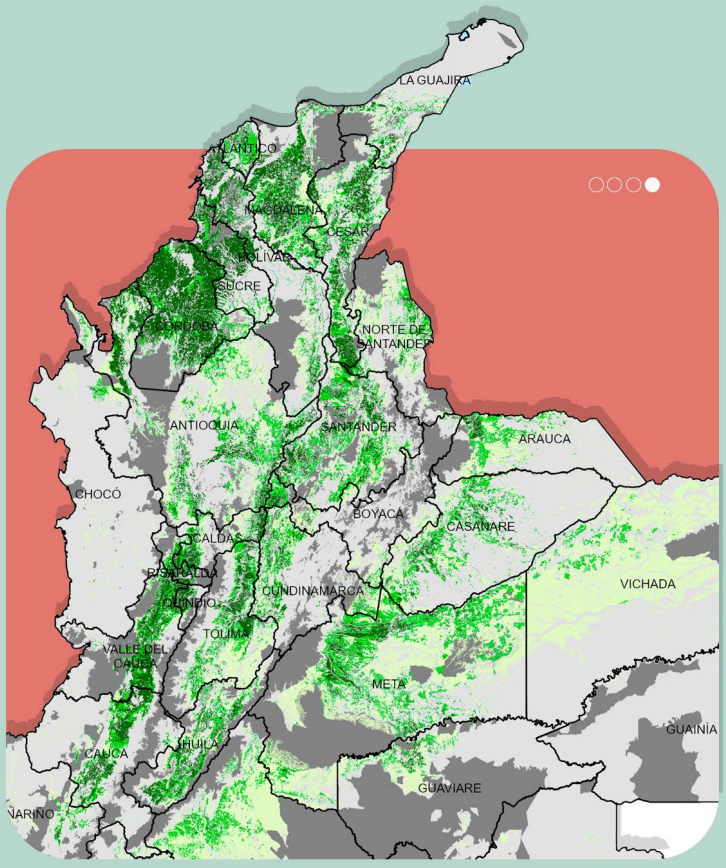
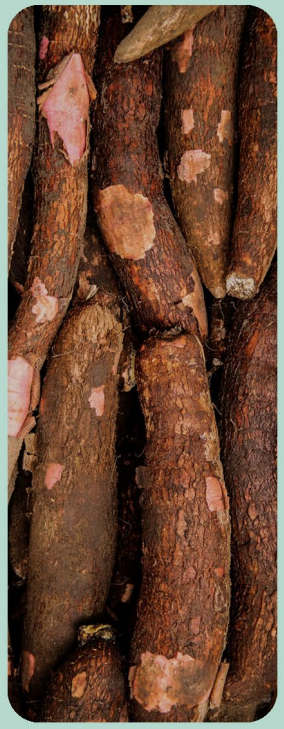
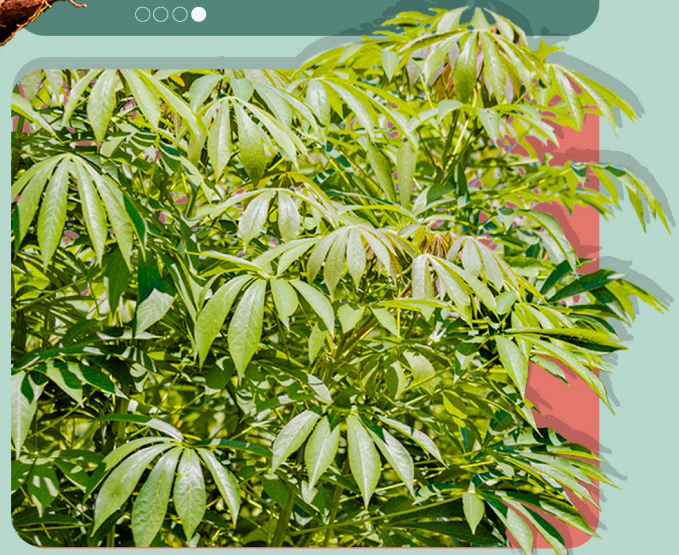
UPRA





Cultivo comercial de yuca

Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000



UPRA

Cultivo comercial de yuca

Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000

Manihot esculenta Crantz

UPRA

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura)

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Unidad de Planificación de Tierras Rurales Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios

Claudia Liliana Cortés López -
Dora Inés Rey Martínez (e)
Directora general

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 Carlos Avellaneda Micolta
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

Directores temáticos
Claudia Liliana Cortés López
Alexander Rodríguez Romero

Coordinación técnica
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera

Autores
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Fernando Andrés Amado Pérez
Edinson Chacón Pardo
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patrícia 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

Compiladores y editores
Fernando Andrés Amado Pérez
Sandra Inés Restrepo Sánchez
Carlos Alberto Novoa Barajas
Pedro David Porras Rodríguez
Jeimy Paola Jiménez Sánchez

Representación cartográfica
Carlos Andrés Ruiz
Nancy Alarcón
Pablo Daniel Diaz
Edward Alejandro Moreno
Katherine Alba

Coordinación equipo publicaciones
Johana Trujillo Moya

Corrección de estilo
Diana L. Chávez Guerrero

Diseño y diagramación
Angélica Borras Santos
Constanza Rodríguez Ramírez

Fotografías
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: Baldovino, R., Polo, S., Amado, F., Chacón, E., Páramo, G., Acosta, C., Gómez, J., García, L., Lagos, L., Gómez, K., Becerra, R., Rodríguez, H. (2024). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (Manihot esculenta Crantz) en Colombia, destinado al consumo directo y uso industrial en el mercado nacional, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA. Recuperado de www.upra.gov.co

ISBN: 978-628-7697-55-3

UPRA© 2024

Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia, destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional a 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 la yuca en términos de su contexto sectorial, contexto mundial y nacional; 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, el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad, los cuales se plantean en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico; 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 yuca y contiene las conclusiones y las fuentes de información bibliográfica utilizadas.

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

Se identificaron ocho criterios físicos, cuatro socioecosistémicos, ocho socioeconómicos y 61 variables a partir de los cuales se obtuvo el mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia, destinado al consumo directo y uso industrial en el mercado nacional, escala 1:100.000.

En el mapa se identificó que Colombia tiene 23.251.659 ha aptas, equivalente a 54,1 % de la frontera agrícola. De las áreas aptas, 6.903.828 ha corresponden a *aptitud alta (A1)*, 6.204.247 a *aptitud media (A2)* y 10.143.584 a *aptitud baja (A3)*.

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

Tabla de contenido

Resumen 5
Índice de tablas 8
Índice de figuras 10
Lista de siglas y abreviaturas 11
Lista de símbolos 13
Glosario 14
Introducción 17

1. Antecedentes 21
1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de yuca en Colombia 23
1.2. Generalidades y taxonomía 23
1.3. Descripción morfológica 24
1.4. Requerimientos ambientales 24
1.5. Aspectos fitosanitarios 27
1.6. Contexto mundial 27
1.7. Contexto nacional 29
1.7.1. Área, producción y rendimiento 29
1.7.2. Mercado nacional de la yuca 30
1.7.3. Cadena de la yuca en Colombia 31
1.8. Alcances y limitaciones 32
2. Marco conceptual 34

3. Marco metodológico 39
3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 44
3.2. Criterios de análisis jerárquico 44
3.2.1. Componente físico 45
3.2.2. Componente socioecosistémico 48
3.2.3. Componente socioeconómico 52
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 58
3.3.1. Criterios y variables del componente físico 59
3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 60
3.3.3.Criterios y variables del componente socioeconómico 64
3.4. Restricciones legales y condicionantes legales 67
3.5. Análisis multicriterio 80
3.5.1. Proceso analítico jerárquico 80
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 81
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico 84
3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas 88
3.7.1. Socialización de la metodología de zonificación de aptitud 88

4. Resultados 93
5. Conclusiones 102
6. Referencias 104
7. Fichas metodológicas de criterios y variables 111

Índice de tablas

Tabla 1. Zonas productoras de yuca en Colombia 25

Tabla 2. Importaciones mundiales de yuca y derivados, 2017-2021 (millones de USD) 29

Tabla 3. Definición del criterio y variables del subcomponente climático .. 46

Tabla 4. Definición del criterio y variables del subcomponente edáfico 46

Tabla 5. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico 50

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico 53

Tabla 7. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales de yuca 58

Tabla 8. Rangos de aptitud del componente físico 59

Tabla 9. Rangos de aptitud para el cultivo de yuca definidos desde el componente socioecosistémico 62

Tabla 10. Rangos de aptitud para el cultivo de yuca definidos desde el componente socioeconómico 64

Tabla 11. Restricciones legales 68

Tabla 12. Condicionantes legales 73

Tabla 13. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico 81

Tabla 14. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio 81

Tabla 15. Matriz de evaluación multicriterio biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca 82

Tabla 16. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca 83

Tabla 17. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca 83

Tabla 18. Socializaciones y visitas a campo de la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca 89

Tabla 19. Validación de mapas integrados para la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca 92

Tabla 20. Áreas según categorías de aptitud para la producción de yuca en Colombia, escala 1:100.000 95

Tabla 21. Departamentos con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha) 98

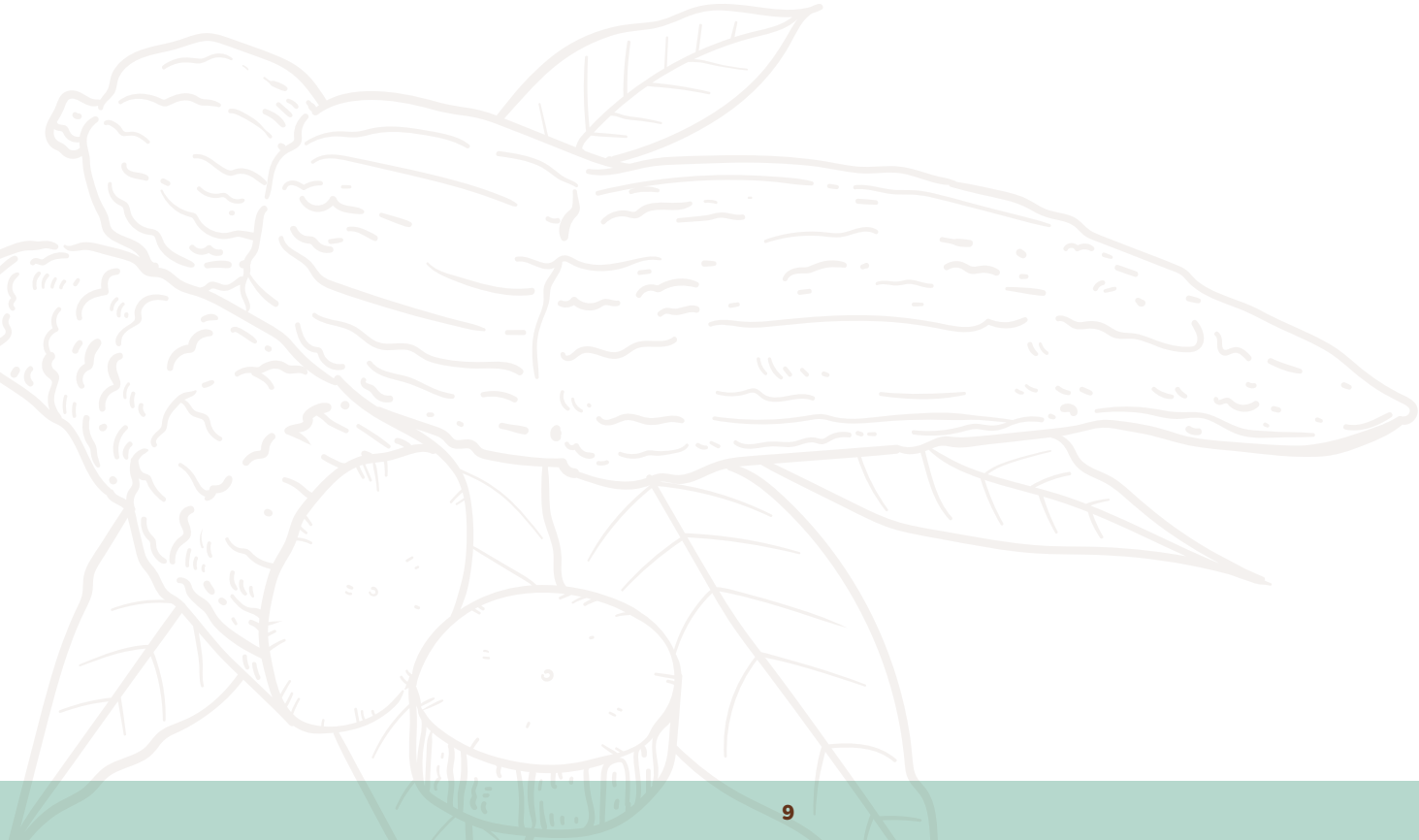
Tabla 22. Departamentos con mayor aptitud total para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha) 99

Tabla 23. Municipios con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha) 100

Tabla 24. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha) 100

Tabla 25. Municipios con la aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca en Colombia (ha) 101

Tabla 26. Municipios con mayor aptitud media (A2) para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha) 101



Índice de figuras

Figura 1. Exportaciones mundiales de yuca y sus derivados, 2017-2021 (millones de USD) 28

Figura 2. Balanza comercial de fécula de yuca (miles de USD) 30

Figura 3. Cadena productiva de yuca de consumo de mesa 31

Figura 4. Cadena productiva de yuca industrial 31

Figura 5. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas 36

Figura 6. Criterios de zonificación de aptitud 42

Figura 7. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de yuca 42

Figura 8. Criterios y variables del componente físico 45

Figura 9. Criterios y variables del componente socioecosistémico 50

Figura 10. Criterios y variables del componente socioeconómico 53

Figura 11. Mapa de restricciones legales 72

Figura 12. Mapa de condicionantes legales 79

Figura 13. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud 84

Figura 14. Modelo cartográfico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca 86

Figura 15. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud 88

Figura 16. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca en Colombia, escala 1:100.000 95

Figura 17. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de yuca en Colombia, escala 1:100.000 97

figura 18. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca en Colombia (ha) 99

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
AHP	(Por sus siglas en inglés) Analytic Hierarchy Process
AICA	Áreas de importancia para la conservación de aves
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) Food and Agriculture Organization
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FNFH	Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola
FOB	(Por sus siglas en inglés) 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	(Por sus siglas en inglés) International Soil Reference and Information Centre
IUA	Índice de uso de agua
LEC	Línea especial de crédito
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) United States Department of Agriculture

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
cm	centímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)
cmol⁺/kg	centimol/kilogramo
cv.	cultivar(es)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
g	gramo
ha	hectárea
kg	kilogramo
km	kilómetro
km²	kilómetro cuadrado
KPa	kilopascales
l	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
m²	metro cuadrado
m³	metro cúbico
mm	milímetro
Mm³	millones de metros cúbicos
mg	miligramo
Mt	Millones de toneladas
ppm	partes por millón
t	toneladas

Glosario

Algebra 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 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 (Siraj *et al*., 2013).

Almidón: Es un carbohidrato compuesto por amilosa y amilopectina, el cual es usado en productos industriales, alimenticios y/o farmacéuticos, como excipiente, gelificante, texturizarte, retenedor de agua (Almidones de Sucre, 2021).

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 (MinAmbiente, 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: Conjunto de varios elementos que se agrupan para dar significancia parcial a la aptitud. En la zonificación de aptitud, están tipificados los componentes físicos, 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 (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 (FAO, 1976).

Evaluación multicriterio: Método diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere la evaluación de varios criterios (Eastman, 1995).

Glucósido cianogénico: Compuesto que puede causar toxicidad aguda con síntomas graves y muerte (FAO, 2002). la linamarina, con dos grupos metilo, es el glucósido cianogénico presente en la mandioca; los glucósidos liberan ácido cianhídrico (Calvo, s. f.).

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).

Rallandería: Sistema tradicional de procesamiento de yuca para obtener el almidón. Son pequeñas plantas de procesamiento donde se recibe la materia prima, luego lava, pela, cuela y, posteriormente, se transfiere la mezcla de fluidos de pulpa de yuca y agua a canales donde se efectúa la sedimentación. Finalmente, el producto se fermenta y seca (Aristizábal y Sánchez, 2007); citado por el SENA (2019).

Restricción legal: "Zonas en las que, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario" (UPRA, 2024).

Tapioca: Fécula blanca y granulada que se extrae de la raíz de la mandioca (RAE, 2023).

Tipo de utilización de la tierra (TUT): "Uso específico descrito 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, los costos y los ingresos generados por la actividad de producción" (UPRA, 2013).

Uso consuntivo: Requerimiento de agua neta para el normal desarrollo 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, 2024).

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

Yuca amarga: Cultivar con niveles elevados de glucósidos cianogénicos que necesitan un proceso para que puedan ser aptas para el consumo humano; estos materiales son generalmente utilizados para procesos industriales (FAO, 2007).

Yuca dulce: Cultivar con niveles bajos de glucósidos cianogénicos y pueden ser consumidas de manera segura luego de la cocción (FAO, 2007).

Zonificación de aptitud: 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 274 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 (MinAgricultura); 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.

En cumplimiento de lo señalado en la Ley 1955 de 2019, en 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 MinAgricultura 299 de 2019, la UPRA 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” cuyo objetivo general es “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 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 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 (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 *et al.*, 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 socioeconómicos en otra, 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: cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya híbrido 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; en tanto que la zonificación forestal agrupa las 33 especies que tiene en cuenta el certificado de incentivo forestal (ICR), instrumento de MinAgricultura a la cual se suma el caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias en la UPRA iniciaron con la zonificación de aptitud para la avicultura en el 2016, seguida del mapa de aptitud para el sector porcícola en el 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 se inició la definición de zonas aptas para la producción de búfalos y de ovinos de carne en pastoreo en Colombia, se dio inicio al proceso de actualización metodológica de seis zonificaciones de aptitud para cultivos comerciales de especies acuícolas en estanques en tierra y de dos zonificaciones pesqueras. En el 2021 se realizó la zonificación de caprinos también en pastoreo.

En el 2022 se inició la zonificación forestal finalizándola en el 2023; en este mismo año se incorpora la zonificación de aptitud para la producción apícola y para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, plátano y yuca a escala 1:100.000 en Colombia.

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

- La elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para el consumo de mesa y uso industrial en el mercado nacional, escala 1:100.000, 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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para el consumo de mesa y uso industrial en el mercado nacional a escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro capítulos: en la primero se desarrolla un contexto a gran rasgo del tema, que incluye generalidades del cultivo, descripción morfológica

y clasificación taxonómica, origen, requerimientos ambientales y aspectos fitosanitarios, así como la importancia económica del subsector de la yuca a nivel internacional y nacional. El segundo describe los fundamentos conceptuales de la zonificación de aptitud; el tercero 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. El cuarto presenta los resultados obtenidos para la identificación de las áreas aptas para el cultivo comercial de yuca y se exponen las conclusiones y la bibliografía.

A manera de anexo, se presenta las fichas metodológicas de los criterios y las variables que se utilizaron en la zonificación; cada ficha contiene las definiciones, importancia, límites de la evaluación, metodología utilizada, rangos para asignar valores de aptitud, cartografía y las fuentes de información utilizadas como insumo para su obtención.

1. 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 las plantaciones forestales comerciales, el caucho, el cacao, la palma de aceite, la papa genérica, el maíz tecnificado de clima cálido, el arroz secano mecanizado, el aguacate Hass, el mango, la papaya hibrido Tainung, la fresa, la piña híbrido MD-2, la cebolla de bulbo, el ají tabasco, el pimentón, el algodón, la caña de azúcar para la producción de panela, el banano de exportación, la papa de la variedad Diacol Capiro para uso industrial, el café, el maracuyá, la gulupa, la granadilla, el maíz tradicional y la soya.

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

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca para el mercado nacional, a escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA, el desarrollo de políticas del sector, la consolidación de posibles núcleos productivos e 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.

1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de yuca en Colombia

Un estudio previo de zonificación en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), se adelantó en el departamento del Tolima, teniendo en cuenta criterios de tipo edáfico, geomorfológico, climático y ambiental. De esta manera la zonificación agroecológica clasificó el departamento en tres zonas: zonas no aptas, correspondiente a áreas cuyas limitantes impiden que se logre una producción sostenible y competitiva; zonas aptas, que hacen referencia a las áreas que implican una mayor aplicación de insumos para lograr una producción apropiada, y las zonas óptimas, que son las que presentan las mejores condiciones para el cultivo. Se identificaron 17,9 ha óptimas y 334.876 ha aptas; por su parte, existen 1´878.026 ha no aptas para cultivar yuca y 144.115 ha que pertenecen a zonas de reserva y conservación, por lo que no se pueden explotar en actividades agrícolas (Bautista y Chavarro, 2016).

1.2. Generalidades y taxonomía

La yuca tiene como centro de diversidad genética la cuenca amazónica del noreste de Brasil; sin embargo, su domesticación abarca desde México hasta Brasil. Se reportan más de 100 especies pertenecientes al género Manihot, muchas de ellas producen látex y ácido cianhídrico (HCN); pero solo *Manihot esculenta* Crantz es de importancia económica y se cultiva (Ceballos y De la Cruz, 2002).

A partir de la yuca silvestre, se domesticó *Manihot esculenta* Crantz por la necesidad de eliminar los principios tóxicos del HCN en las raíces, y permitir la propagación vegetativa del cultivo (INTA, 2004).

Las raíces de la yuca tienen diferentes usos: como alimento fresco, complemento en los alimentos balanceados para aves, cerdos y rumiantes; como producto transformado, la harina de yuca es utilizada como aditivo en la elaboración de productos de panadería; el almidón se utiliza como agente estabilizador de sopas y alimentos (Aguilera, 2012).

Todas las variedades cultivadas de yuca tienen HCN en diferentes órganos de la planta y en concentraciones que van desde inocuas hasta potencialmente mortales, por lo que se reconocen dos tipos: la *yuca dulce*, o de mesa, y la *yuca amarga*. El potencial cianogénico de la yuca dulce en la raíz puede llegar a 20 mg/kg, mientras que la yuca amarga presenta hasta 1000 mg/kg; la mayor concentración de este compuesto se encuentra en la cáscara de las raíces (Ceballos y De la Cruz, 2002). Normalmente la yuca dulce, o de mesa, se dirige a la alimentación humana, cocinada o manufacturada, mientras que la yuca amarga va dirigida a la industrialización.

Taxonomía de la yuca

La yuca pertenece al reino *Plantae*, clase *Magnoliopsida*, orden *Malpighiales*, familia *Euphorbiaceae*, subfamilia *Crotonoideae*, tribu *Manihoteae*, género *Manihot*, especie *Manihot esculenta* Crantz, 1766 (Naturalista, 2023).

1.3. Descripción morfológica

La planta de yuca es un arbusto que puede medir de 1 a 5 metros de altura. Posee tallos semileñosos con coloración variada, la multiplicación de la planta es asexual a partir de estacas. Las hojas son de forma palmeada, pueden tener de tres a nueve lóbulos (Ceballos y De la Cruz, 2002); las raíces son fibrosas, algunas de ellas se agrandan y se caracterizan por la acumulación de almidón. Posee flores masculinas y femeninas y el fruto es una cápsula de 1 a 2 cm de diámetro (Suarez y Mederos, 2011).

1.4. Requerimientos ambientales

La yuca es un cultivo rústico que se adapta a una amplia gama de condiciones ambientales, desde 0 a los 2000 m s. n. m., en un rango de temperatura entre 20 y 30 °C y una óptima de 24 °C; humedad relativa de 50 a 90 % y precipitación de 600 a 3000 mm de lluvia anual.

Presenta resistencia a la sequía gracias a sus mecanismos fisiológicos de adaptación como la reducción de la lámina foliar y lóbulos, cierre de estomas, menor transpiración y toma de nutrientes, y profundización de las raíces en búsqueda de agua dentro del suelo, lo que le permite desarrollarse en climas con régimen de lluvia monomodal y épocas secas prolongadas. Igualmente, se adapta a suelos de baja fertilidad, pH de 4,0 a 7,8 y a texturas desde arenosas hasta arcillosas. Condiciones medias a altas de salinidad, así como la pérdida de drenaje, compactación y el sellamiento de la superficie por mal manejo del suelo, pueden llegar a afectar el desarrollo y los rendimientos (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Los suelos más adecuados deben tener profundidad efectiva mayor de 50 cm, evitando los suelos pesados; bien drenados, con baja pedregosidad y buena retención de humedad (aunque las inundaciones y los encharcamientos prolongados producen daños); preferiblemente con bajas pendientes que faciliten el uso de maquinaria, con medios a altos contenidos de materia orgánica (Ospina *et al.*, 2002).

En Colombia la yuca se cultiva en diferentes regiones: altas y lluviosas como las andinas, en áreas semidesérticas (baja Guajira), en suelos fértiles (Valle del Cauca y Tolima); en suelos ácidos e infértiles (Llanos Orientales) y en selvas tropicales (Putumayo).

