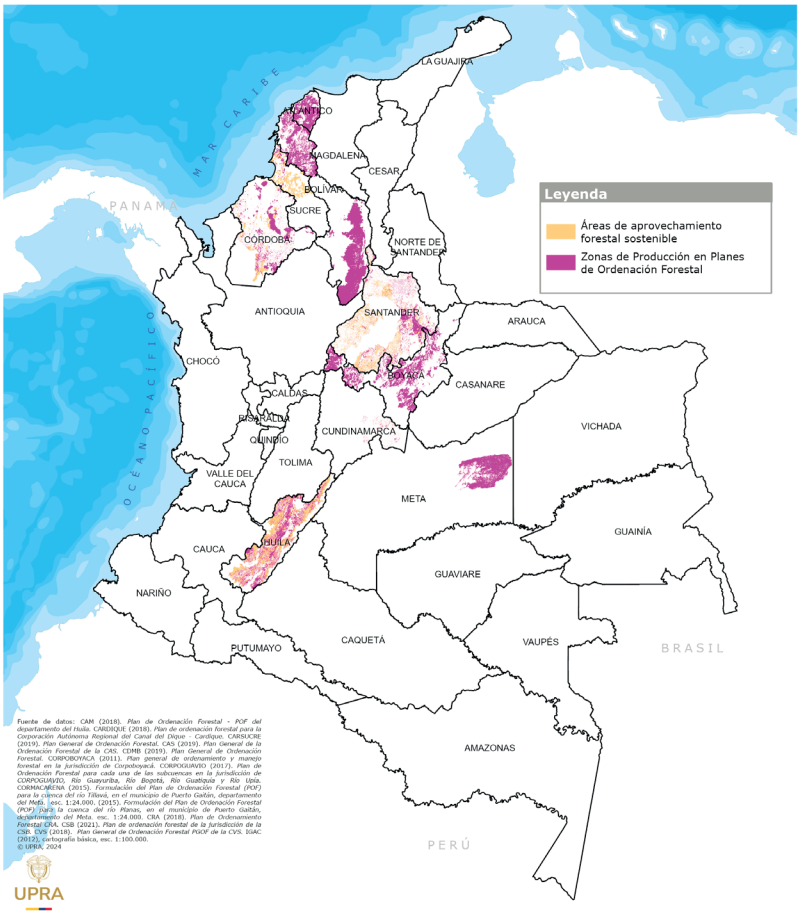
Estas áreas condicionadas se relacionan con las áreas forestales protectoras; las áreas protectoras para la regulación; las áreas de restauración del bosque seco tropical (Bs-T); las áreas forestales para la conservación; las áreas misceláneas o de producción mixta; las áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; las áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; las áreas forestales de producción directa; las áreas forestales de protección para el uso sostenible; y las zonas para la restauración, las plantaciones de carácter protector, el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables, las macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables, los servicios ambientales de conectividad biológica y la restauración ecológica. Lo anterior, permite también definir zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

Adicionalmente, se definen zonas específicas de *aprovechamiento forestal sostenible*, considerando los Planes de ordenación forestal de las Corporaciones CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación: área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; forestal productor directo; forestal productor indirecto; forestal productor para el uso directo; forestal productor para el uso indirecto; forestal protector para el uso sostenible; área forestal productora; restauración; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; MUMF - Producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; áreas de restauración para la producción, áreas Forestales Productoras condicionadas.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que, aunque posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias en el territorio.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (N2).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección. Adicionalmente, solo se cuenta con los planes de ordenación forestal de 11 corporaciones

Unidad de análisis	Áreas forestales protectoras, protectoras - productoras, protección recuperación, producción, restauración, áreas de uso sostenible, conservación y recuperación definidas en los Planes de Ordenamiento Forestal

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Planes de ordenación forestal

FUENTES DE INFORMACIÓN
• Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB). • Acuerdo 359 de 2018, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal – PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). • Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). • Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal (POF) del departamento del Huila. • Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar. • Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal. • Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique • Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de Ordenación Forestal (POF) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). • Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta. • Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