En la tabla 1 se presentan las seis zonas agroecológicas productoras de yuca en Colombia, cada una con características definidas.

Tabla 1. Zonas productoras de yuca en Colombia

Zona agroecológica	Descripción	Departamento	Cultivares	Usos
Zona 1 Costa Atlántica	Clima tropical entre semiárido y subhúmedo. Altura 0 a 300 m s. n.m. Régimen unimodal de lluvias con estación seca prolongada. Temperatura > 24 °C. Precipitación 700 a 1500 mm/año.	Atlántico, Bolívar, Cesar, Magdalena, Córdoba y Sucre	Mona blanca	Mesa *
			Pie de palomo	Mesa
			Venezolana o MCol 2215	Doble propósito**
			Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
			ICA negrita o CM 3306-4	Doble propósito
			ICA costeña o CG 1141-1	Doble propósito
			M Tai 8	Industrial
			Verónica o CM 4919-1	Industrial
			Guines o CM 4843-1	Industrial
			Corpoica caribeña o SGB 765-2	Mesa
			Corpoica rojita o SGB 765-4	Mesa
			Corpoica colombiana o CM 3306-19	Industrial
Zona 2 Orinoquia	Sabanas de suelos ácidos. Altura < 300 m.s.n.m. Régimen unimodal de lluvias con estación seca prolongada. Temperatura > 24 °C. Humedad relativa alta. Precipitación 1500 a 4000 mm/año.	Meta Casanare Arauca	ICA Catumare o CM 523-7	Doble propósito
			Corpoica reina o CM 6740-7	Doble propósito
			Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
			ICA Cebucan o CM 2177-2	Doble propósito
			HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
			Vergara o CM 6438-14	Doble propósito
			La roja o CM 4574-7	Industrial
			Forrajera o CM 507-37	Industrial
Zona 3 Amazonía y Andén Pacífico	Trópico bajo. Estación seca leve y lluvias abundantes. Precipitación > 3500 mm/año. Altura < 300 m s. n. m. Humedad relativa alta y constante	Caquetá Putumayo Amazonas Nariño Chocó	Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
Zona 4 Valle del Cauca norte del Cauca	Trópico medio. Altura de 800 a 1.200 m s. n. m. Temperatura 24 a 28°C. Humedad relativa alta. Precipitación 1000 a 2000 mm/año. Régimen bimodal de lluvias.	Valle del Cauca norte del Cauca	ICA Catumare o CM 523-7	Doble propósito
			HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
			CMC 40 o MCol 1468	Mesa
			Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
			MBra 12	Industrial
			MPer 183	Mesa

Zona 5 Zona cafetera	Trópico alto. Entre 1300 y 2000 m s. n. m. Temperatura 24 a 20 °C. Precipitación a 1500 a 2500 mm/año. Régimen de lluvias bien distribuidas.	Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, santanderes, Tolima y Cauca	Chirosa o MCol 2066	Mesa
			HMC-1 o ICA P13	Doble propósito
			MPer 183	Mesa
			Algodonosa o MCol 1522	Mesa
			Panameña o MCol 2261	Doble propósito
			Batata o MCol 2258	Doble propósito
			Sata Dovio o MCol 2059	Doble propósito
			Americana o MCol 2257	Doble propósito
Zona 6 Valle del Alto Magdalena	Trópico entre semiárido y subhúmedo. Altura 100 a 1000 m s. n. m. Régimen bimodal de lluvias. Temperatura > 24 °C. Humedad relativa muy baja. Precipitación 900 a 2300 mm/año.	Tolima y Huila	Brasilera o MCol 2737	Doble propósito
			ICA Catumare o CM 523-7	Doble propósito
			MBra 12	Industrial
			Verdecita o MCol 1505	Doble propósito
			MVen 25	Industrial

* La yuca de *mesa* se refiere a la dirigida al consumo humano directo.

** La yuca *doble propósito* se refiere a la dirigida al consumo humano directo y al procesamiento industrial

Fuente: Cadavid (2006).

En todas las zonas productoras se presentan cultivares de yuca destinados al uso industrial, doble propósito y al consumo de mesa, sembradas desde 0 hasta 2000 m s. n. m., con la mayor diversidad en la costa Atlántica, la Orinoquia y la zona cafetera, seguida de las zonas del Valle de Cauca y norte del Cauca. Se destaca que en la Amazonia y en el Andén Pacífico, se cultiva principalmente la yuca brasilera o MCol 2737 de doble propósito

1.5. Aspectos fitosanitarios

Entre las plagas de mayor importancia del cultivo de yuca se encuentran el gusano cachón de la yuca (*Erinnyis ello*), la mosca blanca de la yuca (*Bermisia sp.*), *Aleurotrachelus sp.* y *Trialeurodes sp.* y los ácaros (*Mononychellus sp., Tetranychus sp.* y *Oligonychus sp.*) que ocasionan serias afectaciones en el follaje.

Las enfermedades más notorias del cultivo son la mancha parda de la hoja, causada por el hongo *Cercospora henningsii,* el añublo bacteriano, causado por *Xanthomonas axonopodis* y el virus del grupo *Reovirus* que junto con bacterias del tipo fitoplasmas son los agentes causales de la enfermedad llamada *cuero de sapo* (Agrosavia, 2022).

1.6. Contexto mundial

La demanda mundial de yuca se ha incrementado debido a sus múltiples usos, particularmente en productos diferenciados como en el mercado de alimentos sin gluten y de bioplásticos, estos últimos, de creciente importancia por las recientes regulaciones mundiales en el consumo de plásticos provenientes de recursos fósiles (SEI, 2021).

El área total de yuca fresca cosechada en el mundo fue de 29,6 millones de ha para el 2021. Nigeria y la República Democrática del Congo, presentaron la mayor participación, con 30,6 y 18,9 % del total mundial. En cuanto a la producción, el mundo alcanzó 314,8 millones de toneladas (Mt), de las cuales Nigeria aportó 63,0 Mt (20,0 %), seguida por la República Democrática del Congo con 45,7 Mt (14,5 %) y Tailandia con 30,1 Mt (9,6 %) (FAO, 2023).

El rendimiento promedio mundial de este cultivo se encuentra en 10,6 t/ha; no obstante, países como Guyana, India, Zambia, República Democrática Popular Lao y Nigeria, alcanzan entre 29,0 y 43,1 t/ha (FAO, 2023).

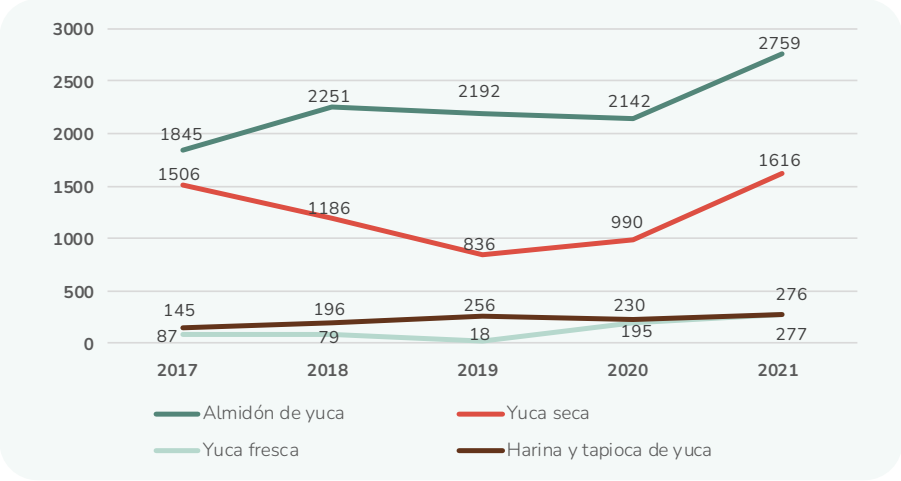
En cuanto a productos derivados de la yuca, entre 2016 y 2020, se reportaron en promedio producciones mundiales de 26,0 Mt de yuca seca (con Nigeria y Tailandia como los mayores productores con 46,3 % y 19,5 %); 7,6 Mt de harina de yuca (Nigeria, India y Brasil reportaron promedios de 42,7 %, 13,9 % y 12,6 %); 6,1 Mt de almidón de yuca (Tailandia y Vietnam lideraron la producción, con 49,9 y 24,4 % del volumen mundial para el periodo mencionado) (FAO, 2023).

El comercio internacional de yuca muestra que las exportaciones mundiales para el 2021 estuvieron lideradas por la yuca seca y almidón de yuca con 6,1 Mt y 6,0 Mt respectivamente, seguido de 1,9 Mt de yuca fresca y, finalmente, la harina y la tapioca de yuca con 257 mil toneladas.

Tailandia y Vietnam lideraron las exportaciones, con participaciones del 84,0 y 10,6 % para yuca seca, mientras que, para almidón de yuca, participaron con 59,4 % y 31,1 % respectivamente. La yuca fresca reportó como principal exportador a la República Democrática Popular de Lao con el 99,2 % de participación mundial.

En la figura 1 se muestra el comportamiento de las exportaciones mundiales entre 2017 y 2021; el almidón de yuca presentó el mayor valor exportable, seguido de la yuca seca. Por otro lado, la yuca fresca y las harinas de yuca reportaron valores significativamente más bajos en comparación con los otros dos productos.

Figura 1. Exportaciones mundiales de yuca y sus derivados, 2017-2021 (millones de USD)



Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2023).

Por otra parte, para el 2021 se importaron 14,2 Mt de yuca y sus derivados en el mundo; China fue el mayor importador de yuca seca y de almidón de yuca con 5,5 Mt y 3,5 Mt. En cuanto a la yuca fresca, Vietnam ocupó el primer lugar con 293.000 t; para la harina de yuca y la tapioca, Canadá, Estados Unidos y China reportaron compras entre 7.000 y 21.000 t/año (FAO, 2023).

La tabla 2 muestra los valores de las importaciones mundiales de yuca entre 2017 y 2021; en promedio las importaciones de yuca seca fueron las mayores durante este periodo con 1.865 millones de USD en promedio, seguida por el almidón de yuca; la yuca fresca representó el valor promedio más bajo dentro de las importaciones con 11,4 millones de USD en el mismo periodo.

Tabla 2. Importaciones mundiales de yuca y derivados, 2017-2021 (millones de USD)

Producto	2017	2018	2019	2020	2021
Yuca seca	2127	1857	1328	1610	2406
Almidón de yuca	1450	1775	1781	1749	2399
Tapioca de yuca	56,8	77,5	164,0	123,1	147,4
Harina de yuca	15,0	20,2	20,5	25,5	27,3
Yuca fresca	0,04	0,02	0,3	0,2	56,4
Total	3.649	3.730	3.293	3.509	5.037

Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2023).

1.7. Contexto nacional

Colombia es el tercer productor de yuca en Latinoamérica, con presencia del cultivo en los 32 departamentos del país, ocupando el quinto lugar dentro de los cultivos que producen mayor volumen, antecedido de la caña panelera, el plátano, la papa y el arroz (MinAgricultura, 2021).

1.7.1. Área, producción y rendimiento

En Colombia se sembraron 218.521 ha de yuca para el 2021, de las cuales el 95 % correspondió a yuca de consumo de mesa y el restante a yuca industrial. La producción de yuca alcanzó cerca de 2,5 Mt por departamentos, Bolívar es el primer productor con 421.440 t, seguido de Córdoba con 307.385 t, Sucre y Antioquia con 188.270 t y 174.344 t respectivamente (MinAgricultura, 2021).

El sistema de producción es mayoritariamente de pequeña escala (85 %), cultivado en áreas menores a 10 ha, con prácticas tradicionales y baja tecnificación; se estima que el cultivo se desarrolla en un 70 % en tierras en arrendamiento, y requiere entre 40 y 53 jornales/ha/cosecha (SEI, 2021).

El rendimiento en Colombia se encuentra por el orden de 11,4 t/ha, por encima del promedio mundial. El valor agregado del grupo de las raíces frescas donde se encuentra la yuca se concentra en la producción de almidones industriales, trozos secos destinados a alimentos balanceados y consumo de ganadería bovina, y en la producción de harinas y productos de yuca parafinada, precocida, congelada y pasabocas (MinAgricultura, 2021).

Colombia presenta un consumo per cápita de 38,0 kg de yuca/año, cercano al registro de Latinoamérica que alcanza 39,4 kg/año, pero muy por encima del promedio mundial, el cual reporta 15,3 kg/año (Agrosavia, 2023).

1.7.2. Mercado nacional de la yuca

El mercado interno se lleva a cabo principalmente en fresco, donde la yuca es empacada y distribuida a los centros mayoristas encabezados por Corabastos en Bogotá, que participa del 40 %, seguido por Barranquillita (9 %) en Barranquilla y Centroabastos (6 %) en Bucaramanga (MinAgricultura, 2021).

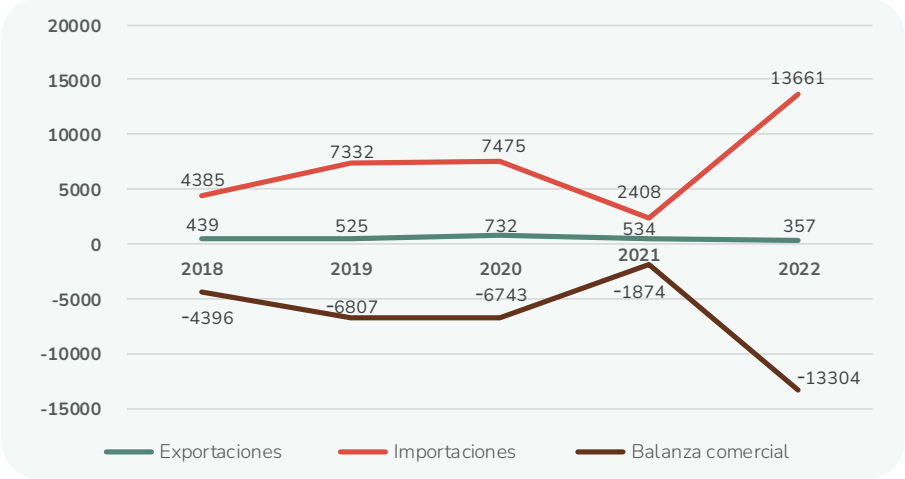
Las exportaciones colombianas de la partida arancelaria 0714100000 ("raíces de mandioca "yuca", frescas, refrigeradas, congeladas o secas") para el 2022 llegaron a 453,5 t; los principales destinos fueron Estados Unidos con 321,1 t (70,8 %), seguido de México y España con 46,1 t (10,2 %) y 40,1 t (8,9 %) (TradeMap, 2023).

La consulta de la partida arancelaria 110814 correspondiente a "fécula de mandioca "yuca", arroja que en 2022 se exportaron 502 t; Ecuador fue el principal comprador con 316 t (62,9 %), seguido de Panamá y Venezuela con 59 t (11,8 %) y 44 t (8,8 %) (TradeMap, 2023).

Para este mismo año, Colombia importó 21.973 t de fécula de mandioca provenientes principalmente de Paraguay con 17.882 t, seguido de Brasil y Tailandia con 3380 t y 369 t, respectivamente.

Las raíces de yuca frescas, refrigeradas, congeladas o secas no son importadas a Colombia, lo que genera una balanza comercial positiva con un valor de 618.000 USD para el 2022. No obstante, para la fécula de yuca, el panorama es contrario; la figura 2 presenta el comportamiento negativo de la balanza comercial de este producto entre 2018 y 2022, que evidencia una demanda nacional insatisfecha (TradeMap, 2023).

Figura 2. Balanza comercial de fécula de yuca (miles de USD)



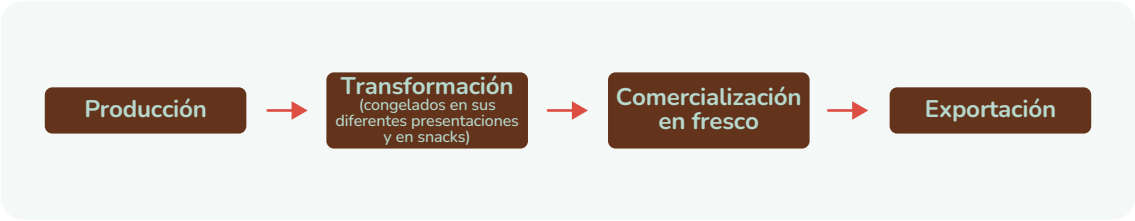
Fuente: TradeMap (2023).

1.7.3. Cadena de la yuca en Colombia

La cadena agroindustrial está conformada por productores, comercializadores, industriales y consumidores. Se diferencian dos estructuras, de acuerdo con el tipo de yuca: la primera para consumo directo y la segunda para el procesamiento industrial.

De acuerdo con las dinámicas de suministro y distribución de la producción de yuca para el consumo de mesa, se ha propuesto la siguiente estructura de actores (figura 3), para la conformación de la organización de esta cadena en Colombia.

Figura 3. Cadena productiva de yuca de consumo de mesa



Fuente: MinAgricultura (2021).

Actualmente, la Secretaría de Agricultura de Sucre adelanta esfuerzos para la conformación de la organización de la cadena de la yuca industrial, a partir de la siguiente estructura (figura 4).

Figura 4. Cadena productiva de yuca industrial

Fuente: MinAgricultura (2021).

1.8. Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional, escala 1:100.000, fortalece el desarrollo de políticas para el sector agrícola, prioriza la consolidación de posibles núcleos de desarrollo y orienta inversiones a escala nacional o regional. Asimismo, 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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional, 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 yuca se desarrolla considerando las siguientes premisas:

- Prioriza las áreas más competitivas para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial, para el mercado nacional, 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 yuca.
- 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 ser analizadas 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 yuca 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.

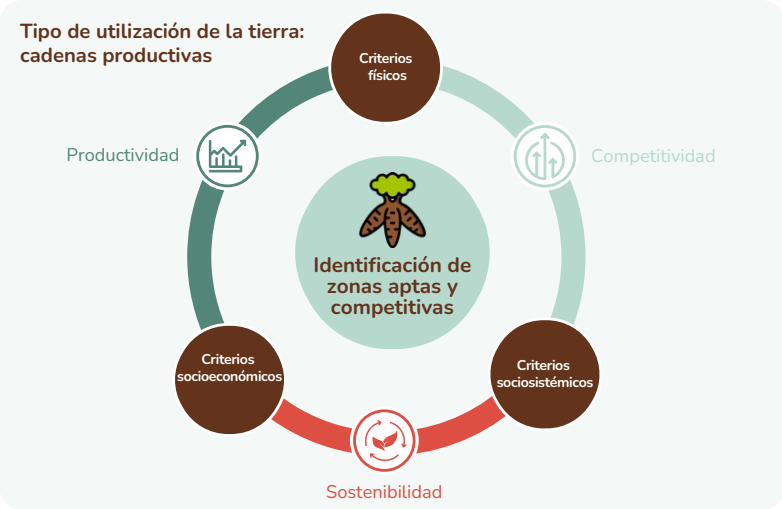
El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca destinado al consumo directo y uso industrial, para el mercado nacional, escala 1:100.000, toma como base para su elaboración, la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene, en algunos casos, niveles 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.

2. 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 et al., 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 biofísicos y socioeconómicos, 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 sostenibilidad y competitividad mediante la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionados (figura 5).

Figura 5. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas



Fuente: UPRA (2014).

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional, escala 1:100.000, se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para la producción de este alimento, 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.

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 al ítem de 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 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), 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 yuca, se han precisado algunas características desde este componente que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en dos subcomponentes: climático y edáfico.

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 (MinAmbiente, 2012; Martin-López *et al.*, 2009, citados en 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:

- 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.

3. Marco metodológico

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial, para el mercado nacional, 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 yuca, 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 de 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 los factores, se utiliza generalmente la suma lineal ponderada en la cual estos 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 yuca en el mercado nacional en Colombia.

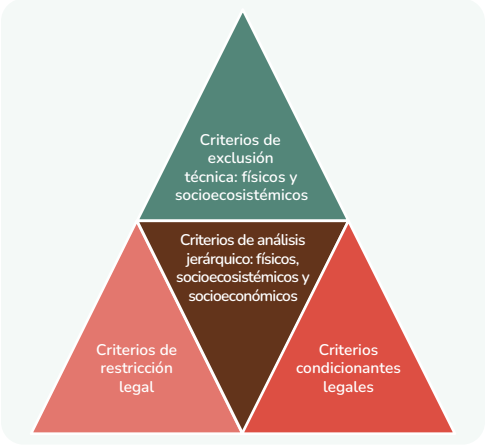
- **Criterios de exclusión técnica:** zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no es factible el cultivo de yuca.

- **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 de 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 6 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

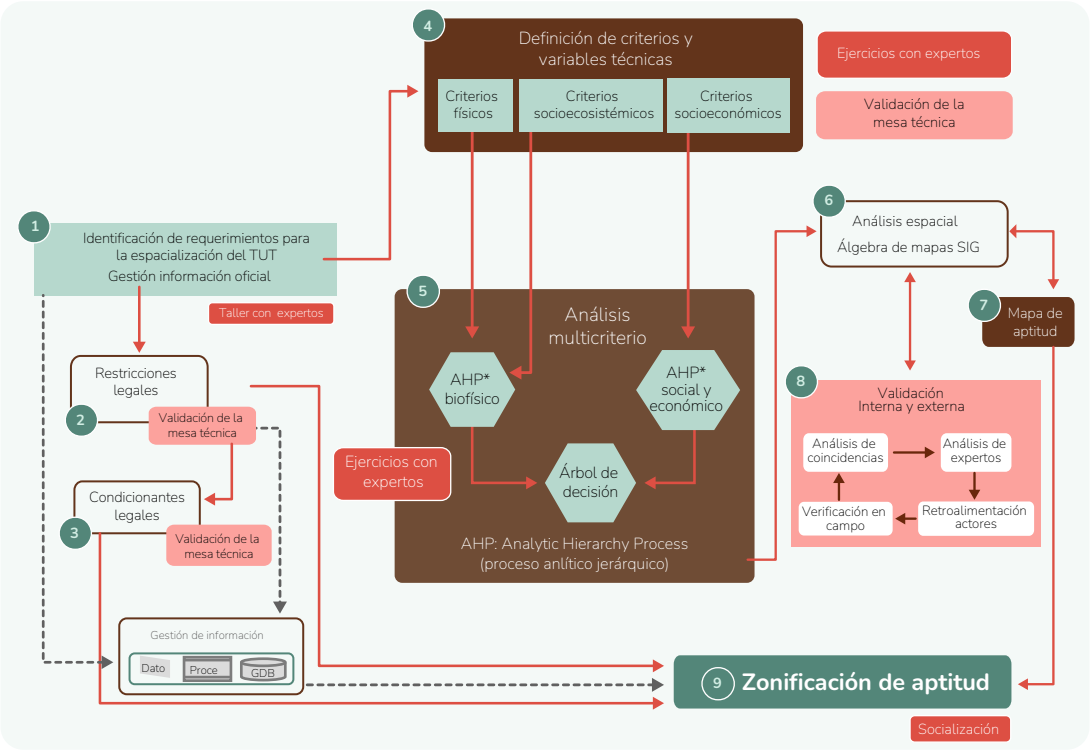
Figura 6. Criterios de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2015).

A continuación, se presentan cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación de aptitud (figura 7). Durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector y diferentes profesionales, quienes aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, y su importancia dentro de la zonificación.

Figura 7. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de yuca



Fuente: UPRA (2017).

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 de la yuca. Asimismo, 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 yuca para el mercado nacional en Colombia.

- **Mapa de aptitud:** es el resultado de la aplicación de la metodología propuesta. De este modo, se presentaron no solo las zonas aptas y no aptas para el cultivo de yuca 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 yuca dirigido al mercado nacional 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 yuca dirigido al mercado nacional 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 (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 yuca 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 TUT evaluado en el presente documento corresponde a: "Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), destinado al consumo directo y uso industrial, para el mercado nacional".

3.2. Criterios de análisis jerárquico

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 puede definir 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 el cultivo comercial de yuca; 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.

A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que generan la aptitud para el cultivo de yuca, escala 1:100.000 en Colombia; dicha información está contenida en el anexo a la presente memoria técnica, que corresponde a 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.

3.2.1. Componente físico

A través del análisis de los elementos del componente físico en un espacio territorial se 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 cultivo de yuca, se han precisado algunas cualidades de la tierra desde este componente que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en dos subcomponentes: climático y edáfico.

En la figura 8 se presentan los criterios y las variables del componente físico para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional, escala 1:100.000.

Figura 8. 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 yuca, se precisaron los elementos del clima que tienen mayor incidencia en sus fases de desarrollo tales como la temperatura media anual, el índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) y el brillo solar medio diario (tabla 3).

Tabla 3. Definición del criterio y variables del subcomponente climático

Criterio	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 °C (Ideam, 2017).
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc): relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo (Ideam, 2017).
	Brillo solar medio diario anual: 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 yuca requiere condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento y desarrollo, donde las principales cualidades están referidas a las condiciones de enraizamiento, la capacidad de laboreo, la disponibilidad de nutrientes, la disponibilidad de humedad y de oxígeno, entre otras (tabla 4).