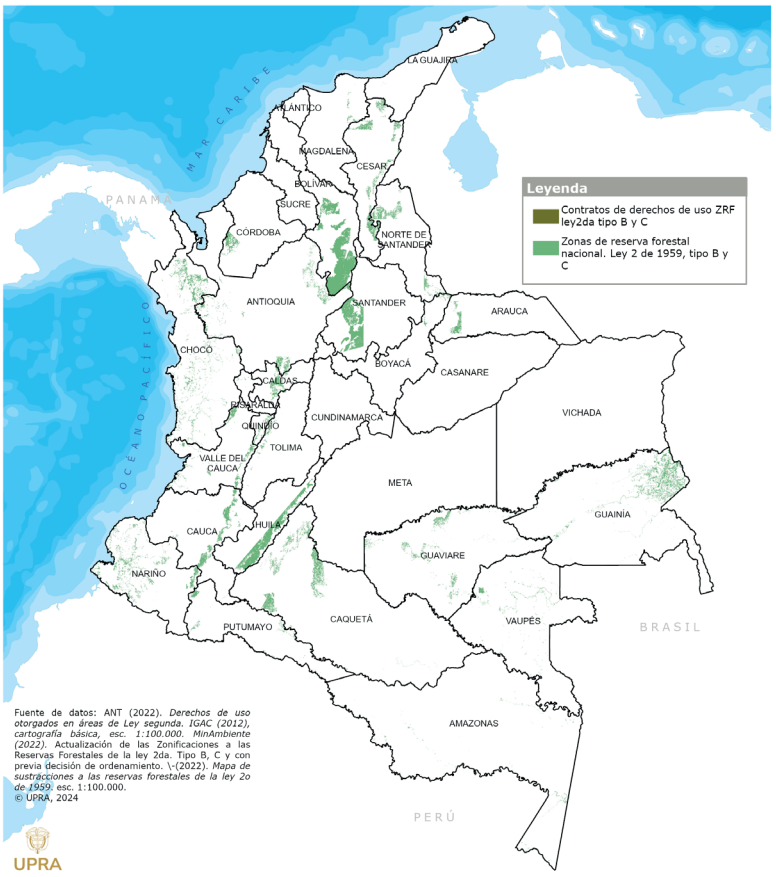
5.1.4. Variable *zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√

DEFINICIÓN
Las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de Los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia. Esta condicionante comprende las zonas B y C de la zonificación de las Zonas de Reserva Forestal Nacional. Las zonas son definidas de la siguiente manera: *Zonas tipo B*: zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Resolución 1922 de 2013 de MinAmbiente, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central). *Zonas tipo C*: zonas que por sus características biofísica ofrecen condiciones para el desarrollo de las actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la Reserva Forestal, que deben incorporar el componente forestal y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales (Resolución 1922 de 2013 de MinAmbiente, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central). Se incluyen, además, los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierra (ANT). Se incluyen en esta categoría las zonas con previa decisión de ordenamiento, cuyas zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones: • No. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés. • No. 1276 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959. • No.1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila. • No. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959. • No. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959. En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, según el numeral 18, artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011, facultó al hoy MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción, por este motivo las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso. Por lo tanto, se incluyen en esta categoría las áreas con contratos de derechos de uso para las zonas de reserva forestal tipos B y C.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Para los propósitos de los ejercicios de zonificación, las reservas forestales de la Ley 2a de 1959, permiten identificar aquellas zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo y establecimiento de cultivo de plátano.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
En 2015 para las Zonas de Reserva Forestal Nacional se establece que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, la información de este insumo deberá ser actualizada, en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	
Para la generación de la información cartográfica se parte del mapa de Reservas Forestales Nacionales de Ley 2 de 1959, identificando las zonas tipo B y C y del análisis cartográfico del mapa de sustracciones de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959 oficial del MinAmbiente. Se incluyen también las zonas con contratos de derechos de uso.	
Unidad de análisis	Polígonos correspondientes las ZRFN y sustracciones de Reserva Forestal Nacional, tipos B y C

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Zonas de reserva forestal nacional

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2.ª, escala 1:100.000*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, sustracciones, escala 1:100.000*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2.ª, Tipos B y C, escala 1:100.000*. Bogotá.

5.1.5. Variable *distinciones internacionales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: distinciones internacionales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		

Agrupan aquellos lugares que por factores de orden ecológico motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso, o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes.

Las áreas son definidas por su importancia biológica y de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad.

En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:

Reservas de la biosfera: áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Ya sean ecosistemas terrestres o marítimos, estas áreas se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados, quienes deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación.

De acuerdo con la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural, los Estados participantes se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (artículo 6), y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (cinturón andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, *Seaflower*) , la serranía de Chiribiquete y la Lindosa.

Convenio Ramsar: la «Convención sobre los humedales de importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos.

Este convenio está referido a la protección de humedales; en él se define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994).

Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, aprueba la «Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas»; se obliga como parte contratante de la convención a elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio (artículo 3), así como a fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos (artículo 4).

Es importante resaltar que, la Ley 1450 de 2011 menciona en el parágrafo 1 del artículo 2002, que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales, con sustento en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el MinAmbiente o quien haga sus veces, destacando que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades, no obstante las limitaciones de estas áreas deben obedecer a su plan de manejo, donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.