Tabla 4. Definición del criterio y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Descripción de variables
Condiciones de enraizamiento: conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo de las raíces de yuca, que en conjunto conllevan a la formación adecuada tanto de las plantas como de las raíces tuberosas.	**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 y 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 y Forbes, 1987).

Capacidad de laboreo: condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con 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).	**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 y 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 y Forbes, 1987).
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, es este caso yuca, 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, 2017).
	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.
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 yuca. 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).

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 de CO2 hacia la atmósfera y la entrada de 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 grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del mismo, a los espacios subterráneos (USDA, 1961).
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 y Montenegro, 1990).
Susceptibilidad a la pérdida de suelos: grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras al 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 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 la probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Componente socioecosistémico

Ofrece una mirada desde la integridad de los ecosistemas naturales cuando estos son alterados o modificados por la siembra de yuca, ofreciendo 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 procurando mitigar 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, adquiere importancia puesto que 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 el proyecto de zonificación se establece desde el componente socioecosistémico en 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.

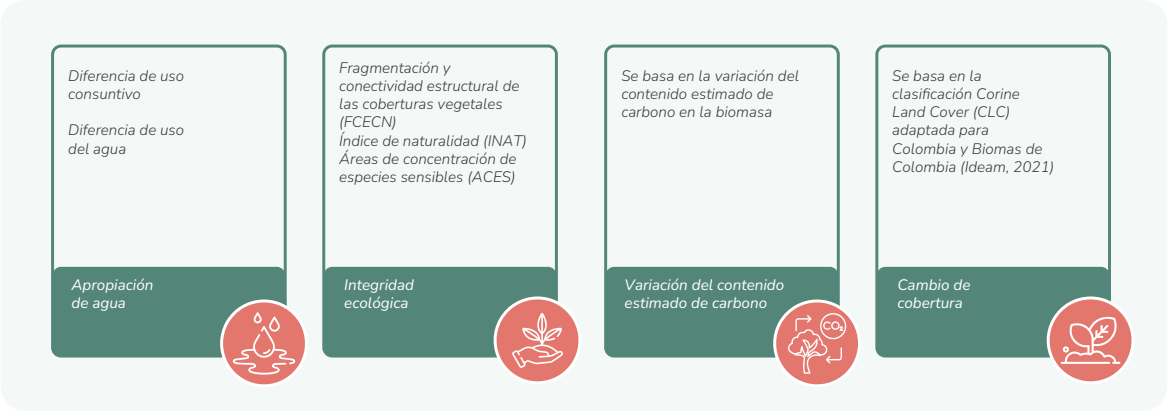
Bajo esta visión, la aptitud representa el potencial del territorio para el desarrollo del cultivo de yuca y la permanencia de la actividad. De esta forma, las áreas con mayor aptitud son aquellas donde la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas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

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, para llegar a describir tres tipos de aptitudes: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Se analizaron cuatro criterios dentro del componente: apropiación de agua, integridad ecológica, variación del contenido estimado de carbono y cambio de cobertura, que se describen a continuación en la figura 9 y en la tabla 5.

Figura 9. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	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 yuca 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. 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 yuca. De la totalidad del agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa vegetal, otra 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, 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 y Wilson, 1967), (Tischendorf y Fahrig, 2000), (Correa, 2009) y requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) 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 y Gomez, 2008).
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): establece áreas donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias de conservación (APC), o la riqueza de aves migratorias en áreas críticas (AC) sobre agroecosistemas. De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS). Esta variable evalúa la biodiversidad de especies de las áreas en las cuales el cultivo podría presentarse.

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 yuca, 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: 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.

Define la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente, producido por el establecimiento del cultivo de yuca, 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

La competitividad es la capacidad de producir bienes y servicios de mayor calidad y menor precio frente a otros productores domésticos e internacionales, 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, 1980 y 1985). En este sentido, la competitividad constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, puesto que no solo se conforma 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).

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca, la competitividad se expresa como la capacidad de una región de generar las condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenido del cultivo; con ello, es posible mejorar permanentemente las condiciones de vida y el bienestar de los habitantes, en particular, de los agricultores.

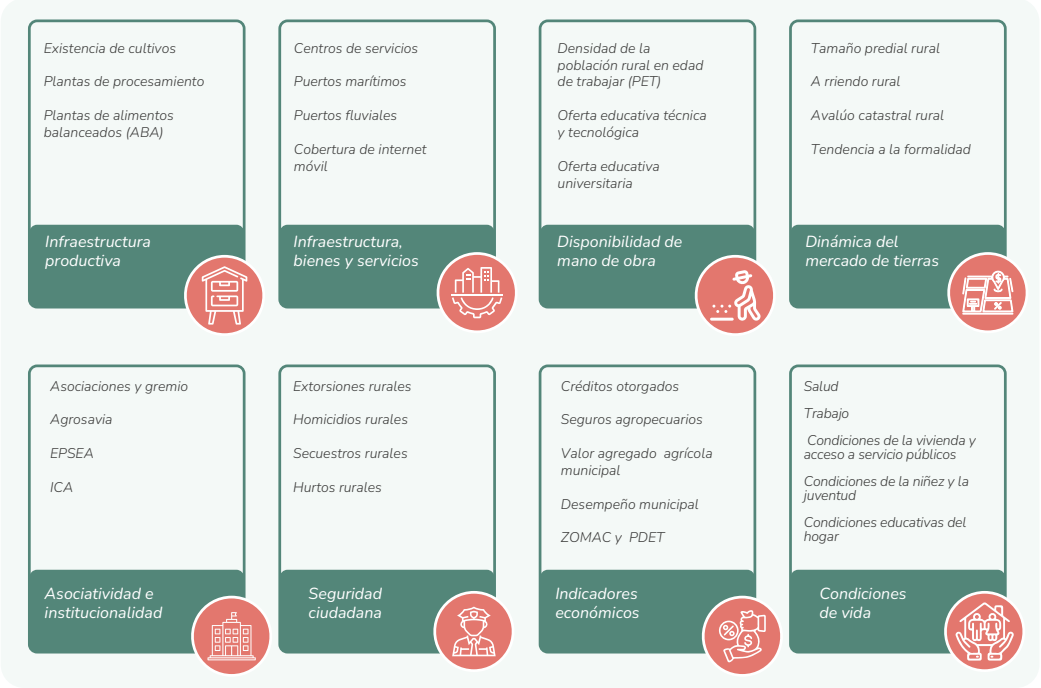
Con fundamento en la definición planteada, la competitividad del cultivo de yuca implica un proceso que considera los requerimientos multidimensionales para desarrollar la producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales favorables, logro que se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades.

El cultivo de yuca también hace parte de la agricultura familiar; esta producción es la base de la alimentación familiar. Cuando se generan excedentes, se comercializan en mercados locales con lo que se obtienen algunos ingresos adicionales dedicados a mejorar la calidad de vida.

Por lo general, la familia es dueña de algunos o todos los medios de producción, entre ellos la tierra, que puede ser heredada, de tal modo que pueden existir problemas de formalidad por falsas tradiciones que las excluyen temporalmente del mercado de tierras y podrían limitar el acceso a créditos formales.

En la figura 10 y en la tabla 6 se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 10. Criterios y variables del componente socioeconómico



Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Descripción de variables
Infraestructura productiva: espacios delimitados que albergan servicios, actividades productivas, acceso a la transformación de materias primas y/o de comercio interno, propias del cultivo comercial de yuca para el consumo directo y uso industrial.	**Existencia de cultivos:** corresponde a predios georreferenciados con presencia de cultivos de yuca 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 industrial necesaria, cumple con los principios y regulaciones de higiene y seguridad requeridos por la ley para el procesamiento de alimentos.
	Plantas de alimentos balanceados (ABA): fábrica que cuenta con la infraestructura y los equipos necesarios para la producción de alimentos concentrados; están especialmente diseñadas para el sector pecuario con la finalidad de producir alimentos para animales. En cuanto a la cercanía a este tipo de plantas, esta constituye la facilidad con la que se accede a una planta de producción de alimentos balanceados para animales desde otros puntos en el territorio.
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 yuca. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.
	Puertos marítimos: espacio que, situado en una orilla o en la costa, permite que las embarcaciones desarrollen operaciones de cargue y descargue, o de embarque y desembarque para realizar operaciones de comercio internacional.

	Puertos fluviales: lugar situado sobre la rivera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para las actividades fluviales, que ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga.
	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.
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 yuca, evaluando además las posibilidades de capacitación y cualificación dentro del territorio de acuerdo con la oferta de programas de formación académica que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas.	**Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET):** número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/ km2 frente a las necesidades de mano de obra de acuerdo con la tecnología empleada en el cultivo de yuca. 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 tierra: 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 de yuca, al mostrar el impacto del tamaño, la estimación del arriendo y el precio de los predios 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 (MinAgricultura, Res. 128/2017).	**Tamaño predial rural:** superficie de terreno, en rangos de tamaños prediales, definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo de yuca y las dimensiones consideradas apropiadas 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.
	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. Para efectos de la variable, se establece su valor en COP/ ha/año.
	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 (MinAgricultura, Res. 0070/2011). 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.
	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).

	Asociaciones y gremio: 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 de mercado y prácticas agrícolas más productivas.
Asociatividad e institucionalidad: presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva de yuca de consumo directo y de uso industrial, 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.	**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.
	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (EPSEA): 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 otras, que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación (Congreso de la República de Colombia, L 1876/2017, art. 33).
	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.
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” (Congreso de la república de Colombia, L 906/2004).
	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, 2013).
	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, L 599/2000, art. 168).
	Hurtos rurales: apoderarse de un bien ajeno, con el propósito de obtener provecho para sí o para otro (Congreso de la república de Colombia, 2000).

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. Asimismo, 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 (MDM) del 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 de 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 2018 hasta el 2022, a nivel municipal para el cultivo de yuca y su comercialización.
	Seguros agropecuarios: municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción de yuca 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 MinAgricultura 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: primero, en función de su importancia relativa (participación porcentual) dentro del valor agregado agropecuario (agrícola + pecuario + pesquero + silvicultura) del municipio; 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 MDM del 2021.
	Desempeño municipal: adopta la medición y la comparación que realiza el DNP en la publicación de la MDM para el 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, 2021).
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC): estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC), 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 diez años a partir del 2017 (MinHacienda, 2017).
	Programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET): instrumento de planificación y gestión a diez años, a partir del 2017, para llevar de manera prioritaria, y con mayor celeridad, en 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 (ART, 2020).

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, 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 (DNP, 2014).	**Salud:** refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestadas como 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 cinco 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 la vivienda y acceso a 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 o 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 la niñez y la 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 seis y dieciséis 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 siete y diecisiete 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 cinco 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 doce y diecisiete años trabajando (DANE, 2018).
	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 quince años es menor a nueve 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 quince años y más que no sabe leer y escribir (DANE, 2018).

Fuente: elaboración propia.

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca, se tomaron como referencia las categorias que la UPRA ha utilizado en los ejercicios de zonificación desarrollados, las cuales corresponden a categorías de aptitud: aptitud alta (A1), aptitud media (A2), aptitud baja (A3) y no apto (N1). Asímismo, se tienen en cuenta las categorías de restricciones legales y condicionantes legales (tabla 7).

Tabla 7. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales de yuca

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 productiva.
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 de la actividad productiva.

Fuente: UPRA (2014).

3.3.1. Criterios y variables del componente físico

A continuación se presentan los rangos de aptitud por subcomponente (climático y edáfico) que fueron obtenidos a través de consulta en fuentes primarias de información, con expertos, profesionales del sector y con el equipo técnico de la UPRA (tabla 8).

Tabla 8. Rangos de aptitud del componente físico

Sub-componente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Climático	Condiciones climáticas	Temperatura media anual	(0C)	> 21	19 - 21	18 - 19	< 18
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Índice entre 0 y 1	0,74 – 0,95	0,74 -0,85; 0,95 – 0,99	0,40 – 0,75; > 0,99	< 0,40
		Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	4	3 - 4	< 3	-
Edáfico	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Superficial (25 – 50)	Muy superficial (< 25)	Subgrupos Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic. (consociaciones)
		Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, L, FArA, FArL	A, AF, L, ArA, ArL, FAr	Ar	-
		Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
	Capacidad de laboreo	Pendiente	%	≤ 25	25 - 50	50 - 75	> 75
		Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
		Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

Sub-componente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Edáfico	Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)	Rangos de pH	5,0 - 6,5	4,4- 5,0; 6,6 - 7,5	< 4,4; > 7,5	-
		Saturación de bases	%	> 20	10 - 20	< 10	-
		Carbono orgánico	%	0,5 - 7,6; Andisoles	0,2 - 0,5; >7,6	< 0,2	Histosoles
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol+/kg de suelo	≥ 20	10 - 20	< 10	-
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad y sodicidad	Conductividad eléctrica (CE dS/m)	≤ 2	2 - 4	> 4	-
			Porcentaje de saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)
		Saturación de aluminio	%	≤ 30	30 - 60	> 60	-
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Clases por duración	No hay	Cortas	Largas	Muy largas
		Drenaje natural	Clases de drenaje	Bueno	Moderado excesivo, moderadamente excesivo	Imperfecto, pobre	Muy pobre
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Clases de regímenes de humedad	Údico, Perúdico, Ústico	-	Ácuico	Arídico, Perácuico
		Textura	Clases de texturas	F, FL, FAr, FArA, FArL, ArA, ArL, (Andisoles)	L, FA, Ar	A, AF (Psamments)	-
	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Fases por grados de erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente, amenaza por movimientos en masa.	Adimensional producto de combinación de clases por fases por erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente y amenaza por movimientos en masa.	Condiciones que presentan baja susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de yuca.	Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de yuca.	Condiciones que presentan alta susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de yuca.	Restricciones por muy alta susceptibilidad a la pérdida de suelo que imposibilitan los cultivos de yuca.

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 yuca.

- La segunda, ecosistemas estratégicos, considera los 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 el cultivo de yuca.

- La tercera involucra aquellas coberturas de bosques que fueron deforestadas después del 2010. Estas áreas fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación en Colombia (Alzate, 2011); no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola, según lo adscrito en el acuerdo de París de la COP21. Se toma el 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
- Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo.

En la tabla 9 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioecosistémico.

Tabla 9. Rangos de aptitud para el cultivo de yuca definidos desde el componente socioecosistémico

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Apropiación de agua	Diferencia de uso consuntivo	Milímetros (mm)	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor < -382	La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado -382 a 96	La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto <96	-
	Diferencia de uso del agua	Millones de m3 (Mm3)	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 yuca. <2.106	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 yuca. 2.106 – 5.978	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 yuca. >5.978	-
Integridad ecológica	Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	Categoría de costo distancia acumulada 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)	Adimensional Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de aves migratorias en paisajes agropecuarios	>1,32	1,18-1,32	<1,18	-
Variación del contenido estimado de carbono		%	El cultivo es sumidero de carbono <0,35	El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono 0,35 – 0,69	El cultivo es fuente de emisión de carbono > 0,69	-

Cambio de cobertura	Categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan las áreas de pastos (enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados a la producción de alimentos como arroz, maíz y papa; cultivos dedicados a la producción industrial como caña y palma; zonas quemadas; pastos y árboles plantados.	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos como hortalizas y cereales; cultivos permanentes arbustivos y arbóreos; cultivos agroforestales; café; plantaciones forestales; mosaico de cultivos y algunos cultivos confinados.	Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan cultivos confinados; mosaicos de cultivos; pastos y espacios naturales; mosaicos de pastos y cultivos; mosaicos de pastos con espacios naturales; mosaicos de cultivos con espacios naturales; algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos como arroz, maíz y papa, entre otros; cultivos permanentes herbáceos, y algunos arbóreos y arbustivos, y plantaciones forestales; 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 yuca, 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 municipios se clasificaron solamente en tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Ningún municipio se clasificó en categoría no apto (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos, cuya variación respondió a factores exógenos. En la tabla 10 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioeconómico.

Tabla 10. Rangos de aptitud para el cultivo de yuca definidos desde el componente socioeconómico

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
	Plantas alimentos balanceados (ABA)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
Infraestructura, bienes y servicios	Centros de servicios	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
	Cobertura de internet móvil	Tecnología, número de antenas/10 km^2	Tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas	Tecnología 3G, < 2 antenas	Sin cobertura
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/ km^2	> 21,1	8,4 - 21,1	< 8,4
	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)	> 9,0	6,7- 9,0	< 6,7
	Arriendo rural	Miles de COP/ha/año	< 400	400 – 900	> 900
	Avalúo catastral rural	Millones de COP/ha	< 3,5	3,5 – 12,0	> 12,0 y predios en propiedad horizontal (pH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.

	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.
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones y gremio		Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	Agrosavia		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
	ICA		Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
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
Indicadores económicos	Créditos otorgados		Millones de COP	> 411.240	< 411.240	Sin créditos otorgados
	Seguros agropecuarios		Municipios	Con cobertura de seguro agrícola	Sin cobertura de seguro agrícola	–
	Valor agregado agrícola municipal		Participación (%)	> 71,6	42,3 - 71,6	< 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	–
Condiciones de vida	Salud	Barreras de acceso a servicios de salud	% de hogares con privaciones	3,3	13,5	6,6
		Sin aseguramiento en salud	% de hogares con privaciones	12,7	13,4	33,0

Condiciones de vida	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
	Condiciones educativas del hogar	Analfabetismo	% de hogares con privaciones	12,2	18,5	33,7
		Bajo logro educativo	% de hogares con privaciones	59,8	81,6	82,9

Fuente: elaboración propia.

3.4. Restricciones legales 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 ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas. Es decir, las áreas bajo condicionantes legales podrán ser reclasificadas 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 11 presenta las restricciones legales para el cultivo comercial de yuca destinado al consumo directo y uso industrial en el mercado nacional.

Tabla 11. Restricciones legales

Variable	Áreas de restricción
Ecosistemas estratégicos (páramos)	**Páramos**: 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 (L 1450/2011, art. 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 MinAmbiente n.° 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 UPRA, la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades adscritas y vinculadas.

Variable	Áreas de restricción
Áreas protegidas	**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. Este 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. 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 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). • 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).

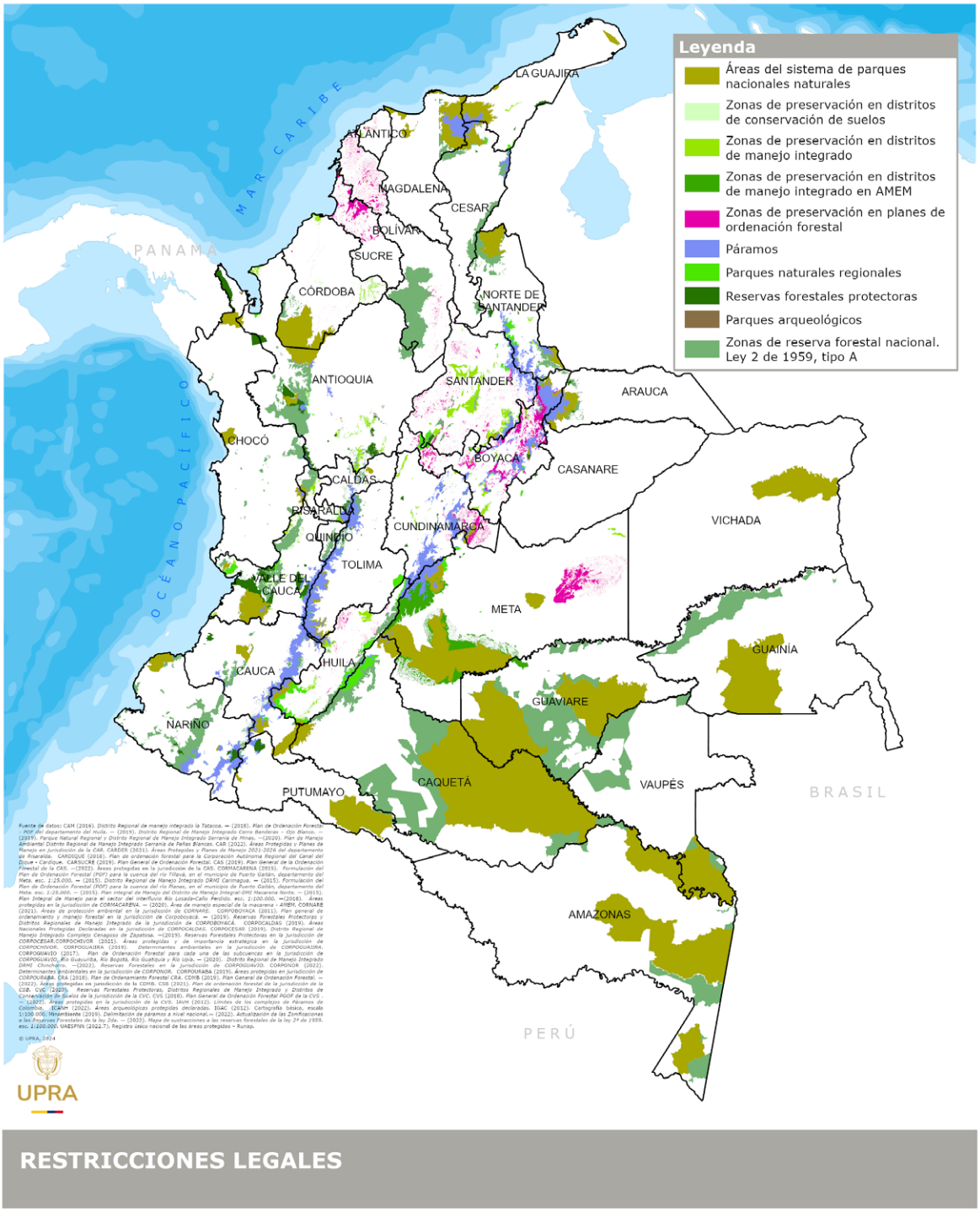
Variable	Áreas de restricción
Áreas protegidas	**Distritos de manejo integrado (DMI):** • Cuchilla de Bellavista; Laguna de San Diego (Corporación Autónoma Regional de Caldas – Corpocaldas). • Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio 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 (D 1989/1989), 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 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).
Planes de ordenación forestal	Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las 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 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 CAR 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.

Variable	Áreas de restricción
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, 2019) 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 (MinCultura D 833/2002, art. 01 numeral 10).
Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959, 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, 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 MinAmbiente adopta la zonificación y ordenamiento de las ZRFN, mediante los siguientes mandatos: • Resolución n.° 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959. • Resolución n.° 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. • Resolución n.° 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959. • Resolución n.° 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila. • Resolución n.° 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959. • Resolución n.° 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959. • Resolución n.° 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. • Resolución n.° 1277 de 2014, 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

Fuente: elaboración propia.

La figura 11 corresponde al mapa de restricciones legales para el cultivo comercial de yuca.

Figura 11. Mapa de restricciones legales



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 se presentan los condicionantes legales definidos para la presente zonificación de aptitud.

Tabla 12. 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 DRMI y 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) • 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 (D 1989/1989), 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.

Áreas protegidas	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 incluyen 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 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 (D 2372/2010). 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 MinAmbiente, 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.

	Según el Decreto 1076 de 2015, el POF se define como un documento desarrollado por las 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.
Planes de ordenación forestal	Actualmente, el Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las CAR 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 macro unidades 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. Estas 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 (MinAmbiente, 2007). 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

Ecosistemas estratégicos	**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 (Res. 1602/ 1995, MinAmbiente. 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 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 (Res. 1602/1995 MinAmbiente).
	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 el *Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía* en el 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.
Distinciones internacionales	Agrupa 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, 1971). 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 MinAmbiente 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.

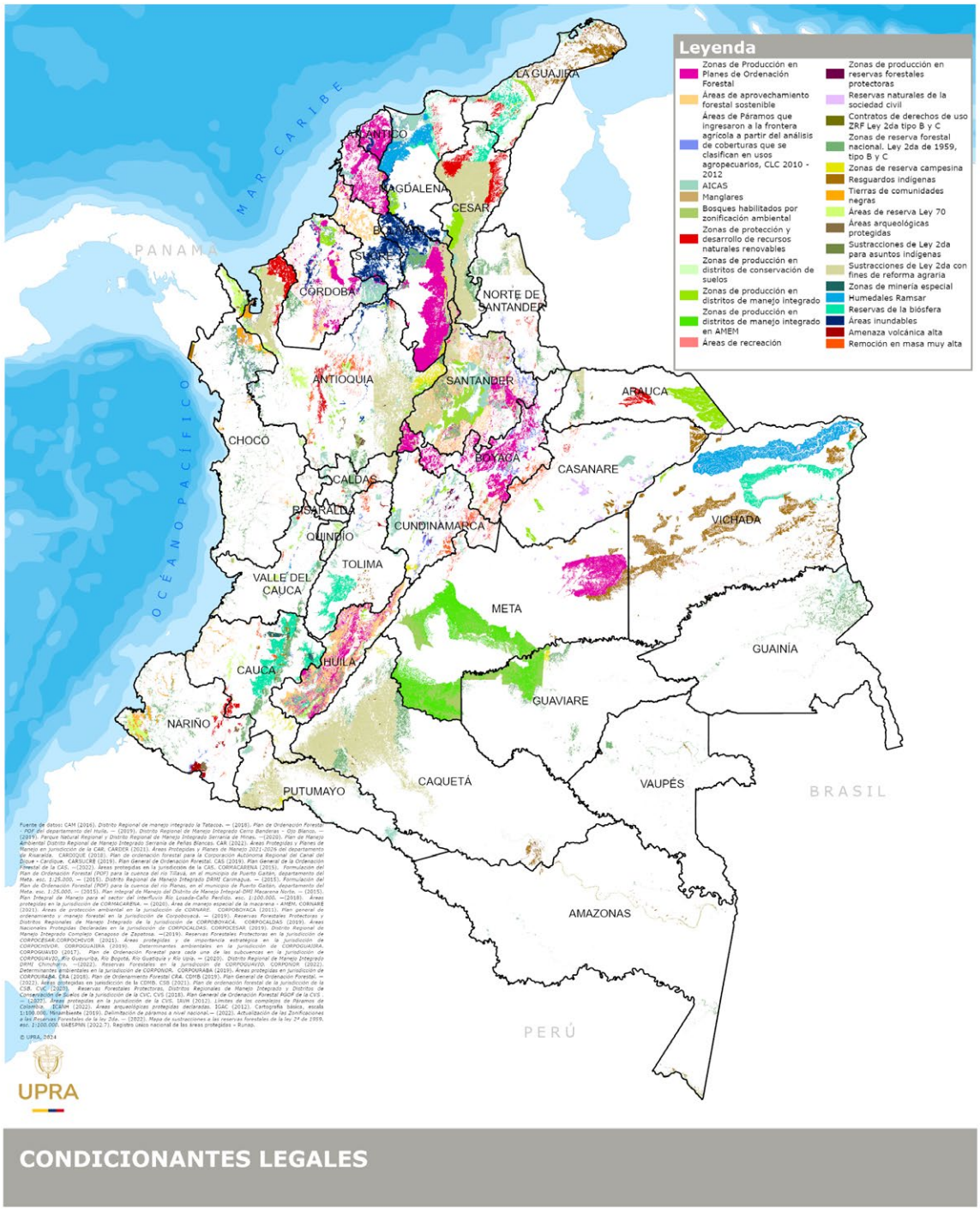
	Áreas de importancia para la conservación de las aves silvestre y la biodiversidad (AICAS): son identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por el BirdLife Internacional, 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 (L 70/1993). **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 (L 160/1994). 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 estos en las instancias de planificación; las decisiones regionales y las características de las modalidades de producción. **Áreas de 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 (D 2164/1995). 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 (AAP):** 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 (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 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 (L 685/2001, modificada por el D 019/2012). 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 MinAgricultura 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.
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:** 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 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:** 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 (MinAmbiente, Res. 1922/ 2013) que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central. **Zona tipo C:** por sus características biofísicas ofrecen condiciones para desarrollar actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal. Esas deben incorporar el componente forestal y no implicar la reducción de las áreas de bosque natural presentes en los diferentes estados sucesionales (MinAmbiente, Res. 1922/2013) 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 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.

Los condicionantes legales de la zonificación de aptitud para el cultivo de comercial de yuca se representan en la figura 12.

Figura 12. Mapa de 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 yuca.

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, 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 13).

Tabla 13. 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: elaboración propia.

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 14 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 14. 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

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 15 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca para los componentes físicos y socioecosistémicos (integrado biofísico). Por su parte, la tabla 16 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico (integrado socioeconómico). En las dos matrices se muestran los pesos relativos de cada criterio que resultan del análisis a través del software *PriEsT*.

Tabla 15. Matriz de evaluación multicriterio biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca

CRITERIO	Infraestructura productiva	Infraestructura, bienes y servicios	Disponibilidad de mano de obra	Dinámica del mercado de tierras	Asociatividad e Institucionalidad	Seguridad ciudadana	Indicadores económicos	Condiciones de vida	% de pesos ponderados
Infraestructura productiva	1								37,4
Infraestructura, bienes y servicios	1/5	1							25,0
Disponibilidad de mano de obra	1/5	1/5	1						15,5
Dinámica del mercado de tierras	1/5	1/5	1/5	1					9,6
Asociatividad e institucionalidad	1/7	1/7	1/5	1/5	1				5,7
Seguridad ciudadana	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1			3,3
Indicadores económicos	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1		2,1
Condiciones de vida	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/3	1	1,4

Fuente: elaboración propia.

La tabla 17 muestra la matriz de paso mediante la cual se cruzan los criterios físico-socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación del mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca destinada al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional, escala 1:100.000.

Tabla 17. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca

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

Fuente: UPRA (2019).

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 la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca.

$$S = \sum W_i * X_i$$

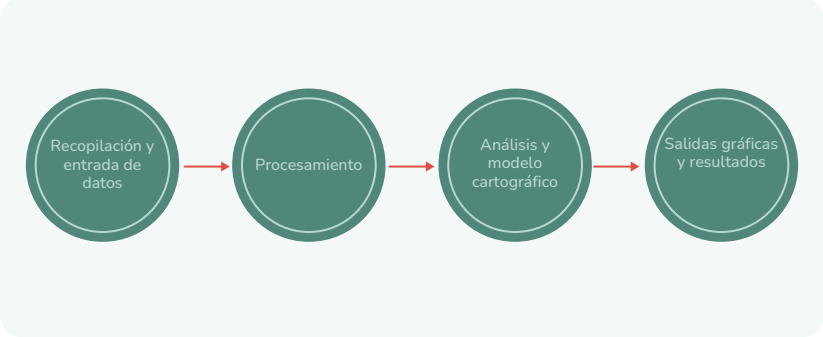
Donde:
S = mapa con categorías de aptitud
W_i = peso del criterio i
X_i = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud).

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.

En el proceso de zonificación de aptitud esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención de los mapas de aptitud del cultivo de yuca. Los pasos empleados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (OTIC) de la UPRA se presentan en la figura 13.

Figura 13. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación 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 datos.

- **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 para la zonificación.

- **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.

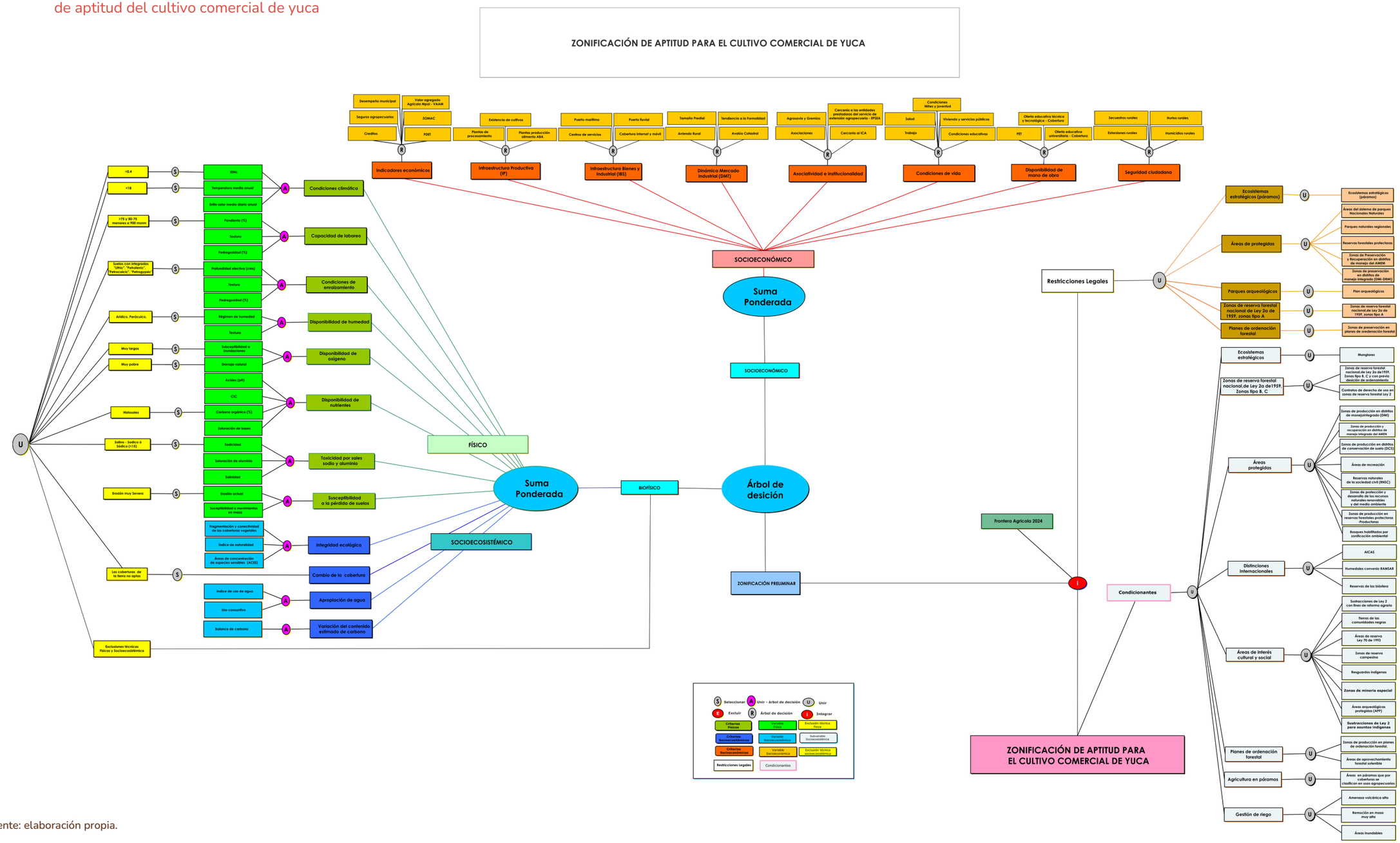
Esta etapa del proceso también abarcó el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas a nivel de variable y criterio generados por cada componente, la integración de estas capas 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 zonificación de aptitud.

- **Salidas gráficas y resultados:** consiste en la presentación, a manera de mapas y estadísticas por departamento y municipio, de las zonas aptas y no aptas para el cultivo comercial de yuca en Colombia. Estas salidas fueron soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

En la figura 14 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca.

Figura 14. Modelo cartográfico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de yuca



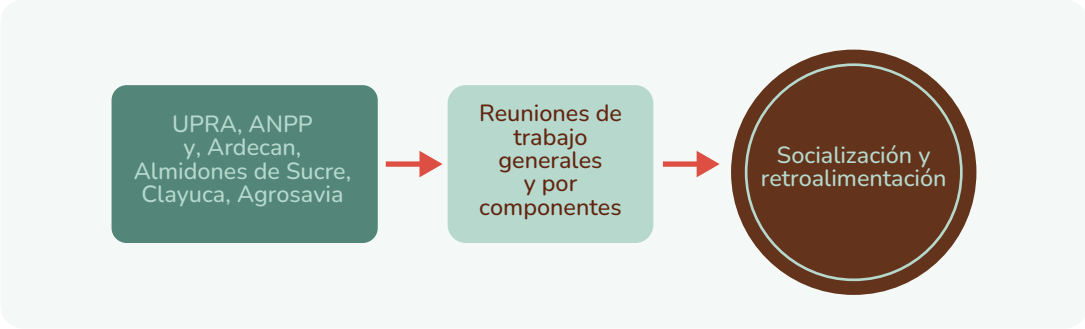
Fuente: elaboración propia.

Cultivo comercial de yuca
Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000

3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas

El proceso de validación de la zonificación de aptitud para la producción comercial de yuca se llevó a cabo desde su inicio, y en cada una de sus etapas, de manera conjunta con el gremio, buscando la participación de cada uno de los actores de la cadena productiva que representa. Para esto se utilizó la estrategia que se presenta en la figura 15, con la cual se logró la retroalimentación de productores, técnicos, instituciones, comercializadores y entes territoriales, entre otros, en las distintas zonas productivas del país y en aquellas que tienen potencial para serlo.

Figura 15. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud



Fuente: elaboración propia.

3.7.1. Socialización de la metodología de zonificación de aptitud

Para la presentación de la metodología y para discutir el TUT, los criterios, las variables y los rangos de aptitud, se realizaron diversas jornadas de trabajo con representantes del gremio y organizaciones de productores. Asimismo, se realizó una socialización preliminar de criterios y variables de los componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico con diversos actores de la cadena productiva. La tabla 18 resume lo llevado a cabo en esta esta etapa.

Tabla 18. Socializaciones y visitas a campo de la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca

Socializaciones y recorridos de campo (julio y noviembre de 2023)	
Asociación gremial regional para el desarrollo campesino nortecaucano (Ardecan), Agrosavia, Asociación nacional de productores y procesadores de yuca (Anppy) y Agrollanos S.A.S.	
Municipio de Calarcá (departamento de Quindío). Socialización de la zonificación de aptitud en cultivo comercial de yuca con agricultores de Calarcá.	
Municipio de Moniquirá (departamento de Boyacá). Representantes de la Asociación de Productores Agropecuarios de Moniquirá y Bajo Ricaurte.	
Municipio de San Onofre (departamento de Sucre). Socialización de la zonificación de aptitud, cultivo comercial de yuca, predio de 200 ha.	

Municipio de Corozal (Sucre). Asociación Nacional de Productores y Procesadores de Yuca	
Municipio de Palmira (departamento de Valle del Cauca). Instalaciones del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).	
Municipio de Santander de Quilichao (departamento de Cauca). Asociación Gremial Regional para el Desarrollo Campesino Nortecaucano (Ardecan)	
Municipio de Caldono (departamento de Cauca). Instalaciones planta de transformación de yuca Todoyuca en Caldono.	

Municipio de Altamira (departamento de Huila). Asociación de Campesinos del Sur del Huila.	
Municipio de El Pital (departamento del Huila). Visita a predios de agricultores del municipio con cultivos de yuca asociados.	
Municipio de Saravena (departamento de Arauca). Asociación de Transformadores de Yuca de Arauca.	

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 con la participación de Ardecan, Agrosavia, Fenyucol, Anppy, CIAT, Agrollanos y Clayuca.

Con base en los resultados de las reuniones y de los recorridos a cultivos comerciales de yuca, se realizaron ajustes de rangos y se obtuvieron los mapas correspondientes a criterios y

variables, los mapas intermedios biofísico y socioeconómico, así como el mapa integrado, los cuales fueron presentados en dos de las principales zonas productoras: Llanos orientales y Costa caribe (tabla 19).

Tabla 19. Validación de mapas integrados para la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca

Validación de mapas (noviembre 2023)	
Municipio de Carmen de Bolívar (departamento de Córdoba). Visita a cultivos de yuca asociados.	
Municipio de Sincelejo (departamento de Sucre). Instalaciones de Almidones de Sucre. Socialización de resultados preliminares de la zonificación nacional de yuca.	
Municipio de Granada (departamento de Meta). Visita a cultivos de yuca en el recorrido San martín, Granada, San Juan de Arama, Vistahermosa, Fuente de Oro.	
Municipio de Fortul (departamento de Arauca). Visita a cultivos de agricultores del municipio.	

Fuente: elaboración propia.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial dirigido al mercado nacional, escala 1:100.000.

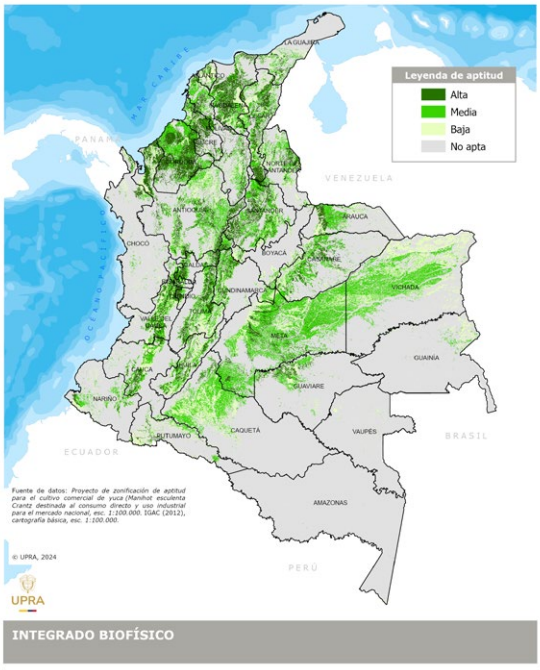
Se presentan los mapas intermedios biofísico (físico y socioecosistémico) y socioeconómico, y el mapa integrado generalizado a escala general. Igualmente, se relacionan los principales resultados de las áreas por categorías: aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) y por aptitud total,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

El mapa biofísico que integra los criterios físicos y socioecosistémicos, muestra una mayor área de la mejor aptitud en cuatro diferentes zonas: la Caribe, en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Magdalena; en el occidente del país desde Cauca hasta los departamentos del Eje Cafetero; en el valle interandino del río Magdalena; y en la Orinoquia, principalmente en el departamento del Meta.

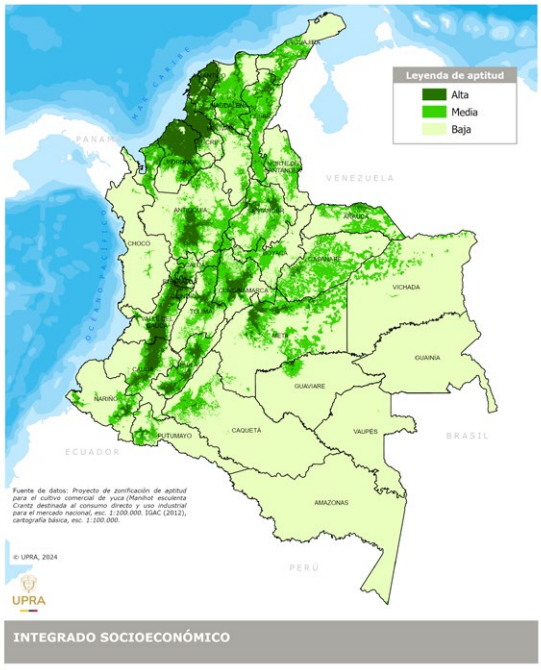
Por su parte, el mapa socioeconómico destaca una mayor aptitud alta (A1) principalmente en los departamentos del Córdoba, Sucre, norte de Bolívar y Atlántico, y en el valle interandino del río Cauca; se destacan también las zonas con aptitud baja (A3) y aptitud media (A2) en la Amazonia y en el Andén 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 de yuca (figura 16).

Figura 16. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de yuca en Colombia, escala 1:100.000

Mapa Biofísico



Mapa socioeconómico



Fuente: elaboración propia.

El mapa de la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca mostró que Colombia dispone de 23.251.659 ha aptas para el desarrollo de esta actividad agrícola con fines comerciales, lo cual equivale al 20,4 % del área continental del país, es decir, un 54,1 % de la frontera agrícola nacional. Del total de las áreas aptas, el 29,7 %, corresponde a aptitud alta (A1); el 26,7 %, a aptitud media (A2) y el 43,6 %, a aptitud baja (A3) como se puede ver en la tabla 20 y figura 17.

Tabla 20. Áreas según categorías de aptitud para la producción de yuca en Colombia, escala 1:100.000

Aptitud	Área (ha)	% Nacional	% Frontera agrícola *
Alta (A1)	6.903.828	6,1	16,1
Media (A2)	6.204.247	5,4	14,4
Baja (A3)	10.143.584	8,9	23,6
Total, área apta	23.251.659	20,4	54,1
No apto técnico (N1)	19.693.281	17,3	
Fuera de frontera agrícola	71.130.031	62,4	
Total, territorio nacional	114.074.971	100	

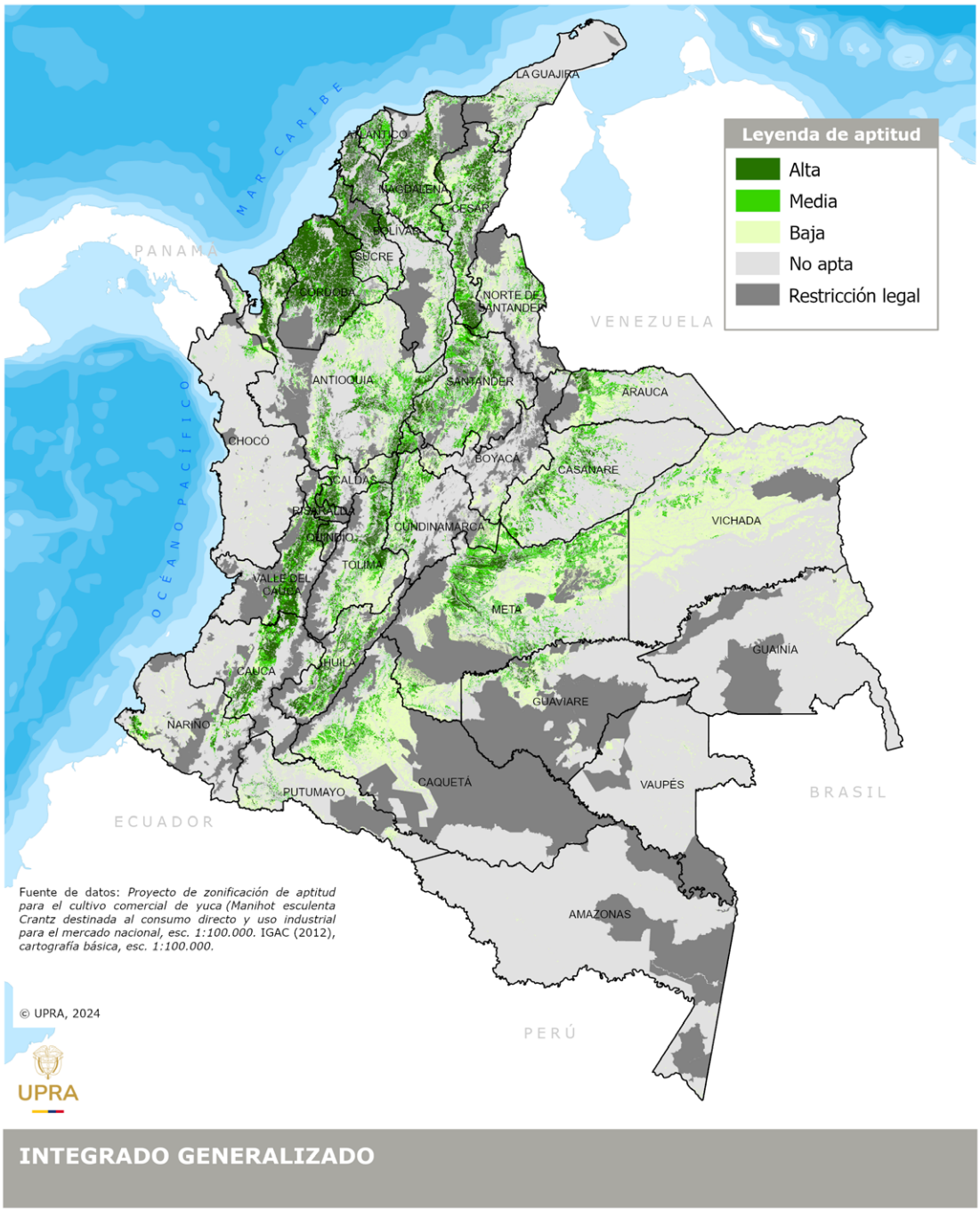
*Frontera agrícola nacional: 42.944.940 ha

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el MinAgricultura (2021), en Colombia existen 218.521 ha sembradas de yuca, es decir, solo un 0,93 % de la superficie potencial con aptitud identificada (23.251.659 ha), 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.

La figura 17 muestra en el mapa integrado general las diferentes zonas de Colombia con las aptitudes para el cultivo de yuca.

Figura 17. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de yuca en Colombia, escala 1:100.000



Fuente: elaboración propia.

La tabla 21 presenta las diferentes aptitudes por categoría para cada uno de los departamentos, ordenados por el total apto de mayor a menor en número de hectáreas potenciales. Los departamentos que mostraron la mayor aptitud total son Meta con 3.436.573 ha, pero de ellas el 54,6 % corresponde a la aptitud más baja (A3); le sigue Vichada con 2.979.024 ha, pero igual que en Meta, el mayor porcentaje de aptitud total corresponde a aptitud baja (A3) con un 93,7 %. Los departamentos de Antioquia con 1.796315 ha, Córdoba con 1.463.411 y Caquetá con 1.358.929 ha completan los primeros cinco departamentos con mayor superficie apta total.