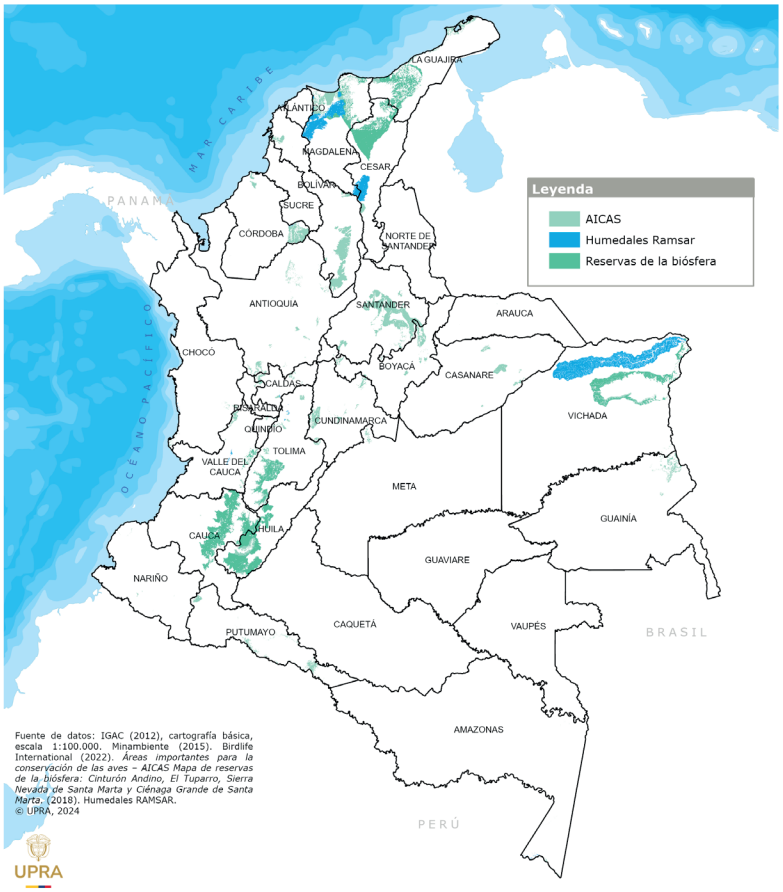
Áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICAS): Son áreas identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por *BirdLife Internacional* que corresponde a una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero.

En Colombia este programa comenzó en el 2001 y actualmente es coordinado por la Asociación Calidris con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt. Los criterios técnicos para la identificación de un AICA se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta especies globalmente amenazadas (Criterio A1), especies de distribución restringida (Criterio A2), conjunto de especies restringidas a biomas (Criterio A3) y congregaciones de especies (Criterio A4).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite identificar áreas donde el establecimiento y el desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle, para identificar la compatibilidad de estos ecosistemas de importancia internacional.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La delimitación de las reservas de la biosfera no representa una identidad ecosistémica sino los vértices de polígonos, por lo cual se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos; teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse con mayor detalle. Por este motivo, requieren estudios adicionales que deben ser analizados en conjunto con las autoridades ambientales competentes. De esta forma, las áreas bajo distinción internacional podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de aclaración de determinantes ambientales que puedan ser incluidos en la evaluación. Las áreas definidas por su importancia biológica, y el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad, así como la preexistencia de comunidades humanas, que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural, han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial ha de proceder a través de mecanismos de consulta, precaución u otros que determine la legislación colombiana.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para la generación de la representación cartográfica, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible espacializar e identificar las distinciones internacionales presentes en la zona de estudio.

Unidad de análisis	Humedales Ramsar, reservas de la biósfera y AICAS de acuerdo con las fuentes de información oficial

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Distinciones internacionales

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Áreas importantes para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICAS). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/525-areas-importantes-para-la-conservacion-de-las-aves-aicas
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2015). *Mapa de reservas de la biosfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). *Sitios Ramsar*. Bogotá.
- Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). París: Unesco. Recuperado de: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf

5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas de interés cultural y social		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		

Comprende aquellas zonas delimitadas por el Estado para el reconocimiento, protección y desarrollo de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan, o por ser un patrimonio arqueológico nacional. Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios.

Las figuras legales que conforman esta variable son:

Tierras de las comunidades negras: terrenos en los que tiene su asentamiento histórico y ancestral las comunidades negras para uso colectivo, que constituye su hábitat, y sobre los cuales desarrollan sus prácticas tradicionales de producción, en relación con las que se profiere el acto administrativo, que reconoce la propiedad colectiva (ANT, 2017). Para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad debe conformar un Consejo Comunitario como forma de administración interna de las tierras de propiedad colectiva (Ley 70 de 1993).

Áreas de reserva Ley 70 de 1993: son las tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, reconocidas a las comunidades negras, que han venido ocupando de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, como propiedad colectiva. Esto a fin de proteger la identidad cultural y los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, para garantizar que obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades, frente al resto de la sociedad colombiana.

Resguardos indígenas: son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas, que conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas, son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas, que, con un título de propiedad colectiva, gozan de las garantías de la propiedad privada y poseen su territorio y se rigen para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Decreto 2164 de 1995 del Ministerio de Agricultura). Conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables.

Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (artículo 21, Decreto 2164 de 1995 de MinAgricultura).

Zonas de reserva campesina: son tierras baldías de la Nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos, con objeto de fomentar de la pequeña propiedad rural, con sujeción a las políticas de conservación del área, medio ambiente y los recursos naturales renovables y a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994).

En las zonas de reserva campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción.

Áreas arqueológicas protegidas (APP): es un polígono o zona delimitada en el territorio de Colombia que, por las particularidades y características únicas de sus evidencias arqueológicas, requiere una especial protección y conservación, con miras a abrir las posibilidades para la investigación, divulgación y, en algunos casos, el turismo responsable en ella. Estas áreas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el Icanh, donde permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Áreas de reserva especial minera (ARE): son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera, en donde existan explotaciones tradicionales de minería informal, cuya concesión solamente se otorgará a la misma comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional, sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, artículo 31, modificado por el artículo 147 del Decreto 019 de 2012). Se incluyen además las zonas mineras especiales de comunidades negras y zonas mineras indígenas.

Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959: de acuerdo con la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción. Para la presente zonificación, se establecieron como condicionante dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que, aun cuando posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales –culturales y normativos– que condicionan las actividades económicas y productivas a desarrollar en esas áreas.

En las zonas aptas para el cultivo de plátano, previo a la formulación de proyectos de inversión, se deberán considerar los siguientes aspectos:

En áreas donde existan resguardos indígenas y tierras de las comunidades negras, se deberán surtir procesos de consulta previa en orden a lo dispuesto en el Decreto 1320 de 1998 del Ministerio del Interior.

Para el caso de las Zonas de Reserva Campesina, los proyectos deberán ser agrosostenibles, contribuir al cumplimiento del Plan de Desarrollo Sostenible de la zona, y/o ser socializados con la comunidad y demás entidades territoriales competentes, en el marco de una audiencia pública según lo establece el Acuerdo 021 de 1996 del Incora.

Para las áreas arqueológicas protegidas o zonas de influencia de las mismas, los Planes de manejo arqueológico determinarán los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación para estos bienes. Dichas zonas de influencia arqueológica y Planes de Manejo deberán ser aprobados por el ICANH de conformidad con el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009 (compendiado en el Decreto único 1080 de 2015 del sector cultura).

En lo que respecta a las áreas de influencia arqueológica, de acuerdo con el artículo 4 del Decreto 833 de 2002 se precisa que: «en ningún caso la inexistencia de la declaratoria de una zona de influencia arqueológica, o la inexistencia de un Plan de manejo arqueológico, faculta la realización de alguna clase de exploración o excavación sin la previa autorización del Instituto Colombiano de Antropología e Historia».

Respecto a las Áreas de reserva especial minera (ARE), de acuerdo con el artículo 147 del Decreto 019 de 2012, en estas áreas no se admitirán nuevas propuestas sobre todos o algunos minerales y solo se otorgarán concesiones a las mismas comunidades que han realizado explotaciones tradicionales en estas áreas. De acuerdo con el artículo 32 de la Ley 685 de 2001, se considerarán “áreas libres” aquellas áreas objeto de reservas especiales que no quedaron vinculadas a proyectos mineros comunitarios, por lo que podrán ser otorgadas a terceros proponentes.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica por tratarse de un criterio condicionante (C1)

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La información espacializada contempla únicamente las tierras de las comunidades negras, resguardos indígenas y Zonas de Reserva Campesina que están constituidos mediante un acto administrativo de la entidad competente (ANT).

Las áreas de régimen especial declaradas no permiten diferenciar el origen del título (colonial o republicano). Para ello se requiere que la entidad competente clarifique la vigencia legal de los títulos coloniales existentes, y los reclasifique en las categorías que se incluyen en esta variable.

El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de consultas previas, audiencias públicas, estudios de impacto, o verificaciones in situ al momento de implementar desarrollos productivos en áreas donde existan ampliaciones o procesos de saneamiento en resguardos indígenas en curso, áreas con ocupación ancestral por parte de comunidades negras, o zonas de reserva campesina con acto administrativo para dar inicio al proceso de constitución.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

ANT. (2018). Resguardos Indígenas legalmente constituidos.

ANT. (2018). Consejos comunitarios legalmente constituidos.

Icanh. (2019). Áreas Arqueológicas Protegidas.

IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

IGAC. (2018). Zonas de reserva campesina legalmente constituidos.

Precisiones de la información.

La información espacializada corresponde a la cartografía expedida por la fuente oficial a la fecha en que esta fue suministrada a la UPRA, por lo cual es posible que existan nuevas áreas que cuenten con acto administrativo vigente, pero que a la fecha no hayan sido incorporadas al sistema de información geográfica de la entidad emisora.

A continuación, se precisa información sobre las características de las figuras incorporadas:

Tierras de las comunidades negras. En los departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca se ubican el 95 % de los territorios de comunidades negras, de los cuales el 54 % se encuentran en Chocó, cifra que equivale a 3.065.265 hectáreas y que abarca casi la totalidad de las subregiones Pacífico Sur y San Juan. Nariño es el segundo departamento con mayor proporción de territorio bajo esta figura con 1.206.257 hectáreas, seguido del Cauca y Valle del Cauca con 713.445 hectáreas y 447.828 hectáreas, respectivamente. Sin embargo, en departamentos como La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bolívar, también se reportan Consejos Comunitarios de extensiones que no superan las 500 hectáreas.

Los Consejos Comunitarios más extensos del país se ubican en los municipios de Riosucio (Chocó) y Buenaventura (Valle del Cauca), los cuales abarcan entre 422.000 y 451.000 hectáreas. A su vez, se destacan los municipios con mayor representatividad de esta comunidad étnica, los cuales son Nóvita, El Cantón del San Pablo y Medio San Juan en el Chocó, donde más del 98 % del municipio, está bajo esta figura de protección sociocultural.

Áreas de reserva Ley 70 de 1993. De las cerca de 10 millones de ha reservadas para las comunidades negras, el 79 % se encuentran en los departamentos del Chocó, Nariño y Antioquia, y el 21 % restante está en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Risaralda y Caldas. Los municipios con menor área reservada para la constitución de consejos comunitarios son Guachucal (Nariño), Riosucio (Caldas) y Betania (Antioquia) con 37 ha, 62 ha y 65 ha, respectivamente.

Se destaca aquí que, en las subregiones del Urabá, occidente y suroeste antioqueño existen municipios donde más del 97 % de su área total ha sido reservado para comunidades negras. Este mismo fenómeno ocurre en otros departamentos, donde pese a estar la totalidad del municipio reservado para comunidades negras, a la fecha se reportan consejos comunitarios constituidos en extensiones bastante reducidas. Un ejemplo de ello son los municipios de El Cairo, Dagua, Versalles y El Dovio (Valle del Cauca) donde la extensión de los consejos constituidos equivale a menos del 10 % del total del territorio reservado para este grupo étnico; en los municipios de Pueblo Rico (Risaralda) y Argelia (Cauca) llega al 18 %.

Resguardos indígenas. Son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas, que conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas, son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas, que, con un título de propiedad colectiva, gozan de las garantías de la propiedad privada y poseen su territorio. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (artículo 21, Decreto MinAgricultura 2164 de 1995).

Zonas de Reserva Campesina. Las áreas constituidas como zonas de reserva campesina (ZRC) suman alrededor de 875.592 ha., por lo que representan menos del 1 % de la extensión territorial de Colombia. Entre 1996 y 2018 se han constituido siete ZRC en todo el país, las más antiguas datan de los años 1997-1999 y son las de Pato-Balsillas en el municipio de San Vicente del Caguán (Caquetá), Arenal-Morales en el departamento de Bolívar, y la ZRC Guaviare, que abarca parte de los municipios de Calamar, El Retorno y San José del Guaviare. Esta última es la de mayor extensión (463.600 ha).

En el año 2000 se constituyeron las ZRC de Cabrera (Cundinamarca), Perla Amazónica (Puerto Asís, Putumayo) y la del Valle del río Cimitarra que se ubica en la región del Magdalena medio entre los departamentos de Bolívar y Antioquia. La más reciente constitución de ZRC tuvo lugar el 16 de abril de 2018 en la región de los Montes de María entre las inmediaciones de los departamentos de Sucre y Bolívar, cuyo nombre es Montes de María 2 y cuenta tiene una extensión de 44.481 ha.