Tabla 21. Departamentos con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha)

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Meta	370. 564	1. 187. 851	1. 878. 158	3. 436. 573
Vichada	2. 388	185. 675	2. 790. 961	2. 979. 024
Antioquia	619. 058	569. 489	607. 767	1. 796. 315
Córdoba	1. 232. 415	184. 330	46. 666	1. 463. 411
Caquetá	24. 383	320. 246	1. 014. 300	1. 358. 929
Santander	413. 569	515. 509	295. 273	1. 224. 352
Cesar	542. 665	307. 290	191. 047	1. 041. 002
Magdalena	617. 105	241. 101	143. 483	1. 001. 688
Casanare	196. 725	410. 394	361. 454	968. 573
Tolima	298. 983	289. 208	336. 307	924 498
Huila	264. 613	248. 343	196. 999	709. 954
Bolívar	382. 704	166. 957	130. 155	679. 816
Cauca	300. 887	194. 299	122. 842	618. 029
Valle del Cauca	416. 739	128. 026	63. 982	608. 747
Cundinamarca	143. 772	226. 928	205. 169	575. 869
Arauca	57. 621	176. 344	286. 805	520. 770
Norte de Santander	68. 545	145. 319	242. 636	456. 500
Sucre	328. 537	68. 670	16. 473	413. 680
Guaviare	64. 264	85. 579	202. 916	352. 760
Boyacá	44. 977	99. 164	188. 930	333. 072
Caldas	159. 771	70. 368	55. 627	285. 765
Putumayo	24. 978	47. 420	211. 900	284. 299
Nariño	44. 843	68. 941	142. 549	256. 333
La Guajira	77. 252	82. 429	88. 785	248. 466
Atlántico	73. 945	99. 497	2. 301	175. 743
Guainía		96	168. 813	168. 909
Chocó	6. 518	41. 080	101. 424	149. 022
Risaralda	72. 796	33. 228	9. 629	115. 654
Quindío	53. 209	10. 177	5. 303	68. 689
Vaupés		149	28. 110	28. 258
Amazonas		139	6. 820	6. 959
San Andrés, Providencia y Santa Catalina				0
Total, general	6. 903. 828	6. 204. 247	10. 143. 584	23. 251. 659

Fuente: elaboración propia.

Los primeros cinco departamentos que presentan la mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca son Córdoba con 1.232.415 ha, Antioquia con 619.058 ha, Magdalena con 617.105 ha, Cesar con 542.665 ha y Valle del Cauca con 416.739 ha (tabla 22).

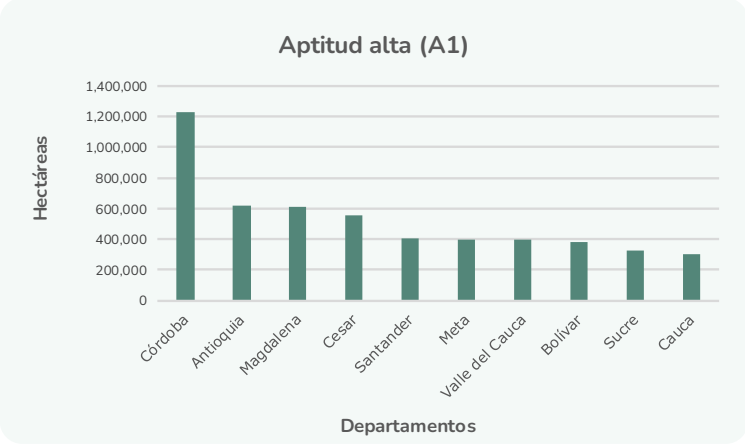
Tabla 22. Departamentos con la aptitud más alta (A1) para el cultivo de yuca en Colombia (ha)

Departamentos	Alta (A1)
Córdoba	1. 232.415
Antioquia	619. 058
Magdalena	617. 105
Cesar	542. 665
Valle del Cauca	416. 739
Santander	413. 569
Bolívar	382. 704
Meta	370. 564
Sucre	328. 537
Cauca	300. 887

Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se muestran los diez departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca.

figura 18. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca en Colombia (ha)



Fuente: elaboración propia.

La aptitud media (A2) está representada en los departamentos de Meta con 1.187.851 ha; Antioquia con 569.489 ha; Santander con 515.509 ha; Casanare con 410.394 ha y Caquetá con 320.246 ha. Les siguen los departamentos de Cesar, Tolima, Huila, Magdalena y Cundinamarca (tabla 23).

Tabla 23. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de yuca en Colombia (ha)

Departamentos	Media (A2)
Meta	1. 187. 851
Antioquia	569. 489
Santander	515. 509
Casanare	410. 394
Caquetá	320. 246
Cesar	307. 290
Tolima	289. 208
Huila	248. 343
Magdalena	241. 101
Cundinamarca	226. 928

Fuente: elaboración propia.

La tabla 24 muestra los municipios que obtuvieron las mayores extensiones por categoría de aptitud total; se destacan los municipios de tres departamentos: en el Vichada, Cumaribo con 1.445.365 ha, La Primavera con 773.578 ha y Puerto Carreño con 435.610 ha. En el departamento del Meta, Puerto Gaitán con 581.133 ha, la Macarena y Puerto López con 341.668 y 208.507 ha respectivamente, y en el departamento de Caquetá, los municipios son San Vicente del Caguán con 249.628 ha y Cartagena del Chairá con 183.584 hectáreas.

Tabla 24. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha)

Municipio	Total, apto
Cumaribo (Vichada)	1. 445. 365
La Primavera (Vichada)	773. 578
Puerto Gaitán (Meta)	581. 133
Puerto Carreño (Vichada)	435. 610
La Macarena (Meta)	341. 668
San Vicente del Caguán (Caquetá)	249. 628
Puerto López (Meta)	208. 507
Cartagena del Chaira (Caquetá)	183. 584
San Martín (Meta)	174. 817
Santa Rosalía (Vichada)	136. 408

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los municipios que presentan la mayor aptitud alta (A1) se encuentran: Montería, departamento de Córdoba, con 218.612 ha; Cimitarra, Santander, con 98.244 ha; Pivijay, Magdalena, con 93.635 ha; Planeta Rica, Córdoba, con 88.914 ha, y el municipio de Puerto López, Meta, con 82.995 ha (tabla 25).

Tabla 25. Municipios con la aptitud alta (A1) para el cultivo de yuca en Colombia (ha)

Municipio	Aptitud alta (A1)
Montería (Córdoba)	218. 612
Cimitarra (Santander)	98. 244
Pivijay (Magdalena)	93. 635
Planeta Rica (Córdoba)	88. 914
Puerto López (Meta)	82. 995
Sahagún (Córdoba)	81. 948
Valledupar (Cesar)	75. 445
Plato (Magdalena)	64. 643
Buenavista (Córdoba)	64. 317
Valencia (Córdoba)	63. 088

Fuente: elaboración propia.

En aptitud media (A2) se destacan los municipios de Puerto Gaitán, departamento de Meta, con 350.113 ha; La Primavera, Vichada, con 129.327 ha; y los municipios de Puerto López con 120.099 ha y Mapiripán, Meta, con 104.483 ha y San Martín con 103.542 ha (tabla 26).

Tabla 26 . Municipios con mayor aptitud media (A2) para el cultivo comercial de yuca en Colombia (ha)

Municipio	Aptitud media (A2)
Puerto Gaitán (Meta)	350. 113
La Primavera (Vichada)	129. 327
Puerto López (Meta)	120. 099
Mapiripán (Meta)	104. 483
San Martín (Meta)	103. 542
La Macarena (Meta)	78. 918
Cimitarra (Santander)	63. 908
San José del Guaviare (Guaviare)	62. 559
Puerto Lleras (Meta)	61. 103
Arauquita (Arauca)	60. 791

Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

Se identificaron 23,2 millones de ha aptas, por tanto, Colombia dispone de suficiente área potencial para el cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinada al consumo directo y para el uso industrial.

Las mejores aptitudes coinciden con áreas de condiciones climáticas apropiadas, especialmente del clima cálido, con buena fertilidad y relieve adecuado para el laboreo, que se presentan en la región Caribe y gran parte de los valles interandinos, así como en el oriente del país, en las tierras influenciadas por el río Ariari.

El uso del agua se identifica como una cualidad de importancia en la definición de la aptitud desde el punto de vista de prestación de bienes y servicios ecosistémicos. Esta condición se presenta principalmente en Santander, sur del Cesar, Magdalena, oriente de Córdoba, Meta, Casanare y Arauca, áreas en las cuales no se interfiere con la sostenibilidad hídrica de las subzonas hidrográficas involucradas.

El establecimiento del cultivo comercial de yuca no generaría conflictos con la integridad ecológica en algunas zonas del Caribe, Santander, Eje Cafetero, Valle del Cauca, Cauca, Huila, Tolima, Meta, Casanare y Arauca, áreas que están dentro de la frontera agrícola del país.

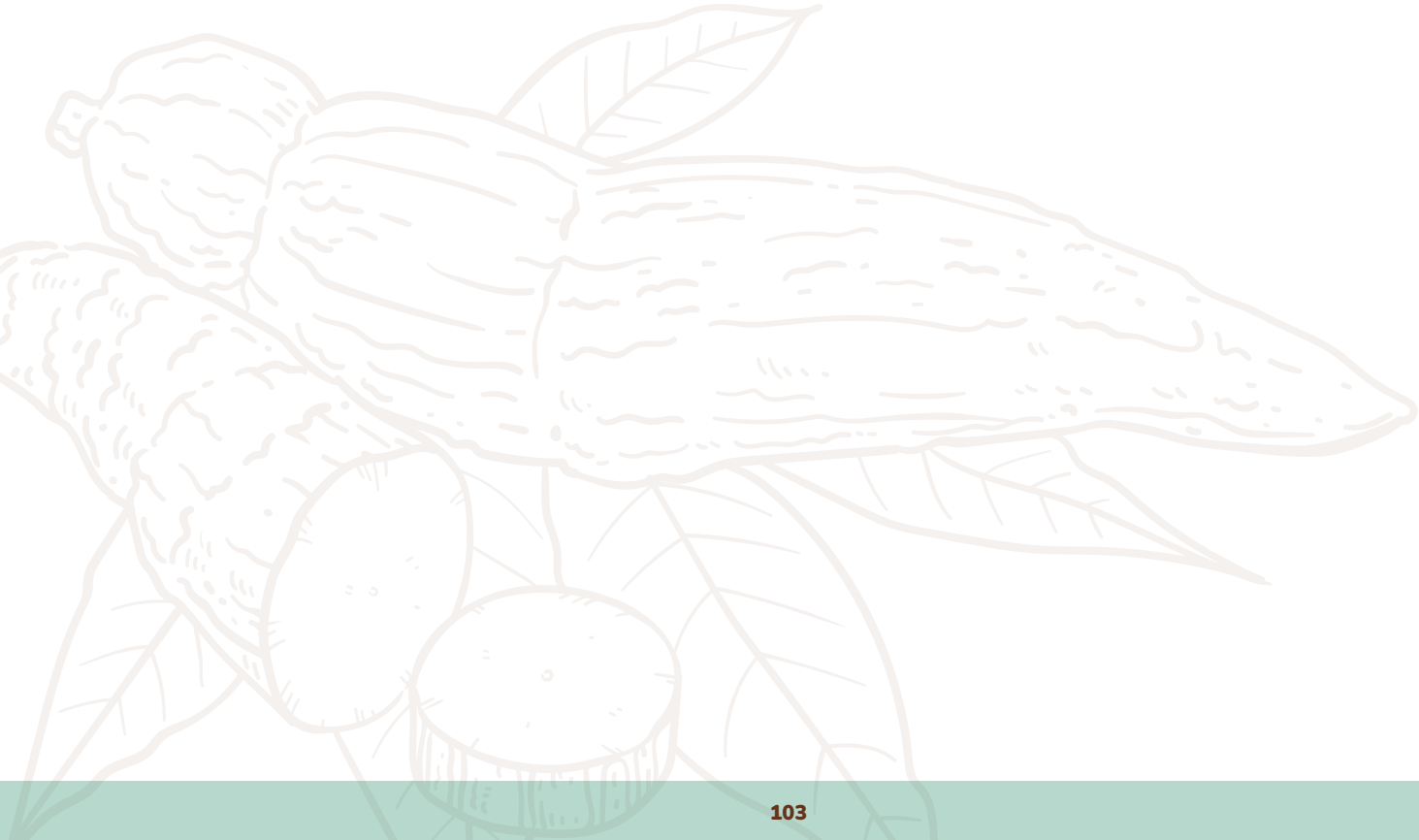
El cultivo de yuca es adaptable a las diferentes condiciones biofísicas del país, inclusive en la Orinoquia, donde se presentan limitantes importantes desde el punto de vista edáfico para otras actividades agrícolas. De esta manera, la yuca se convierte en una alternativa productiva para esta región.

Las áreas definidas con mejor aptitud para la producción comercial de yuca corresponden a zonas con infraestructura productiva, que incluye la existencia de cultivos, las plantas de extracción de almidón y las plantas de alimentos balanceados, como sucede en la región Caribe y en el occidente colombiano (Cauca y Valle del Cauca). Asimismo, las zonas cercanas a las centrales de comercialización se muestran con mayor aptitud.

Las zonas de mejores aptitudes para la producción comercial de yuca como la costa Caribe, valles interandinos y Eje Cafetero, disponen de mano de obra de acuerdo con sus necesidades, en contraste con las zonas de aptitud baja, donde hay menor oferta.

La alta adaptabilidad del cultivo de yuca le permite acceder a un amplio mercado de tierras a diferencia de otros cultivos; sin embargo, en el occidente y centro del país se presentan dificultades por los tamaños prediales reducidos y altos costos de la tierra.

La presencia de asociaciones de productores facilita el desarrollo y soporte de la cadena productiva dentro de las zonas de mejor aptitud para la producción comercial de yuca, se encuentran principalmente en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Magdalena, Cesar y Cauca.



6. Referencias

Agrosavia. (2022). Manual de manejo de yuca industrial en el caribe colombiano. (J. E. Beltrán, Ed.) Monteria, Colombia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/305/286/1761-1

Agrosavia. (2023). Aportes y perspectivas del mejoramiento genético de yuca para el fortalecimiento de su red de valor en Colombia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/315/308/1875-1

Aguilar E. (2016). El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Costa Rica. San Jose, Costa Rica. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2999/BVE17068917e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aguilera M. (Enero de 2012). La yuca en el caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial. Documentos de trabajo sobre economía regional, 64. (B. d. República, Ed.) Cartagena, Colombia. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_158.pdf

Almidones de Sucre. (2021). Almidón de yuca natural. almidonesdesucre.com.co. https://almidonesdesucre.com.co/productos/almidon-de-yuca-natural

Alzate, L. (2011). Análisis de la deforestación en Colombia desde la Curva Ambiental de Kuznets. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. https://https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82257/1015475534.2022.pdf?sequence=2&isAllowed=y

ANT. (2018). Consejos Comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos. Bogotá.

ART. (2020). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial. Bogotá.

Bautista, D. y Chavarro, C. (2016). Zonificación del cultivo de yuca en el Departamento del Tolima, Colombia. En SELPER, Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible (1 ed., págs. 809 -822). Lujan, Argentina. https://www.researchgate.net/publication/314665515_ZONIFICACION_DEL_CULTIVO_DE_YUCA_EN_EL_DEPARTAMENTO_DEL_TOLIMA-COLOMBIA

Bolaños, M., Silva, E., Castelblanco, L., Bautista, L., Cruz, S., y Peña, A. (2020). *Manihot esculenta* Crantz: Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá: CTA.

Cadavid, L. (2006). www.ciat.com. http://ciat library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/6646/1/aspectos_tecnologicos_ produccion_yuca.pdf

Cardona, L., Betancourt, M., Rodriguez, G., Patiño, A., Palacios, S., Garcia, B. y Bedoya, C. (2017). Proyecto fortalecimiento del sector agropecuario y agroindustrial mediante la innovación ciencia y tecnología en el departamento de Risaralda. Santa Rosa de Cabal.

Ceballos, H. y De la Cruz, G. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En CIAT, La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. (págs. 17-33). Cali.

CIAT - FAO. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del moko y la sigatoka negra en Latinoamérica y el Caribe. Cali, Colombia.

CIDH. (2009). Informe sobre segirudad ciudadana y derechos humanos. Washington D.C. https://www.corteidh.or.cr/tablas/30864.pdf

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

CNCA. (2023). Resolución 006. Bogotá, Colombia: Comisión Nacional de Crédito Agropecuario. Obtenido de https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca

Correa, A. (2009). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. Revista Pérez – Arbelaezia(19), 115-139.

DANE. (2018). Censo nacional de población y vivienda. Medida de pobreza multidimensional. Bogotá.

Di Gregorio, A. (2005). Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra – Conceptos de clasificación y manual para el usuario. Roma, Italia.

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

DNP. (2021). Indicador de desempeño municipal MDM 2020. Bogotá.

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

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

FAO. (1976). http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/

FAO. (1976). A frame work for land evaluation (Vol. 32). Roma. http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e00.htm

FAO. (1985). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de regadío.

FAO. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Soils Bulletin(58). Roma, Italia.

FAO. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Roma, Italia. https://www.fao.org/3/W0073S/w0073s00.htm#Contents

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

FAO. (2007). Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca. Roma, Italia: FAO. https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf

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

FAO. (2020). Mecanización agrícola sostenible. <http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/.>

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.

Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos (2 ed.). Bogotá: Igac.

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

Hernández, L. (2014). es.slideshare.net. http://es.slideshare.net/libardoeflorez/

Icanh. (2019). Parques Arqueologicos. Instituto colombiano de antropologia e historia. Bogotá.

Ideam. (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, Colombia.

Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra: Metodología Corine Land Cover adaptada para colombia escala 1:100.000. Bogotá.

Ideam. (2015). Degradación de suelos por erosión. Bogotá.

Ideam. (2017). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000. Bogotá.

INMLCF. (2013). Comportamiento del Homicidio en Colombia. Bogotá.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en tecnología agropecuaria. (2017). Manual del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). San Jose, Costa Rica. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf

INTA. (2004). Guía MIP del cultivo de la yuca. 1, 48. Managua, Nicaragua. https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10N583.pdf

Jackson, M. (1958). Soil chemical analysis. Englewood cliffs, NJ: Prentyce hall.

Ley 1876. (2017).Congreso de la República de Colombia. Por medio de la cual se crea el sistema nacional de innovación agropecuaria y se dictan otras disposiciones. Bogotá.

Ley 599. (2000). Congreso de la república de Colombia. Por la cual se expide el código penal. Bogotá.

Ley 906. (2004). Congreso de la república de Colombia. Código de procedimiento penal. Bogotá.

Ley 811. (2003). MinAmbiente. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-811-2003.pdf

Ley 599. (2000). Congreso de la República de Colombia. Artículos 239 y 240. Bogotá.

MacArthur, R., & Wilson, E. (1967). La teoría de la biogeografía de la isla. Princeton. Presión de la universidad de Princeton. New Jersey.

Malagón, D. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC.

Malagón, D., y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC.

MinAgricultura. (2018). Resolución 261. https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf

MinAgricultura. (2011). Resolución 0070. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral, y la conservación catastral. Bogotá.

MinAgricultura.(2017). Resolución 128. 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. Bogotá.

MinAgricultura. (2021). Cifras Sectoriales Cadena Productiva de la Yuca. https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20yuca.pdf

MinHacienda. (2017). Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios zomac. Bogotá.
Naturalista. (2023). doi:https://colombia.inaturalist.org/taxa/165138-Manihot-esculenta

OMM y Unesco. (2012). Glosario hidrológico internacional. Ginebra: VMO.

Ortiz - Lozano, y Granados - Barba. (2009). Ecosystemic zonification as a magnagement tool for marine protected areas in the coastal zone. Applications for the sistem arrecifal veracruzano. Mexico: Ocean & Coastal management, vol 52: 317-323.

Ospina, B., Ceballos, H., Alvarez, E., Belloti, A., Calvert, L., Arias, B. y Cadavid, L. (2002). La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Colombia.

Porter, M. (1980). Competitive Strategy:Techniques for Analyzing Industries and Competitors. Nueva York: Free Press.

Porter, M. (1985). The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Nueva York: Free Press.

Real Academia Española. (2023). Diccionario de la Lengua Española. Madrid, España. https://dle.rae.es/tapioca

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.

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

SEI. (2021). La red de valor en la yuca y su potencial en la bioeconomia. https://www.sei.org/wp-content/uploads/2021/05/workingpaperyucabioeconomia-canalestrujillo-mayo21.pdf

SENA. (2019). Gestión de vertimientos líquidos de la industria del almidón de yuca en Santander de Quilichao. Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación, 4, 44-56. Palmira, Colombia. https://doi.org/10.23850/23899573.2091

SGC. (2016). Amenaza de movimientos en masa. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Siraj, S., Mikhailov, L. y Keane, J. (2015). PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. International Transactions in Operational Research, 22 (2). pp. 217-235. https://doi.org/10.1111/itor.12054

Soil Science Society of America. (2018). Glossary of Soils Science Terms. https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1

Soil Survey Staff. (2022). Keys to Soil Taxonomy. (U. N. Service., Ed.)

Suarez, L., y Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. Cultivos tropicales, 32(3), 27-35. http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v32n3/ctr04311.pdf.

Tischendorf, L., y Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? En Landscape Ecology (Vol. 15).

TradeMap. (2023). TradeMap. 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.

UPRA. (2014). Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales a escala semidetallada 1:25.000. Bogotá.

UPRA. (2015). Mercado de Tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. Bogotá.

UPRA. (2017). Lineamientos para la implementación de la estrategia de ordenamiento territorial agropecuario. Bogotá: UPRA.

UPRA. (2019). Metodología de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a escala general. Bogotá.

USDA. (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook. EUA.

USDA. (2017). Soil sourvey manual. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

Van Wambeke, A., & Forbes, T. (1987). Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. Monogrfía técnica(15), 44-46. EUA.

Velez, L., y Gomez, S. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. Arbor CLXXXIV(729), 31-44.