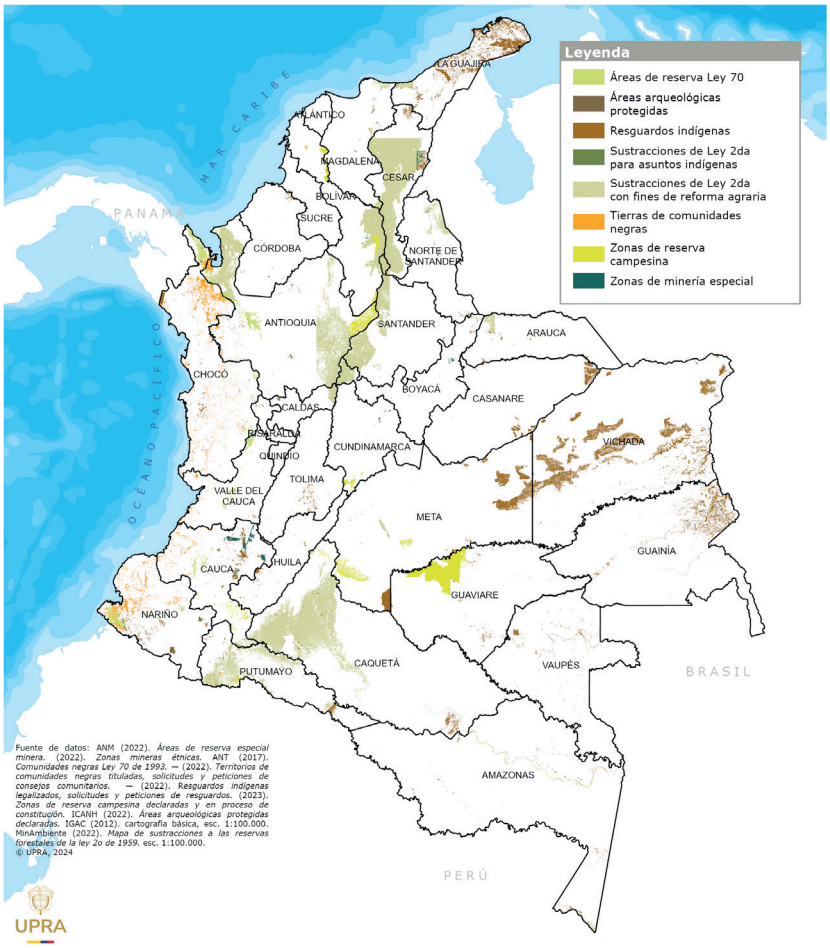
Áreas arqueológicas protegidas. Se identifican 16 áreas arqueológicas protegidas, que incluyen zonas directas e indirectas, así:

Áreas arqueológicas protegidas	Zona
Santa María de la Antigua del Darién	Directa
El Salado	Directa
Pueblito	Directa
La Lindosa	Raudal
	Pizarra
	Nuevo Tolima
	Los Túneles
	Los Alpes
	Limoncillo
	Campanilla
	Cerro Azul
Las Salinas	Directa
	Área de influencia
Piedras Blancas	Directa

Áreas arqueológicas protegidas	Zona
Piedras del Tunjo	Directa
UPTC Tunja	Directa
Pupiales	Directa
	Área de influencia
Tequendama	Directa
La Mojana	Directa
El Abra	Directa
El Infiernito	Directa
Arboleda	Directa
	Área de influencia
Mogua	Directa
	Área de influencia
Valle alto del Rio Checua	Directa
	Área de influencia

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden de tierras de las comunidades negras, áreas reserva Ley 70 de 1993, resguardos indígenas, zonas de reserva campesina, , áreas arqueológicas protegidas y zonas ARE, de acuerdo con las fuentes de información oficial.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

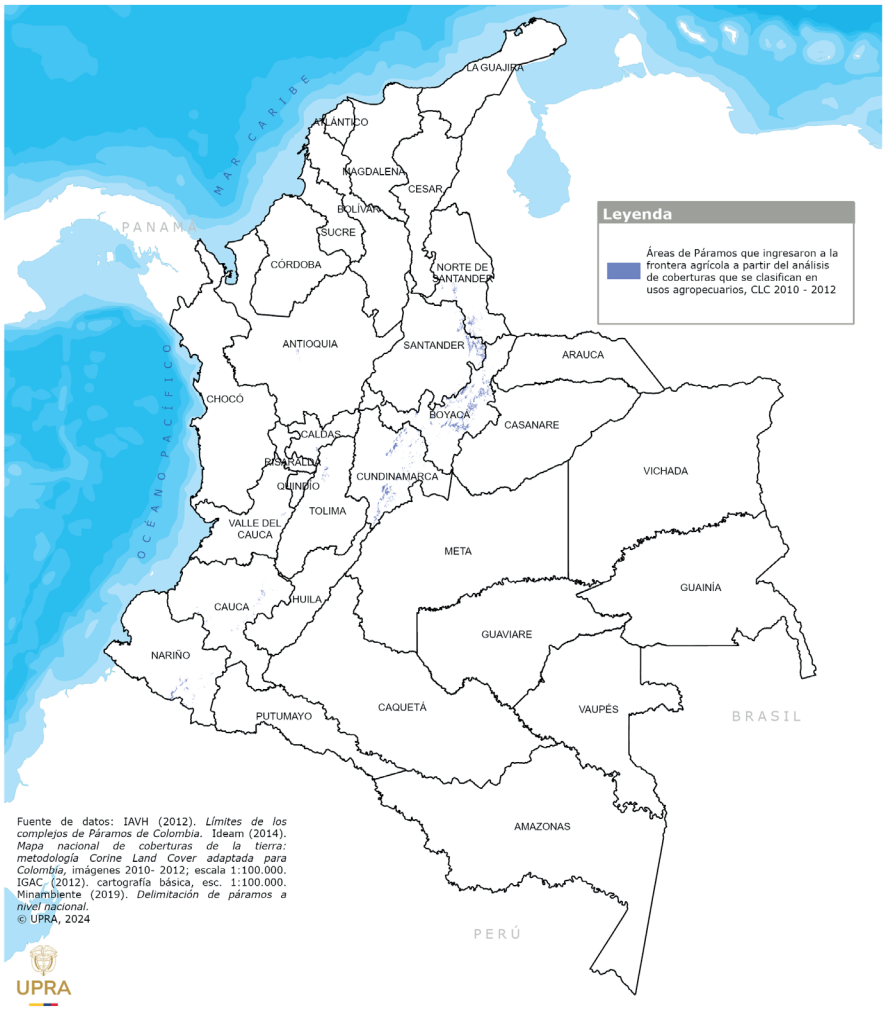
- ANT. (2016). *Áreas reservadas para comunidades negras, Ley 70 de 1993*. Bogotá.
- ANT. (2018). *Consejos Comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos*. Bogotá.
- ANT. (2018). *Resguardos Indígenas legalmente constituidos*. Bogotá.
- ANT. (2018). *Zonas de Reserva Campesina legalmente constituídas*. Bogotá.
- Icanh. (2019). *Áreas Arqueológicas Protegidas*. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Congreso Nacional de Colombia. (2001). Ley 685 de 2001. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
- Presidencia de la República de Colombia. (2012). Decreto 19 de 2012. Por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública.

5.1.7. Variable *áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (*Musa* AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación		
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales			
VARIABLE: Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios			
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	
		Restricción legal	
		Condicionante legal	√
DEFINICIÓN			
Agrupan áreas en páramos delimitados en donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, en las cuales de acuerdo con la Ley 1930 de 2018 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se podrá permitir la continuación de las actividades agropecuarias de bajo impacto haciendo uso de buenas prácticas que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos. De acuerdo con la resolución 1294 de 2021, corresponden a actividades agropecuarias de bajo impacto a: *«Actividades agrícolas, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan».* Estas actividades deben garantizar prácticas que minimicen los impactos en el ecosistema de páramo, por lo tanto, se deben seguir los lineamientos de conservación y prácticas de manejo sostenible. Para la conservación del ecosistema se considera: 1. Conservación de las coberturas naturales y parches de vegetación nativa existente. 2. Conservación y protección de nacimientos y fuentes hídricas superficiales y subterráneas para la gestión sostenible del agua y humedales altoandinos. 3. Implementar herramientas de manejo del paisaje como barreras vivas, cercas vivas multiestrato con especies funcionales propias del ecosistema, sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles, bosque y aislamiento de áreas con fines de protección. 4. Proteger y recuperar poblaciones de especies silvestres consideradas estructurantes de tipos de vegetación característicos de páramo y humedales de páramo como pajonales, frailejonales, chuscales, matorrales o bosques achaparrados y vegetación de turberas. 5. Atender e implementar las medidas expedidas por las autoridades ambientales para el manejo y gestión de eventos de interacción entre fauna silvestre y población humana			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
Permite identificar áreas donde el establecimiento y el desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle, para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de páramo.			
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE			
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).			
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE			
Este condicionante depende de la actualización de la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelante el MinAmbiente con el IAVH.			

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	
Para la generación de la representación cartográfica, se identifican las áreas con actividades agropecuarias en páramos a partir de la capa de coberturas *Corine Land Cover* 2012, siguiendo la metodología de frontera agrícola.	
Unidad de análisis	Áreas con actividades de bajo impacto en páramos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Agricultura en páramos