7. Fichas metodológicas de criterios y variables

Tabla de contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico.....116

1.1. Criterio condiciones climáticas 116
1.1.1. Variable temperatura media anual 119
1.1.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) 122
1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual 126

1.2. Criterio condiciones de enraizamiento 129
1.2.1. Variable profundidad efectiva 133
1.2.2. Variable textura 136
1.2.3. Variable pedregosidad 139

1.3. Criterio capacidad de laboreo 141
1.3.1. Variable pendiente 144
1.3.2. Variable textura 147
1.3.3. Variable pedregosidad 151

1.4. Criterio disponibilidad de nutrientes 154
1.4.1. Variable acidez (pH) 159
1.4.2. Variable saturación de bases 163
1.4.3. Variable carbono orgánico 166
1.4.4. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) 169

1.5. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio 172
1.5.1. Variable salinidad y sodicidad 176
1.5.2. Variable saturación de aluminio 180

1.6. Criterio disponibilidad de oxígeno 184
1.6.1. Variable susceptibilidad a inundaciones 187
1.6.2. Variable drenaje natural 190

1.7. Criterio disponibilidad de humedad 193
1.7.1.Variable régimen de humedad 196
1.7.2. Variable textura 200

1.8. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos 204

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico 210

2.1. Criterio apropiación de agua 210
2.1.1. Variable diferencia de uso consuntivo 215
2.1.2. Variable diferencia de uso del agua.....220

2.2. Criterio integridad ecológica 225
2.2.1. Variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN).....232
2.2.2. Variable índice de naturalidad (INAT) 244
2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) 247

2.3. Criterio variación del contenido estimado de carbono 256

2.4. Criterio cambio de cobertura..... 262

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico 270

3.1. Criterio infraestructura productiva 270
3.1.1. Variable existencia de cultivos.....273
3.1.2. Variable plantas de procesamiento.....277
3.1.3. Variable plantas de alimentos balanceados (ABA).....280

3.2 Criterio infraestructura, bienes y servicios 283
3.2.1. Variable centros de servicios 287
3.2.2. Variable puertos marítimos 290
3.2.3. Variable puertos fluviales 293
3.2.4. Variable cobertura de internet móvil 296

3.3. Criterio disponibilidad de mano de obra 302
3.3.1. Variable densidad de la población rural en edad de trabajar (PET).....306
3.3.2. Variable oferta educativa técnica y tecnológica 312
3.3.3. Variable oferta educativa universitaria.....317

3.4. Criterio dinámica del mercado de tierras 322
3.4.1. Variable tamaño predial rural 327
3.4.2. Variable arriendo rural 331
3.4.3. Variable avalúo catastral rural 336
3.4.4. Variable tendencia a la formalidad 342

3.5. Criterio asociatividad e institucionalidad 349
3.5.1. Variable asociaciones y gremio 352
3.5.2. Variable Agrosavia 355
3.5.3. Variable entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA) 358
3.5.4. Variable ICA 361

3.6. Criterio seguridad ciudadana 364
3.6.1. Variable extorsiones rurales 368
3.6.2. Variable homicidios rurales 372
3.6.3 Variable secuestros rurales 376
3.6.4. Variable hurtos rurales 380

3.7. Criterio indicadores económicos 384
3.7.1. Variable créditos otorgados 389
3.7.2. Variable seguros agropecuarios 393
3.7.3. Variable valor agregado agrícola municipal 396
3.7.4. Variable desempeño municipal 403
3.7.5. Variable zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC) 412
3.7.6. Variable planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET) 415

3.8. Criterio condiciones de vida 418
3.8.1. Variable salud 423

3.8.2. Variable trabajo 428

3.8.3. Variable condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos 433

3.8.4. Variable condiciones de la niñez y la juventud 439

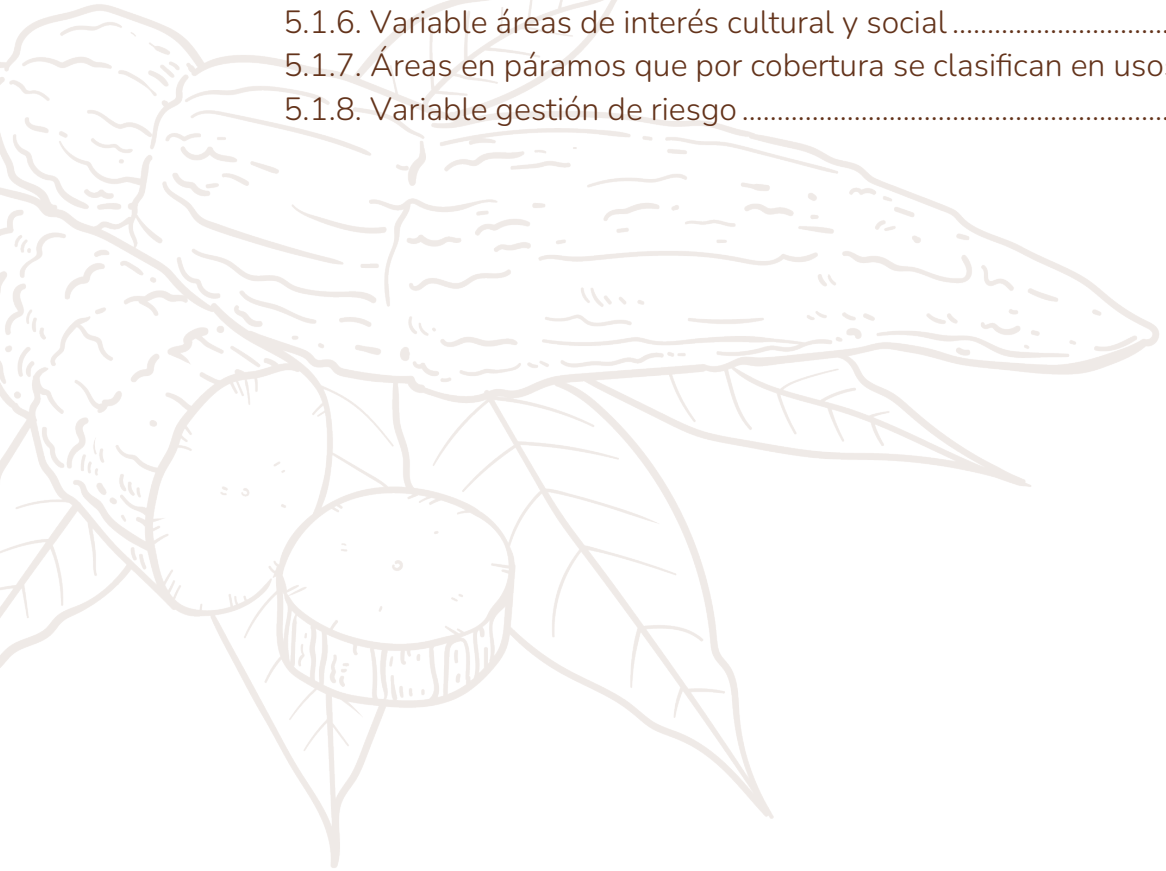
3.8.5. Variable condiciones educativas del hogar 444

4. Fichas metodológicas restricciones legales 449

4.1. Criterio restricciones legales 449
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos 458
4.1.2. Variable áreas protegidas 461
4.1.3. Variable planes de ordenación forestal 465
4.1.4. Variable parques arqueológicos 468
4.1.5. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A 471

5.Fichas metodológicas de condicionantes legales..... ... 474

5.1. Criterio condicionantes legales 474
5.1.1 Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical) 479
5.1.2. Variable áreas protegidas 483
5.1.3. Variable planes de ordenación forestal 489
5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C 493
5.1.5. Variable distinciones internacionales 497
5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social 501
5.1.7. Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios. 508
5.1.8. Variable gestión de riesgo 511



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 yuca (Manihot esculenta Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE: climático**	
CRITERIO ASOCIADO: condiciones climáticas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**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, y que afectan directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976; UPRA, 2013).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Inciden directamente en la fisiología de las variedades de yuca, afectando la tasa fotosintética, respiración, actividad enzimática, nutrición mineral, absorción y transporte del agua y el metabolismo del nitrógeno; entre otros, los cuales condicionan la posibilidad del establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción de la planta (Campos, 2005 y Doorembos y Kassam, 1979).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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 para la yuca 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.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los polígonos de los distritos de adecuación de tierras que califican aptitud en zonas donde existe la posibilidad de suplementar riego.

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:

Árbol de decisión

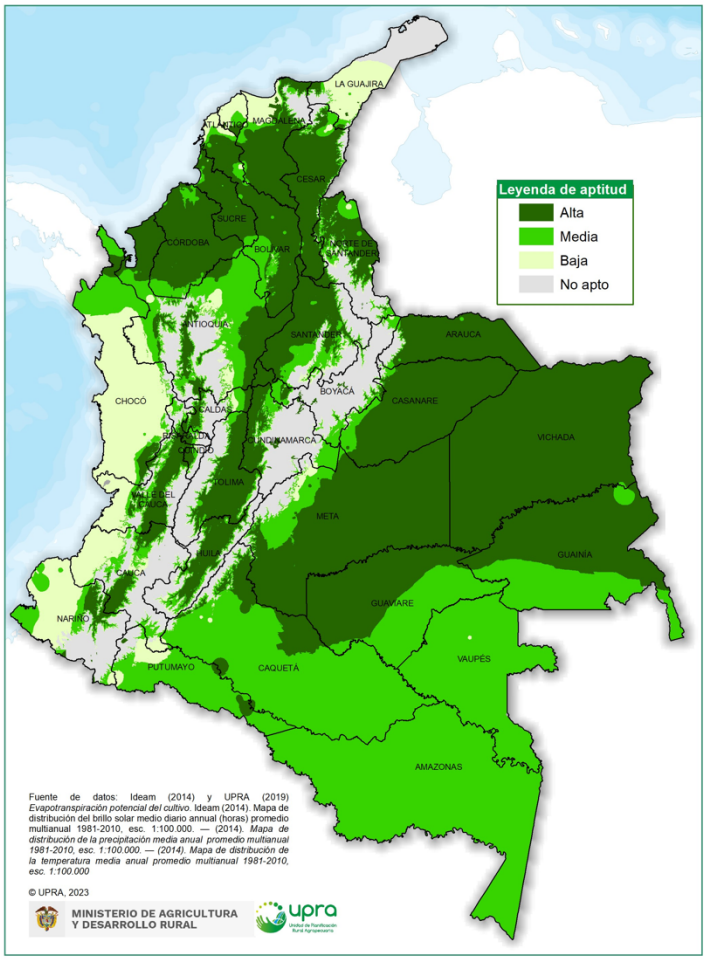
Temperatura media anual (°C)	Ajuste IDHc	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A3
		A3	A3
A3	A1	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3
		A2	A3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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf
- Doorembos J. y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N°33. FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor & FAO, Producer. 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*. Ideam.
- Ideam. (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- Ideam. (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*.UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



1.1.1. Variable temperatura media anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** climático	
CRITERIO ASOCIADO: condiciones climáticas		
VARIABLE: temperatura media anual	**UNIDAD DE MEDIDA:** grados centígrados (°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 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).

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 un rango de temperatura, dentro del cual se encuentra el valor óptimo. Los efectos acumulativos de la temperatura tienen directa incidencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo de yuca.

Para la zonificación 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

Se estableció como valor de exclusión técnica (N1), menos de 18 °C para el cultivo de yuca.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La base de datos de la variable utilizada para el cálculo en todo el territorio nacional solamente cubre hasta el 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 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los valores asignados para la construcción de los rangos de temperatura se realizaron según los requerimientos térmicos del cultivo de yuca.

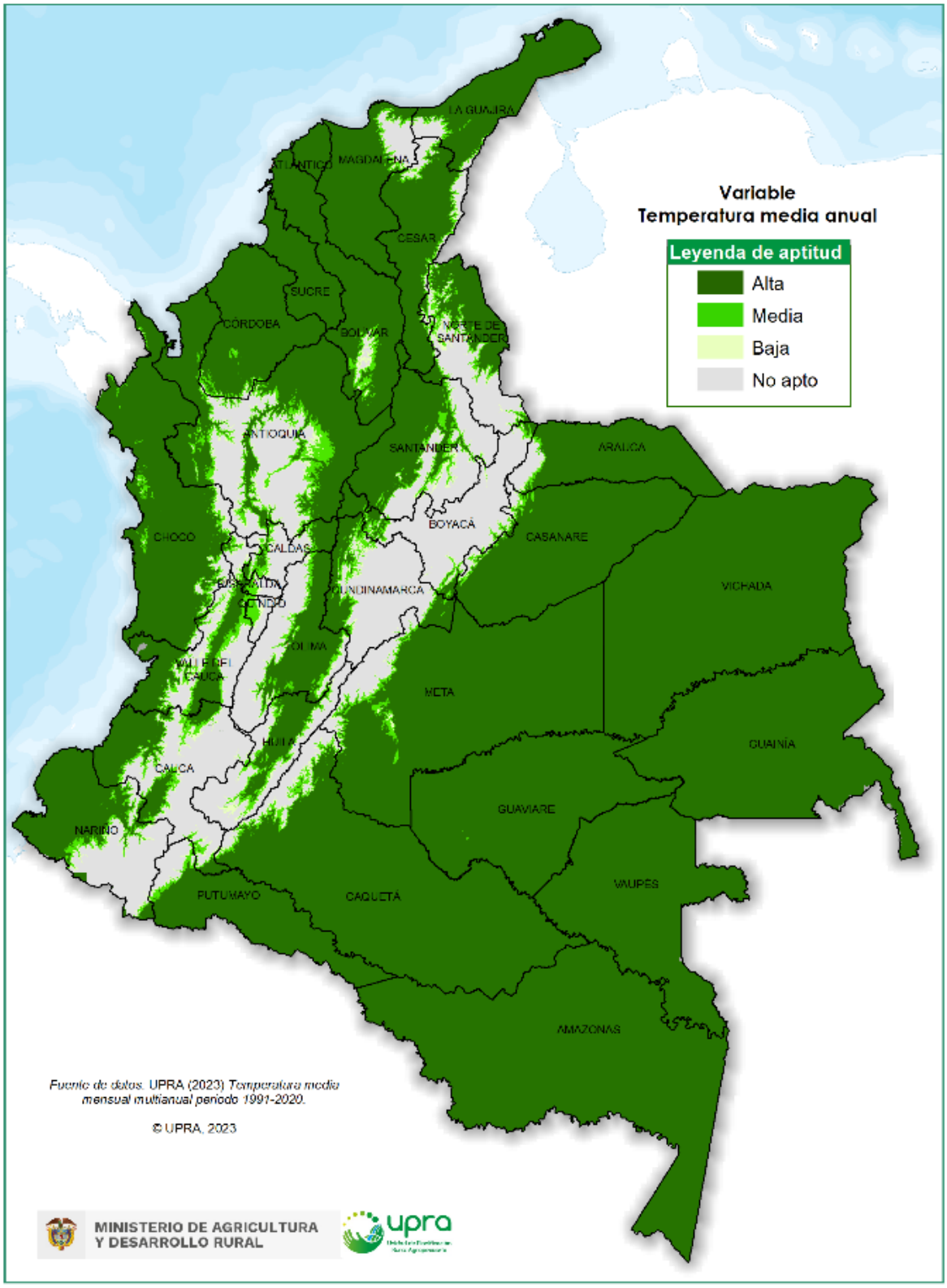
Temperatura media anual (°C)	Aptitud
>21	Alta (A1)
19 – 21	Media (A2)
18 -19	Baja (A3)
< 18	No apto (N1)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Doorembos J., y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N°33. FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor & FAO, Producer. 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*. Ideam.
- Ideam. (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- Ideam. (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*.Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. PRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de yuca (Manihot esculenta Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional</td></tr>
<tr><td colspan="2">COMPONENTE: físico</td><td colspan="2">SUBCOMPONENTE: climático</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: condiciones climáticas</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: índice entre 0 y 1</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><th colspan="4">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="4">Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo.</td></tr>
<tr><th colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO</th></tr>
<tr><td colspan="4">Esta variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación. Las necesidades de agua para los cultivos de la yuca 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 de esta cifra, aumentan los déficits hídricos, afectando el potencial de abastecimiento de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.</td></tr>
<tr><th colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</th></tr>
<tr><td colspan="4">Se estableció menos de 0,4 de IDHc, como valor de exclusión técnica (N1), que ocasiona estrés hídrico y, por lo tanto, imposibilita establecer el cultivo de yuca y permitir su crecimiento, desarrollo y producción.</td></tr>
<tr><th colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="4">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, ya que en muchas regiones del país, sobre donde las condiciones evaporativas son bajas, los modelos de estimación de la evapotranspiración, (evapotranspiración de referencia ETo Penman-Monteith y del cultivo ETc), se sobreestiman o subestiman.

El análisis de humedad para el cultivo se centró únicamente en lo climático, excluyendo el suelo (almacenamiento de agua), debido a que no se cuenta con información nacional de humedad</td></tr>
</table>

aprovechable (capacidad de campo menos punto de marchitez permanente), y además porque la información de suelos, de cubrimiento nacional, corresponde a los estudios generales del país (escala 1:100.000) que contienen asociaciones como unidades cartográficas.

Así, que al no incluir en el modelo la capacidad de almacenamiento del suelo, no es conveniente incorporar el almacenamiento mes a mes, 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 no se cuenta con un mapa nacional de ésta.

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 para el 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 datos 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 yuca, el cual fue obtenido de FAO y fue de 0,80

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos de aptitud establecidos para esta variable son los siguientes.

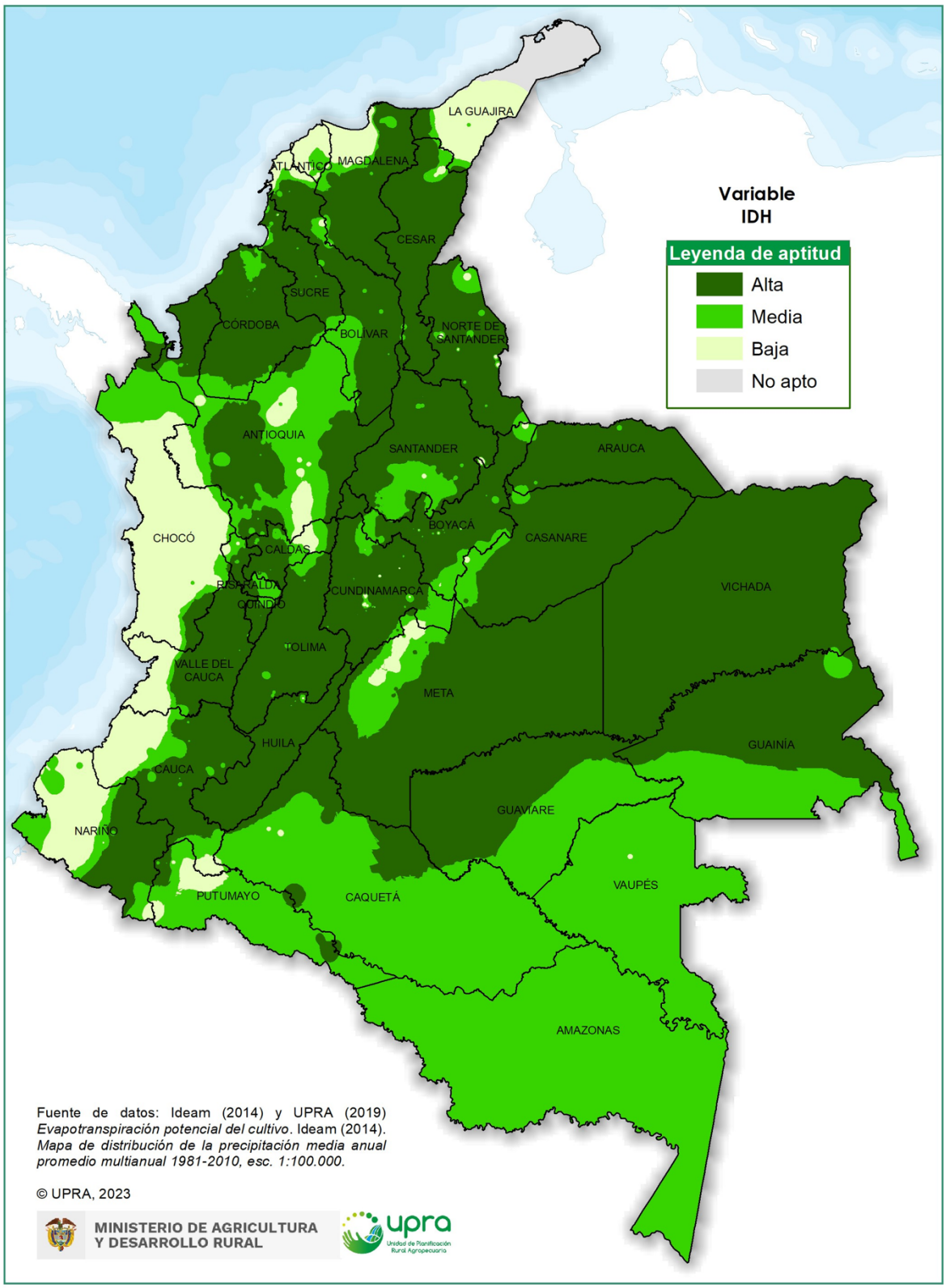
IDH _Exceso	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Aptitud
Sin calificación	0,74 - 0,95	Alta (A1)
2,09 - 3,2	0,74 - 0,85 y 0,95 - 0,99	Media (A2)
>3,2	0,40 - 0,75 y >0,99	Baja (A3)
Sin calificación	<0,40	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución del IDHc anual

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Doorembos J, y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33*. FAO.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. FAO, Editor & FAO, Producer. 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*. Ideam.
- Ideam. (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. Bogotá: UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

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).

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 yuca.

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

No se estableció 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, la actual solamente cubre hasta 2010. 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 tomó del mapa de isohelias anuales de Ideam (2014) a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 a 2010.

Se realizó 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los valores asignados para la construcción de rangos de brillo solar son los siguientes:

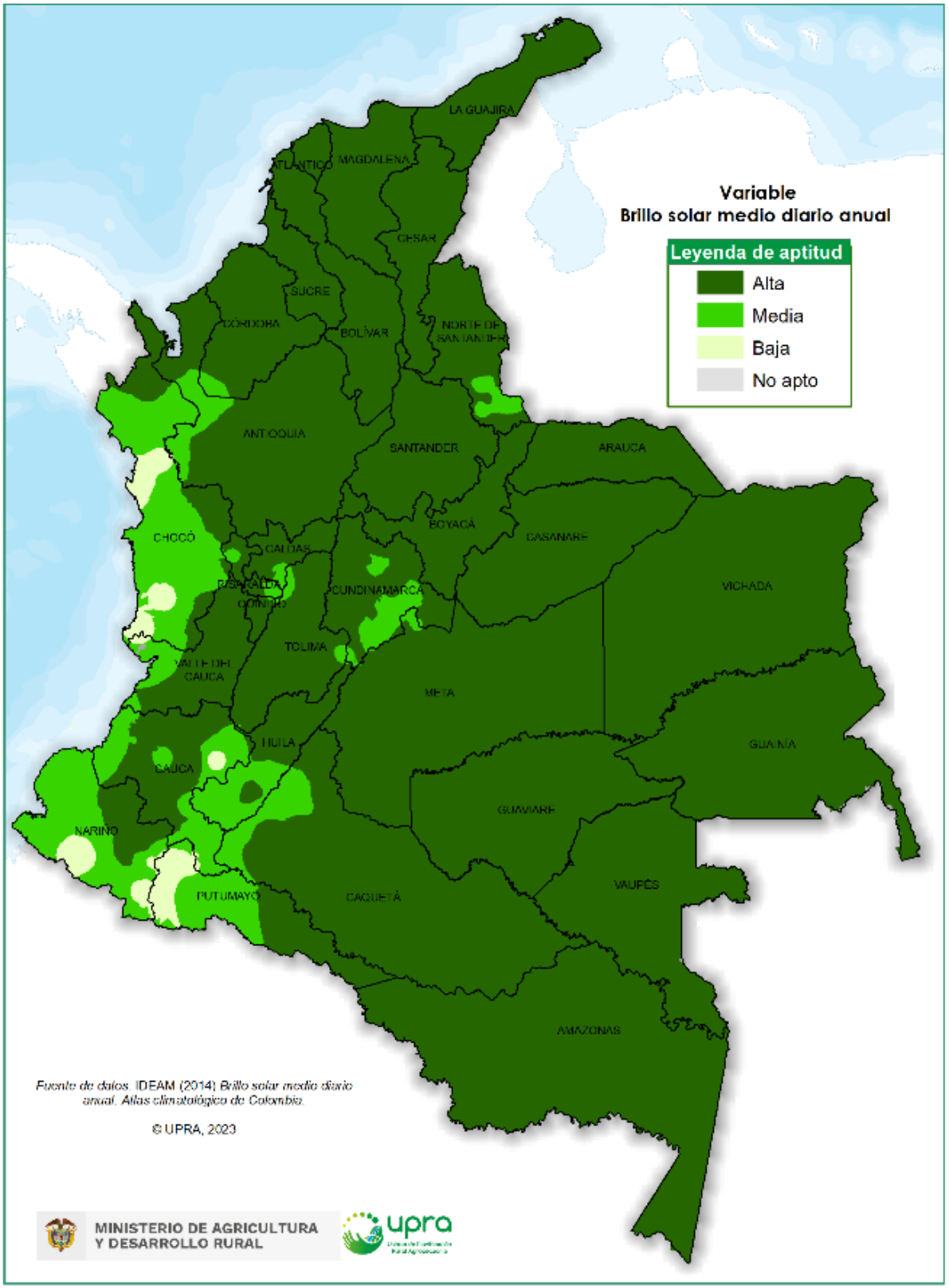
Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
>4	Alta (A1)
3 - 4	Media (A2)
<3	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución del brillo solar medio diario anual

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos.* http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf
- Doorembos J. y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33.* FAO.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. FAO, Editor & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000.* Ideam.
- Ideam. (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000.* Ideam.
- Ideam. (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010.* Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.2 Criterio condiciones de enraizamiento

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: condiciones de enraizamiento		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Profundidad efectiva, expresada en centímetros (cm).
- Textura, expresada en clases de texturas.
- Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo de las raíces de la yuca, que en conjunto conllevan a la formación adecuada tanto de las plantas como de las raíces tuberosas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

En la medida en que las raíces puedan explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico adecuado, mayores son las posibilidades para abastecerse de agua y de nutrientes, de lo cual depende el normal desarrollo de las plantas de yuca.

Cuando las raíces encuentran un medio propicio para su desarrollo, es decir un suelo con profundidad radicular adecuada, que cuente con buena aireación, con distribución de partículas por tamaño en promedios similares y con poca pedregosidad que no cause daños o impida la formación de las raíces, el desarrollo de los cultivos y la producción se llevan a cabo satisfactoriamente.

LIMITANTES DE 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 ésta, existen áreas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se consideran suelos no aptos (N1), en los cuales no es viable el establecimiento de cultivos de yuca, cuando en el suelo hay contactos líticos o pétricos a menos de 50 cm de profundidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información para las tres variables que conforman el 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.

Rangos de las variables

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

Los subgrupos *Lithic*, *Petroferric*, *Petrocalcic*, *Petrogypsic*, corresponden a suelos con capas coherentes dentro los primeros 50 cm de profundidad, lo suficientemente endurecidas que impide su excavación.

Los suelos *Oxisoles*, Ultisoles, subgrupos *Oxic* se incluyen en la aptitud media (A2), debido a que son arcillas de relación 1:1, con características de manejo mejores que las demás arcillas, igualmente los subgrupos Vertic. Los suelos Vertisoles, se incluyen en la aptitud baja (A3), por su alto contenido de arcillas.

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 calificaron las tres variables de acuerdo con la limitación que cada una representa en el adecuado enraizamiento de la yuca.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos, ya que reduce las posibilidades de una buena formación de raíces y plantas.

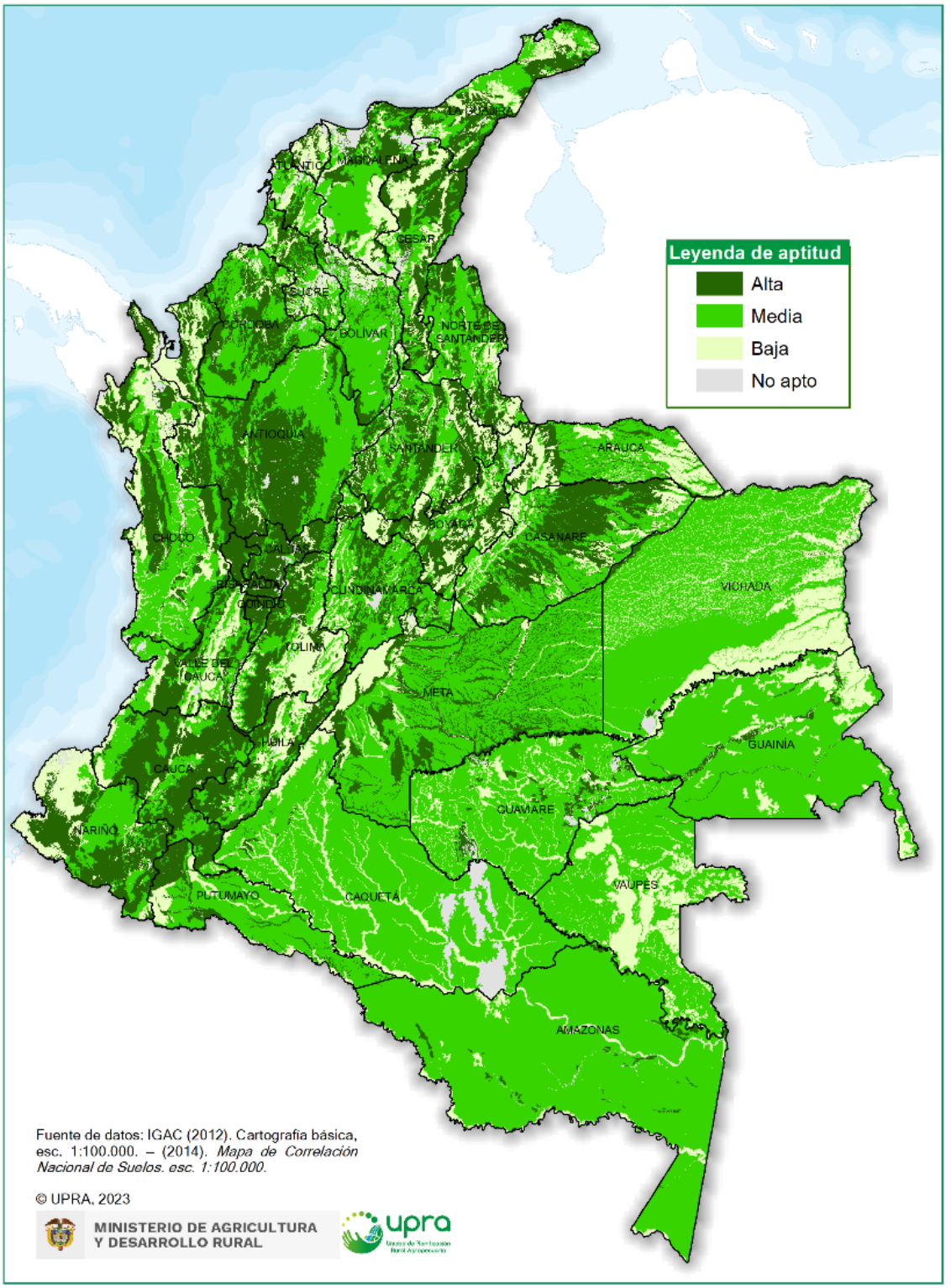
Árbol de decisión del criterio

Profundidad (cm)	Textura (clases)	Pedregosidad (fase cartográfica)	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo	F, FL, FA, L, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	A, AF, L, ArA, ArL, FAr	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Superficial	F, FL, FA, L, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	A, AF, L, ArA, ArL, FAr	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Muy superficial	Cualquiera	Cualquiera	A3
Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic			N1

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



1.2.1 Variable profundidad efectiva

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: profundidad efectiva	**UNIDAD DE MEDIDA:** centímetros (cm)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La profundidad del suelo puede influir en los tipos de plantas que crecen en ellos; los suelos más profundos generalmente pueden proporcionarles más agua y nutrientes 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 (Rajakaruna y Boyd, 2008).

Para los cultivos de yuca, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 50 cm, libre de fragmentos gruesos y de contactos (líticos, petroférricos, petrocálcicos), debido a que las raíces comestibles necesitan suficiente espacio para su crecimiento.

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.

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

Se consideran suelos no aptos (N1) para el establecimiento del cultivo de yuca cuando existen contactos líticos, petroférricos, petrocálcicos o petrogypsicos en las capas superiores de los suelos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales, representan asociaciones y, se califica la profundidad del componente de mayor representatividad. Esto quiere decir que en la unidad cartográfica existen algunos sectores con profundidad efectiva y aptitud diferentes al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

En la determinación de los rangos de aptitud para la variable, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas como la presencia de roca continua y compacta, y los contactos pétricos, dado que otros, 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), para los estudios generales de suelos, 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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos de profundidad efectiva para el cultivo de yuca (Santos, *et al*., 2019, 2020; FAO. 2007), 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; se excluyeron las profundidades menores a 50 cm por contactos líticos y pétricos, porque el espacio físico no es suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas.

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Alta (A1)
Superficial (25 – 50)	Media (A2)
Muy superficial (< 25)	Baja (A3)
Subgrupos Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic (consociaciones)	No apto (N1)

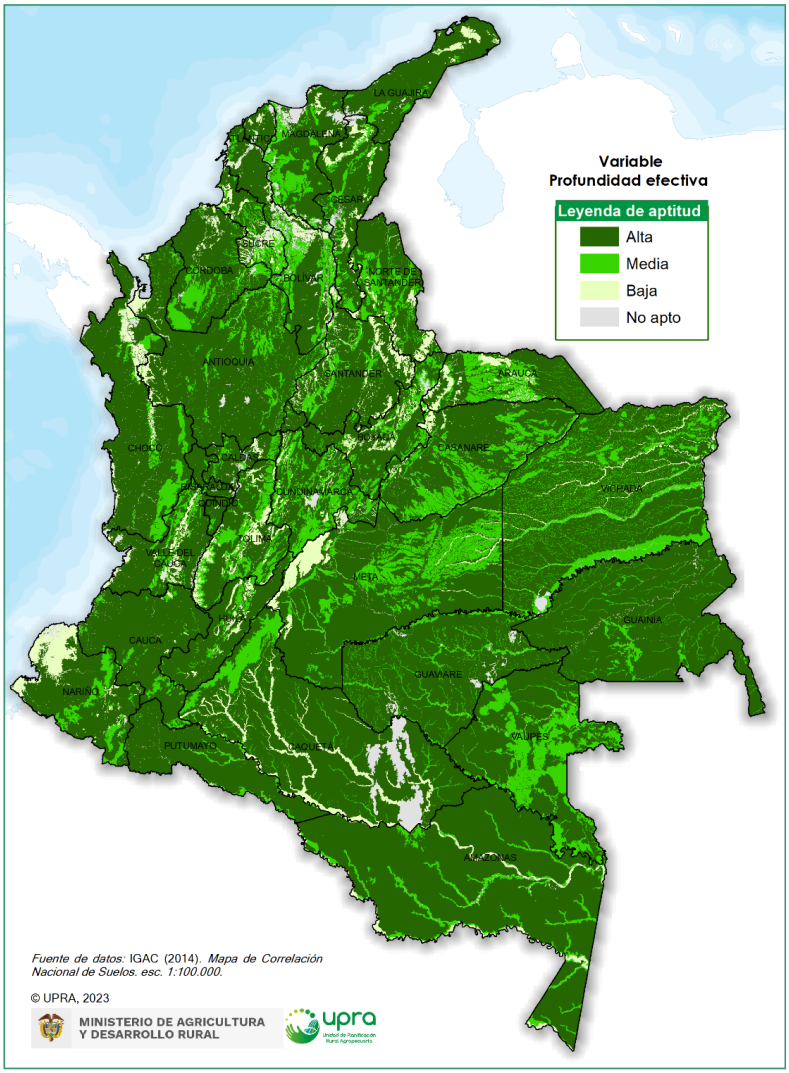
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores y a la literatura relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Rajakaruna, N. y Boyd, R.S. (2008). *Edaphic Factor*. Encyclopedia of Ecology. https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-depth#:~:text=Soil%20depth%20can%20greatly%20influence,e.g.%2C%20shrubs%2C%20trees).
- Santos *et al.* (2019). *Fisiología del cultivo de yuca en el bosque seco tropical de Sucre. Colombia*. Temas Agrarios, vol. 24, núm. 1, 2019. Universidad de Córdoba.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification*. Agriculture Handbook no. 210. Soil Conservation Service USDA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.2.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de texturas	
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

Se relaciona con la consistencia, la permeabilidad y la porosidad del suelo, las cuales intervienen en la penetración de las raíces, lo que, sumado al espacio entre las partículas, permite la circulación del oxígeno que favorece la aireación. Las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrar los suelos de texturas finas, lo que no permite que las plantas de yuca se desarrollen satisfactoriamente, mientras que, en los suelos de texturas gruesas, las raíces pueden quedar a libre exposición por desplazamiento de las partículas por acción del agua o el viento.

La clase textural propicia los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de estos son determinadas en gran parte por este componente.

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

No se excluye alguna clase textural para el desarrollo de los cultivos de yuca, aunque los tipos de textura con altos contenidos de arcilla representan 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, son 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 diferentes que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se califica 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

Los suelos con aptitud alta (A1) se determinaron teniendo en cuenta las mejores texturas de los suelos para el cultivo de yuca, tomadas a partir de FAO, (2007), y Santos *et al.* (2019), las clases texturales en donde las proporciones de arena, limo y arcilla son muy parejas, y los Andisoles por sus buenas características texturales.

Las clases texturales con aptitud media (A2) presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad, al igual que las muy gruesas que no permiten el soporte mecánico. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*) se incluyen en esta aptitud por su baja pegajosidad y buena porosidad, igualmente los horizontes orgánicos y los subgrupos *Vertic*.

La clase con aptitud baja (A3) corresponde a la textura fina, es decir la arcilla, porque su baja porosidad total dificulta el crecimiento de las raíces, lo cual está asociado con otras propiedades físicas como el movimiento del agua y del aire en el suelo, especialmente cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a los *Vertisoles*.

Rangos de aptitud

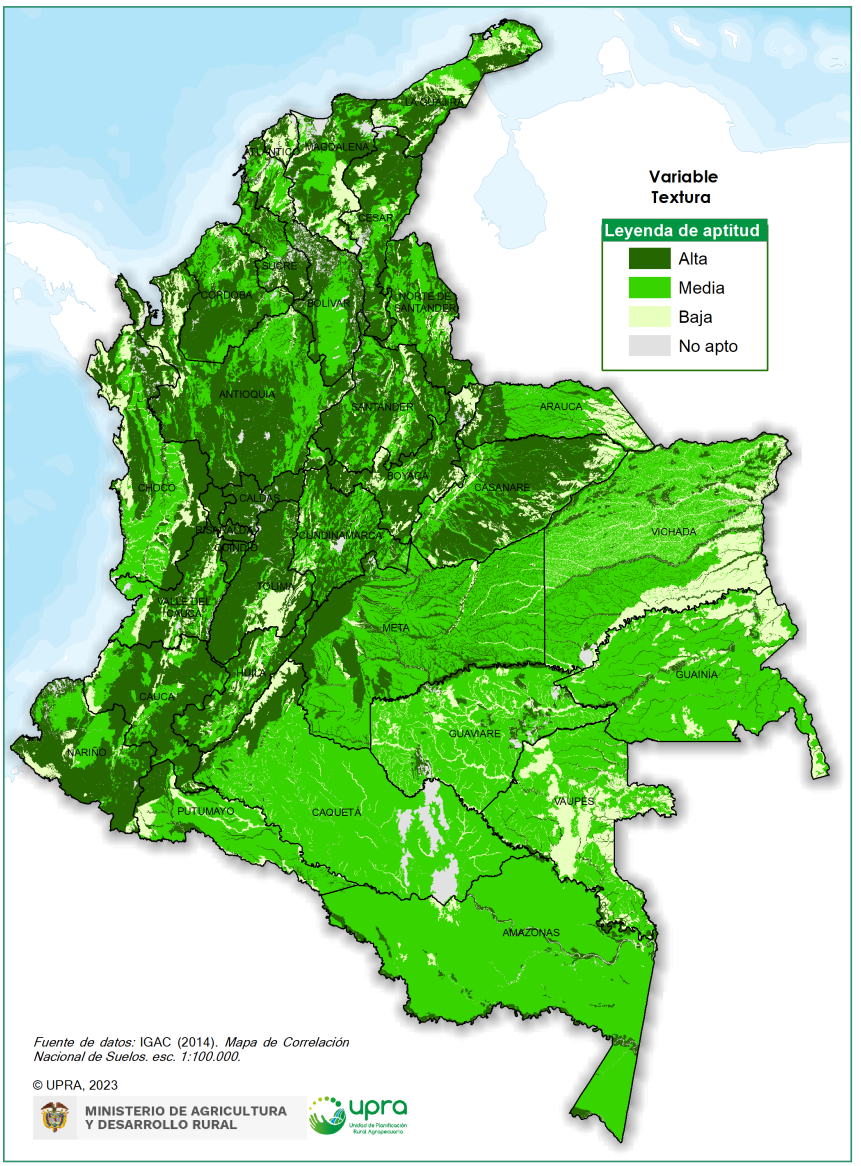
Textura (clases)	Aptitud
F, FL, FA, L, FArA, FArL	Alta (A1)
A, AF, L, ArA, ArL, Far	Media (A2)
Ar	Baja (A3)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. IGAC, p. 101 y 157.
- Santos J.A., *et al.* (2019). *Fisiología del cultivo de yuca en el bosque seco tropical de Sucre – Colombia*. Temas Agrarios, vol. 24, núm. 1, 2019. Universidad de Córdoba.
- USDA. (2017). Soil sourvey manual. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.2.3 Variable pedregosidad

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de yuca (Manihot esculenta Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: físico SUBCOMPONENTE: edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: condiciones de enraizamiento</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: pedregosidad</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: fase cartográfica de pedregosidad</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><th colspan="3">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">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).</td></tr>
<tr><th colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="3">Además de limitar el espacio para el crecimiento de los tubérculos, los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en los cultivos de yuca porque disminuyen el área útil por unidad de superficie y el área para el almacenamiento de agua, aceleran la infiltración y disminuyen el volumen de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas.</td></tr>
<tr><th colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</th></tr>
<tr><td colspan="3">No se determinaron áreas no aptas (N1), para los cultivos de yuca; donde hay fragmentos de roca mayor al 35 % (fase pedregosa), se califica con aptitud baja.</td></tr>
<tr><th colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="3">La información de pedregosidad en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), se presenta como fase pedregosa (> 35 % en volumen), estas no están discriminadas en rangos por porcentaje. Por esta razón se asume tácitamente como no pedregoso, como cuando no se encuentra la fase cartográfica.</td></tr>
<tr><th colspan="3">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">La fase de pedregosidad se obtuvo a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).</td></tr>
<tr><th colspan="3">RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD</th></tr>
<tr><td colspan="3">Se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin fase de pedregosidad (< 35 % por volumen) y con aptitud baja (A3) los suelos con presencia > 35 % (fase pedregosa), porque obstaculiza el desarrollo de las raíces, de las plantas de yuca.
Rangos de aptitud
<table>
<tr><th>Pedregosidad (fase cartográfica)</th><th>Aptitud</th></tr>
<tr><td>Sin fase de pedregosidad</td><td>Alta (A1)</td></tr>
<tr><td>Con fase de pedregosidad</td><td>Baja (A3)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

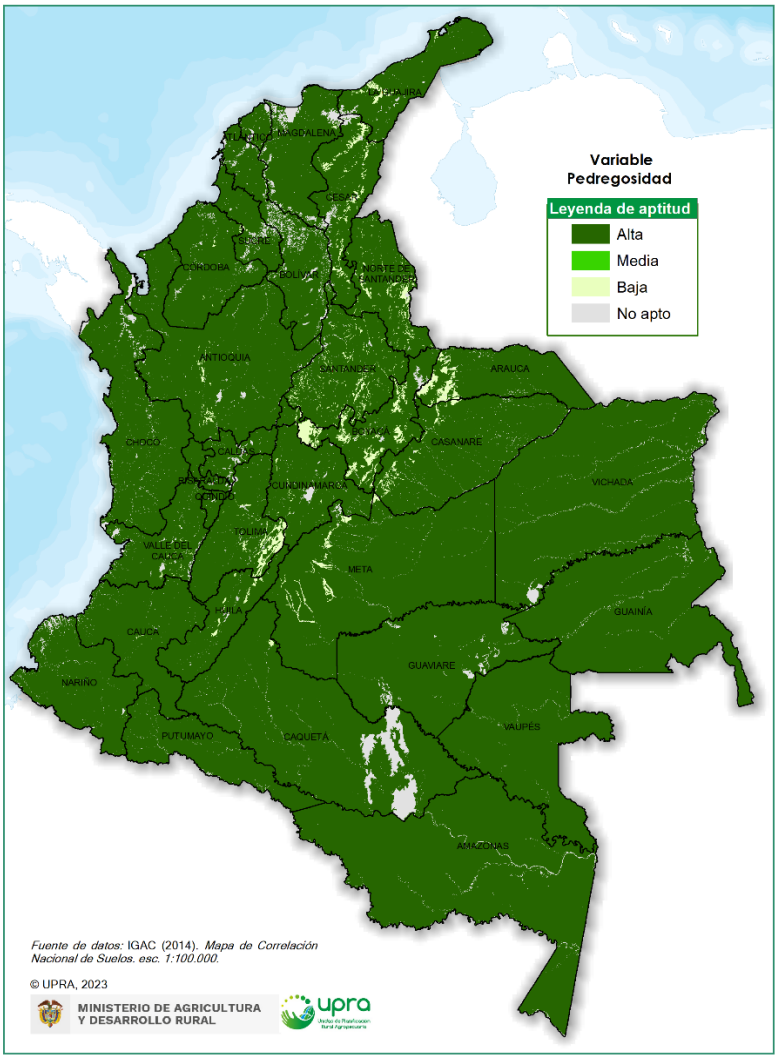
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores e investigación relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.3 Criterio capacidad de laboreo

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: capacidad de laboreo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	**ü**
	Análisis jerárquico	**✓**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Pendiente, expresada en porcentaje (%).
- Textura, expresada en clases de texturas.
- Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con 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

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

LIMITANTES DE 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 ésta, existen áreas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que en pendientes mayores a 75 %, no es viable el establecimiento de este cultivo, ya que se dificultan las labores manuales y se impiden las que tiene que ver con el uso de la maquinaria.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Rangos de las variables

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	ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

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, mediante un árbol de decisión.

Los suelos clasificados como *Oxisoles*, *Ultisoles* y los subgrupos *Oxic*, tienen aptitud media (A2), ya que, al contener arcillas de relación 1:1 y óxidos de Fe y Al, son menos pegajosos y el laboreo se hace en forma más satisfactoria. También se incluyen los subgrupos Vertic. Los suelos *Psmments* y los *Vertisoles* se califican con aptitud baja (A3) al igual que las texturas arenosas, arenosa franca y la arcillosa; las demás se consideran con aptitud alta (A1).

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 buena preparación y, por lo tanto, genera cultivos con deficiencias en su desarrollo y con dificultades para diferentes labores culturales.

Árbol de decisión del criterio

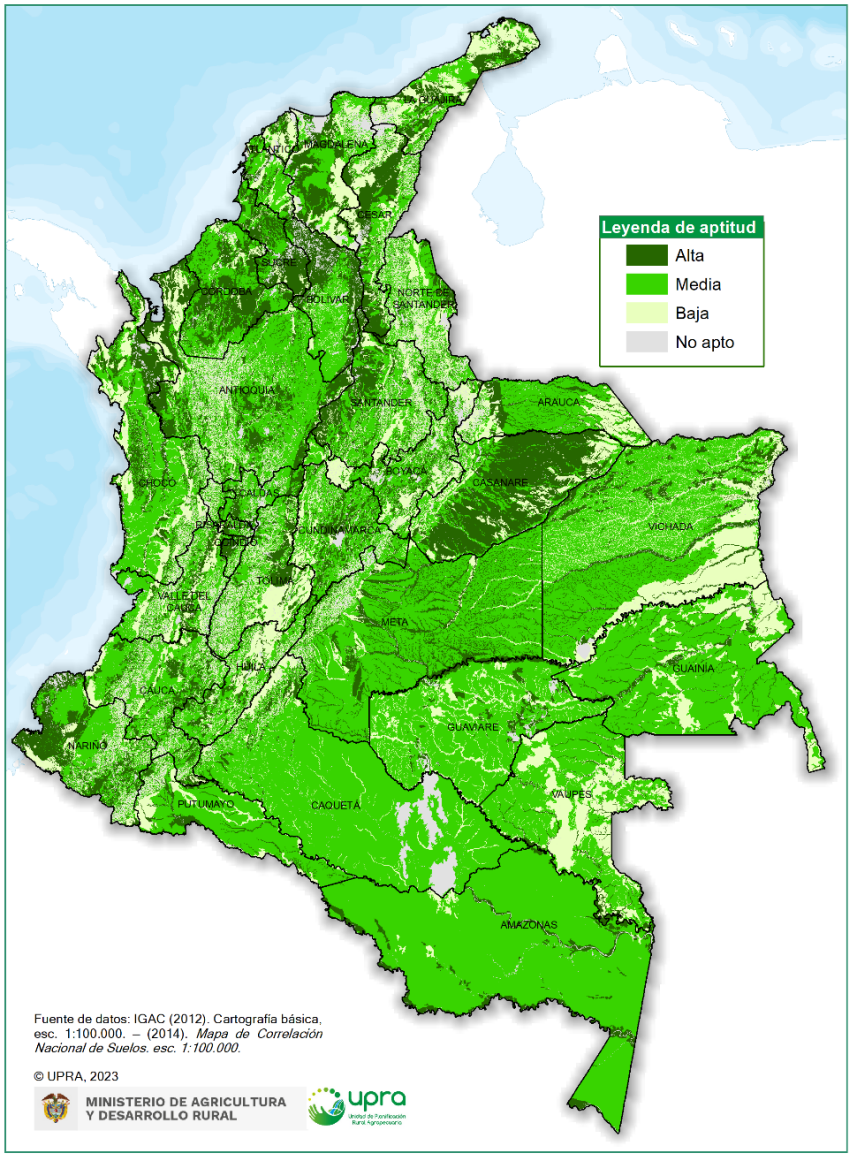
Pendiente (%)	Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Textura (clases texturales)	Aptitud
≤ 25	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	A1
		ArA, ArL, L	A1
		A, AF, Ar	A3
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	A3
25 - 50	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	A2
		ArA, ArL, L	A2
		A,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

		ArA, ArL, L	A3
		A, AF, Ar	A3
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	A3
>75	Cualquiera	Cualquiera	N1

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



1.3.1 Variable pendiente

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: capacidad de laboreo		
VARIABLE: pendiente	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	ü
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Afecta directamente la traficabilidad de la maquinaria y de las personas, por lo tanto, en la eficiencia en la adecuación, preparación, siembra, mantenimiento y demás labores del cultivo de yuca.

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 y posterior cosecha del cultivo.

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

Se considera que la pendiente no es apta (N1) para los cultivos comerciales de yuca, cuando es mayor de 75 %.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La forma de la pendiente y su gradiente se manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

Clase compuesta	Porcentaje (%)
Plana	0-3
Ligeramente ondulada	3-7
Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada	7-12
Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada	12-25

Ligeramente escarpada o fuertemente quebrada	25-50
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	>75

El proceso de generación del mapa de pendientes consistió en el uso de las fases de pendiente hasta el 50 %, de acuerdo con el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), de ahí en adelante se utilizaron los mismos rangos, pero originados del modelo de elevación (*DEM*) de 30 metros.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Basados en las recomendaciones de los productores y en los reportes técnicos consultados para el cultivo de yuca de FAO (2007), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de las fases por pendientes de las unidades cartográficas de suelos del mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014).