FUENTES DE INFORMACIÓN

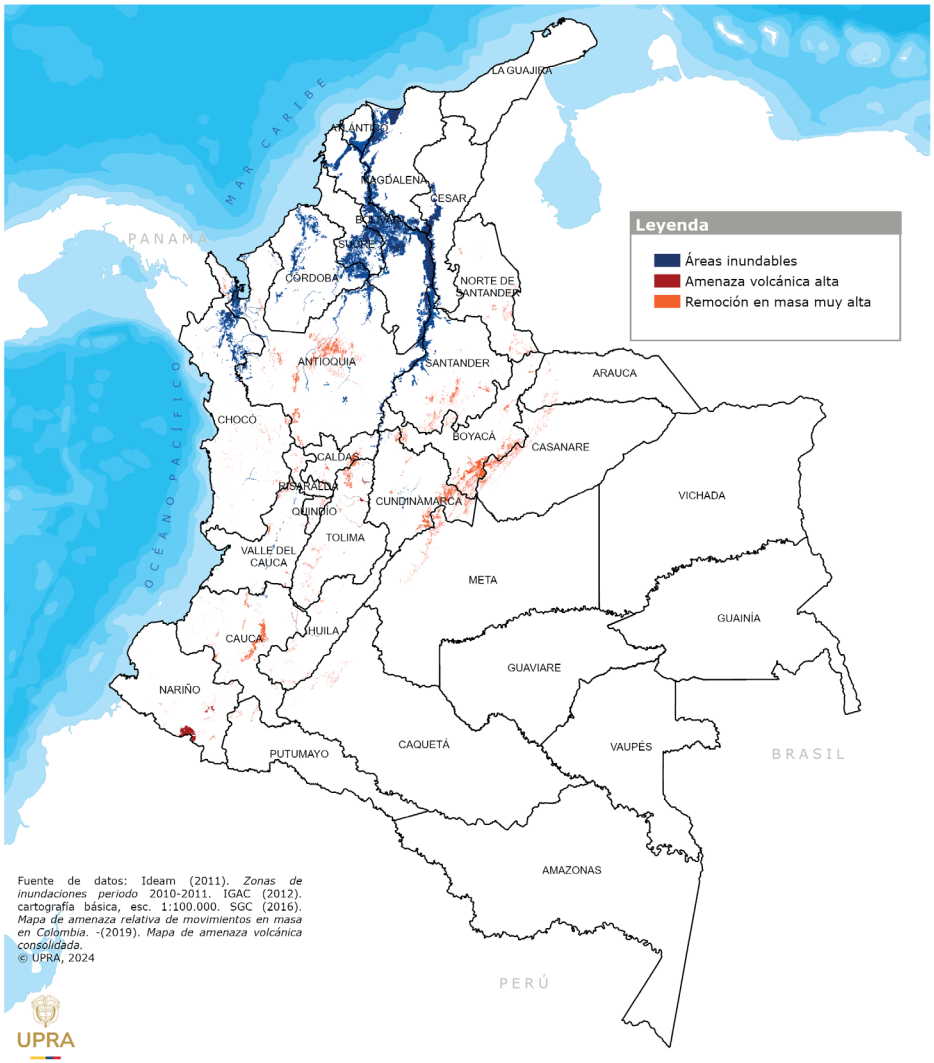
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Ley 1930 de 2018.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Resolución 1294 de 2021. *Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones.*

5.1.8 Variable *gestión de riesgo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de plátano (Musa AAB) cv. hartón y dominico hartón, para el mercado nacional y exportación	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: Gestión de riesgo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricciones legal	
	Condicionante legal	√
DEFINICIÓN		
De acuerdo con la Ley 1523 de 2012 en la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, se define en el artículo 3 que la gestión del riesgo corresponde al «proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.». Dentro de las variables de gestión de riesgo se incorporan la amenaza por remoción en masa, amenaza volcánica y áreas inundables. *Amenaza por remoción en masa muy alta*: comprende el desplazamiento ladera abajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material (UPRA, 2018). Esta amenaza es definida como un peligro latente relacionado con un fenómeno físico de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente (CEELAT, s. f.). *Amenaza volcánica alta:* de acuerdo con UPRA (2018) comprende cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no considera la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán e incide en el arrasamiento y destrucción de vegetación y cultivos y de las estructuras existentes a lo largo de su trayectoria. *Áreas inundables:* se definen como el desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río o cualquier cuerpo de agua y/o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM 385 de 2012). De acuerdo con el Ideam (2017) la inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales y/o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona determinada.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite identificar áreas de gestión del riesgo que potencialmente afectan el sector agropecuario		
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE		
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).		
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales en estas áreas condicionadas, por lo que solo se exige el cumplimiento de las líneas de política determinados en cada caso. Adicionalmente, la actualización de la información cartográfica depende de los ajustes que adelanten el Ideam e IGAC.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
De acuerdo con el decreto 1449 de 2015 del MADR se debe hacer pública la información de gestión de riesgo en el sector agropecuario, por tanto, para la identificación de amenazas por remoción en masa se considera la información del mapa nacional integrado de amenaza por movimiento en masa a escala 1:100.000 del IGAC y para la identificación de áreas de amenaza volcánica se tiene como base la información del mapa nacional integrado de amenaza volcánica, escala 1:100.000 del IGAC. De acuerdo con el Ideam (2017) el mapa de inundaciones se construye con información de eventos pasados o la extensión potencial de inundación considerando los posibles impactos. El mapa de inundaciones muestra los eventos observados con su respectiva extensión.		

Unidad de análisis	Áreas inundables, áreas de amenaza volcánica, áreas de amenaza por remoción en masa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES LEGALES
Gestión del riesgo

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2017). Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá, D.C. 110 p.
- Ley 1523 de 2012. Se adapta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Decreto 1449 de 2015. Por el cual se modifica el decreto 1071 de 2015 en lo relacionado con la reglamentación parcial de la Ley 1731 de 2014.
- Organización Meteorológica Mundial (OMN). (2012). *Glosario hidrológico internacional* No. 385. World Meteorological Organization, 2012 (ISBN 978-92-63-03385-8).

UPRA