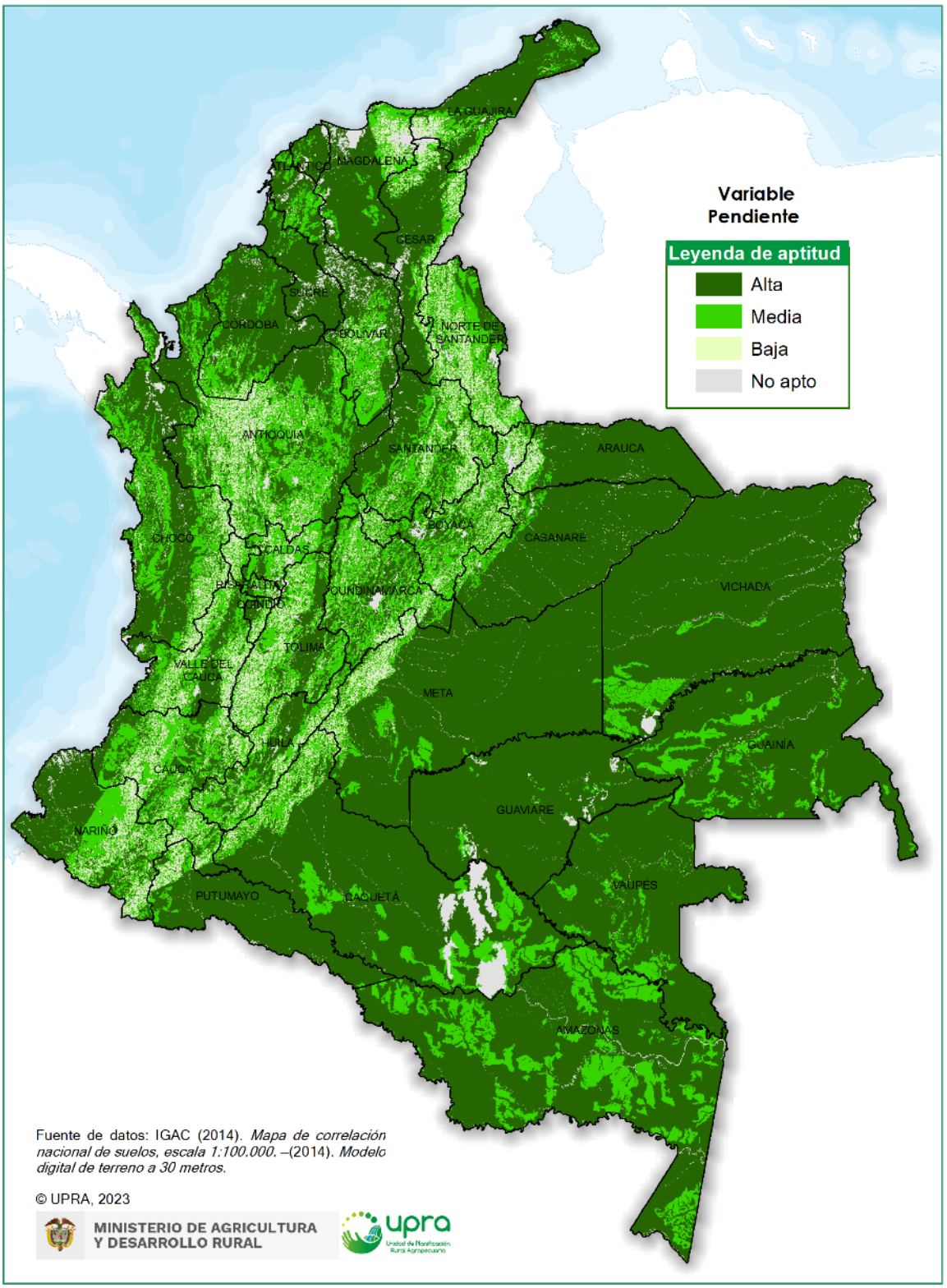
Pendiente (%)	Aptitud
≤ 25	Alta (A1)
25 - 50	Media (A2)
50 - 75	Baja (A3)
>75	No apto (N1)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Soil Science Society of America. (2018). *Glossary of Soils Science Terms*. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.3.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: capacidad de laboreo		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clase de texturas	
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

Se relaciona con la consistencia, la cual determina la resistencia del suelo a su ruptura y deformación en los diferentes estados de humedad, afectando los requerimientos de potencia de los implementos utilizados.

Para que los implementos 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 dificultan las labores agrícolas.

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, para el uso de implementos manuales o de maquinaria, no se excluye alguna clase textural.

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 lo 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, dada la escala que se determinó para la presente zonificación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la textura 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.

Esta variable se califica de acuerdo con el triángulo textural (USDA, 2017), según la siguiente tabla:

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

Teniendo en cuenta las mejores texturas de los suelos para el cultivo de yuca (Santos *et al*., 2019; FAO, 2007), las clases texturales en donde las prácticas de laboreo se pueden hacer satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo ni a los implementos, se determinaron con aptitud alta (A1). Se incluyen los *Andisoles*.

Las clases texturales con aptitud media (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*) también se incluyen en esta aptitud, por su baja pegajosidad, al igual que los subgrupos Vertic por tener arcillas expandibles.

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 y cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a *Vertisoles*.

Rangos de aptitud

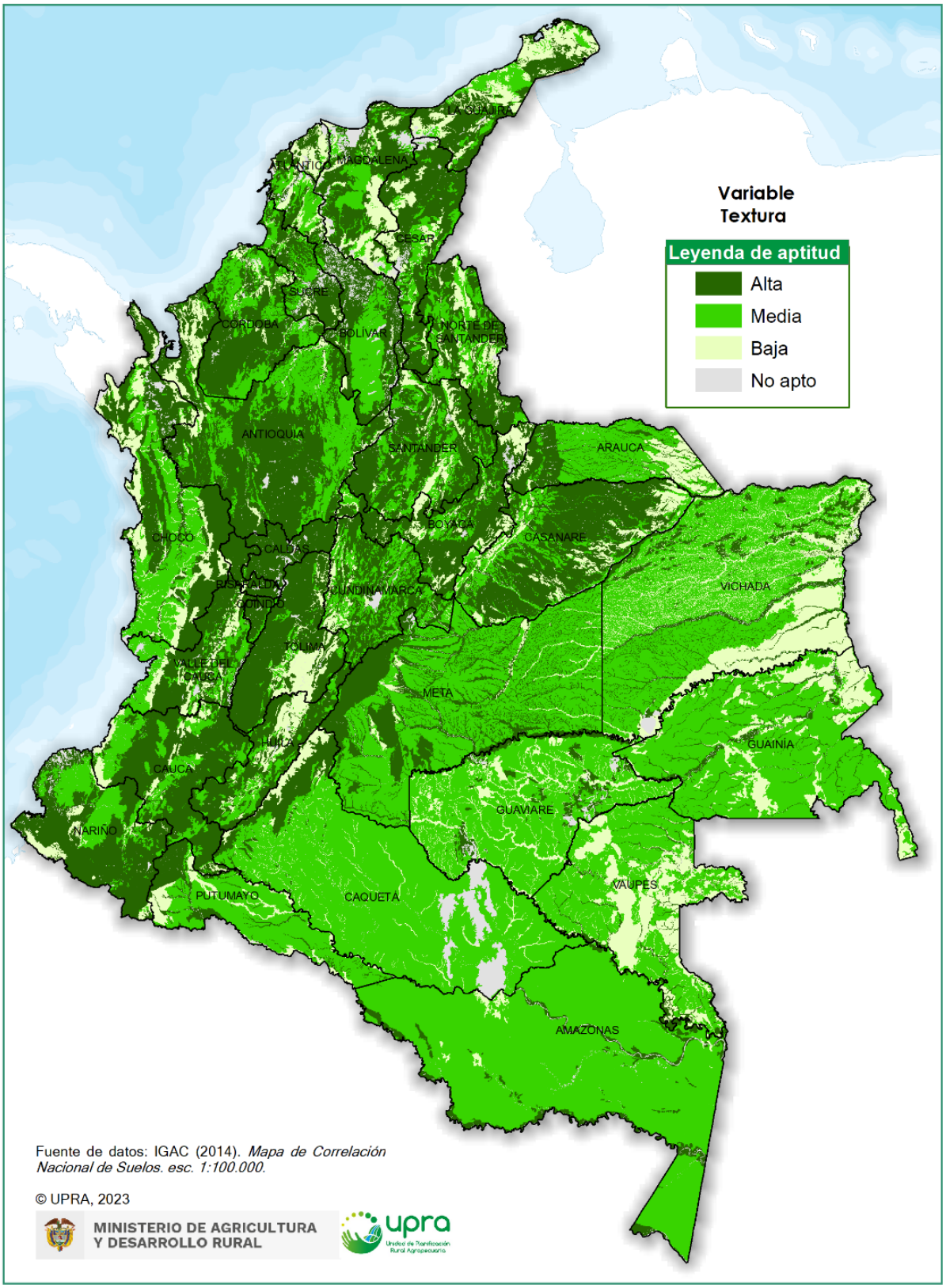
Textura (clases)	Aptitud
F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	Alta (A1)
ArA, ArL, L	Media (A2)
A, AF, Ar	Baja (A3)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC, p. 101 y 157.
- Santos, J. *et al.* (2019). *Fisiología del cultivo de yuca en el bosque seco tropical de Sucre – Colombia*. Temas Agrarios, vol. 24, núm. 1, 2019. Universidad de Córdoba.
- USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook n.° 18, p. 639. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.3.3 Variable pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

Repercute en la integridad de los implementos agrícolas, limitando 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 las tierras y demás prácticas culturales como elaboración de los drenajes, surcos, diseño de siembra y la 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, sólo que estas prácticas elevan los costos de preparación de las tierras; además no todos los cultivos de yuca 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 se encuentra la fase pedregosa; no se discrimina 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 aparece 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).

Las tierras con fase pedregosa (más de 35 % por volumen) se califica con aptitud baja (A3), por las limitaciones que presentan en el manejo de los suelos, y en general, en el manejo de los cultivos de yuca.

Rangos de aptitud

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

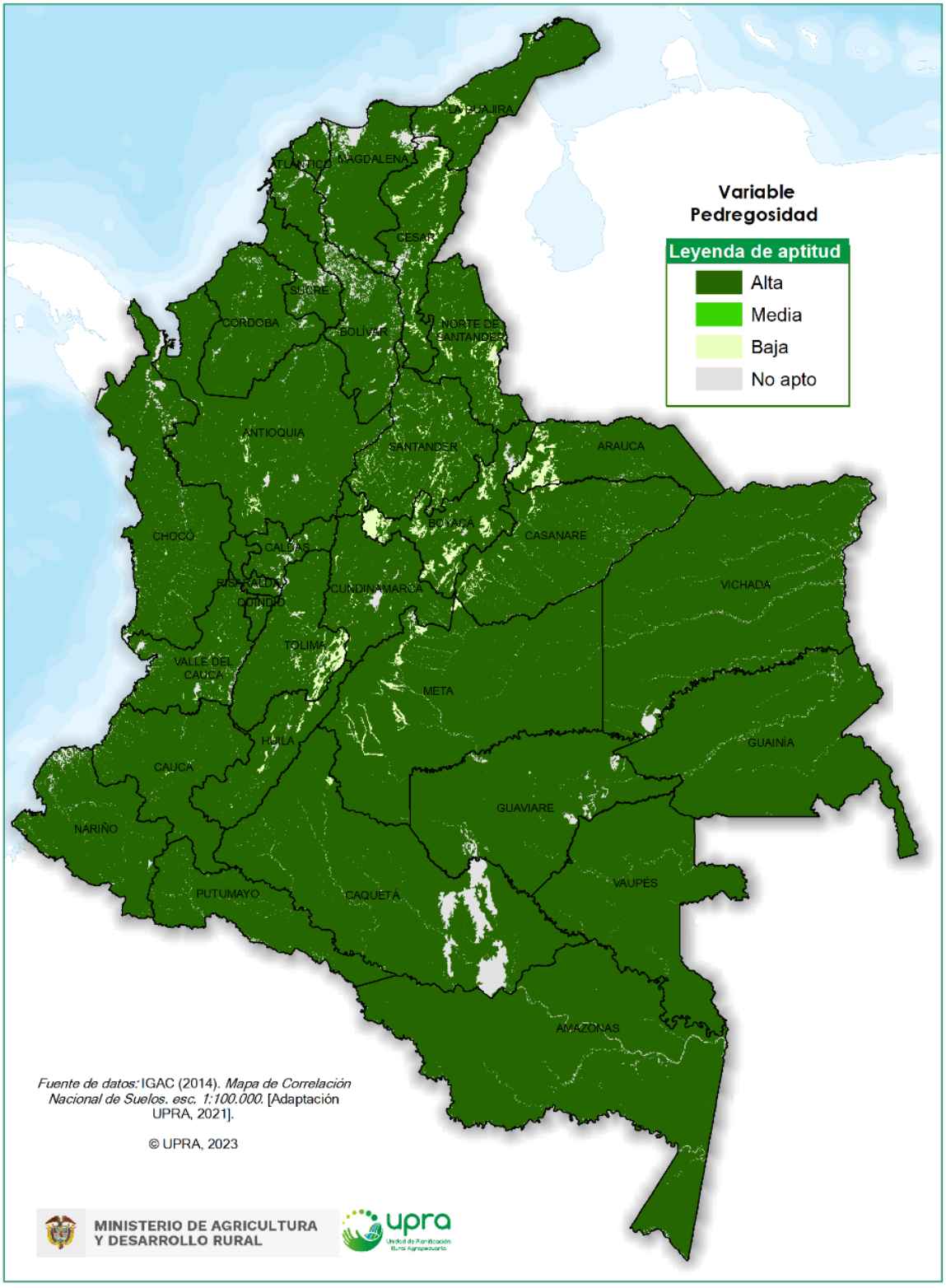
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.4 Criterio disponibilidad de nutrientes

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de nutrientes		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante	

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 plantas específicas, cuando otros factores de crecimiento como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

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 de las plantas de yuca.

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que la saturación de bases y la capacidad de intercambio catiónico sean altas y estén acompañadas del pH adecuado, las plantas tienen la posibilidad de obtenerlos del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos.

LIMITANTES DE 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 unidad existen áreas pequeñas con aptitud diferente al componente calificado.

En los análisis de los estudios generales de suelos, se encuentran las variables 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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Como exclusión técnica se encuentran los suelos denominados Histosoles, los cuales se califican como no aptos (N1), 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 (ni drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva, a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono y fijación de nitrógeno (MinAmbiente, 2020).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los valores que definen los rangos de aptitud para cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Rangos de las variables

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez (pH)	Rangos de pH	5,0 - 6,5	4,4- 5,0 y 6,6 - 7,5	< 4,4 y > 7,5	-
Saturación de bases	%	>20	10-20	<10	-
Carbono orgánico	%	0,5 - 7,6; Andisoles	0,2- 0,5 y > 7,6	<0,2	Histosoles
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	$cmol^{+}$/kg de suelo	>20	10-20	<10	-

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 aporte que cada una de las variables representan en el desarrollo del cultivo de

yuca (acidez 30 %; capacidad de intercambio catiónico, 10 %; saturación de bases 30 % y carbono orgánico 30 %). Se determinó que los suelos Andisoles tienen calificación diferente, ya que, en condiciones naturales presentan altos contenidos de carbono orgánico.

Árbol de decisión del criterio

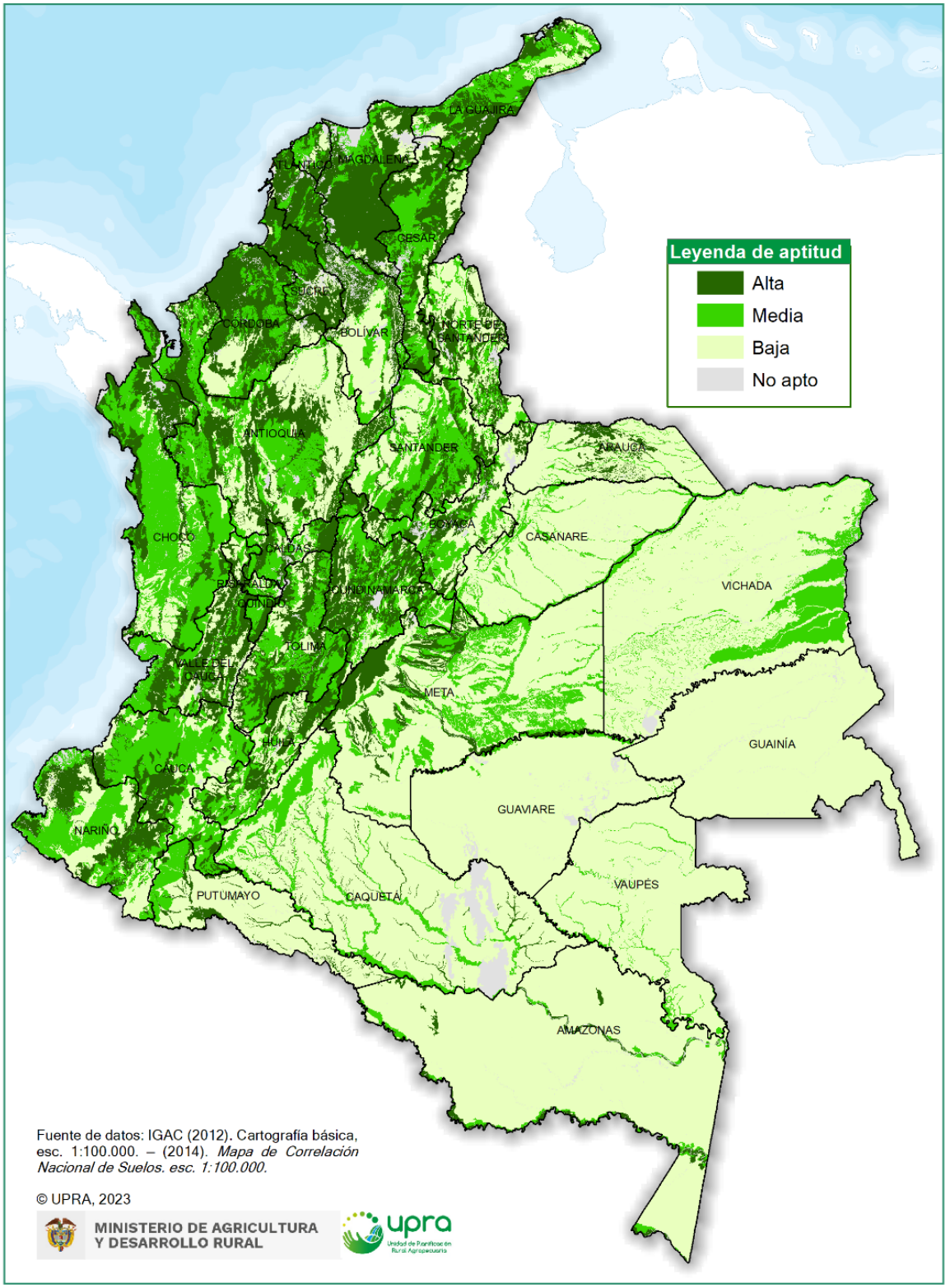
Acidez	CIC	Saturación de bases	Carbono orgánico	Aptitud
5,0 - 6,5	> 20	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
	10 - 20	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
	< 10	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
4,4- 5,0 y 6,6 - 7,5	> 20	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A1
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
	10 - 20	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
			0,2- 0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A2

				0,2- 0,5; > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
				0,2- 0,5; > 7,6	A3
				< 0,2	A3
		< 10	> 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A2
				0,2- 0,5; > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10 - 20	0,5 - 7,6; Andisoles	A3
				0,2- 0,5; > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			< 10	0,5 - 7,6; Andisoles	A3
				0,2- 0,5; > 7,6	A3
				< 0,2	A3
	< 4,4 y > 7,5	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	A3
	Histosoles				N1

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (1976). «*A Framework for Land Evaluation*». En: Soils Bulletin 32. FAO.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- MinAmbiente. (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. 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 n.° 210. Soil Conservation Service USDA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. – (2014). *Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

1.4.1 Variable acidez (pH)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: acidez (pH)	**UNIDAD DE MEDIDA:** rangos de pH	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

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, 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:

$$\mathrm{pH} = \log \frac{1}{\log(\propto \mathrm{H}^+)} = -\log \propto \mathrm{H}^+ = -\log(\propto \mathrm{H}^+)$$

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

El pH es una de las propiedades físicoquímicas 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 la toma de nutrientes es ideal; fuera de ellos, la absorción 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 (especialmente aluminio).

- La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

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

No se consideraron rangos no aptos (N1) para el cultivo de yuca, puesto que los valores extremos pueden corregirse mediante el uso de enmiendas, aunque esto representa incrementar los costos de producción.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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, implica que dentro de la misma existen áreas de diversos tamaños que tienen pH y clase de aptitud diferente al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomaron como referencia los rangos de pH, del manual codificado de reconocimiento de suelos del IGAC (2010), donde se clasifica 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 superiores de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo en cuenta que la yuca se cultiva en diferentes tipos de suelos y basados en los documentos técnicos (Lebot Vicent, 2020; Ospina *et al*. 2002; Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Cenicafé, 2007; FAO, 2007, USDA, 2017), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de los datos de laboratorio que aparecen en los perfiles modales.

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

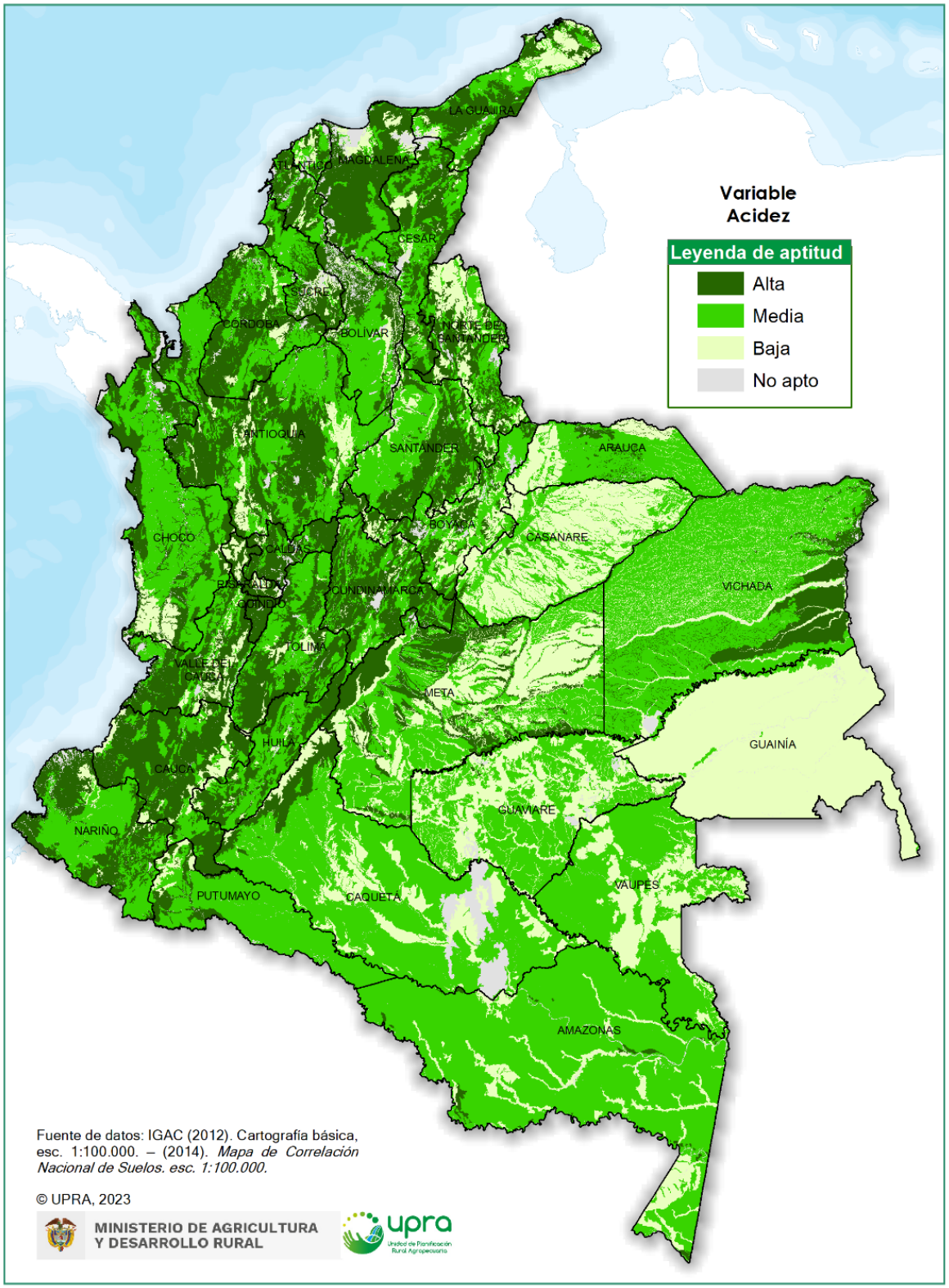
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores y reportes técnicos.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- Federación Nacional de Cafeteros, Cenicafé. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia. Productividad de café en sistemas intercalados*, p. 256-274.
- Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*, 2 ed. IGAC, p. 30 y 128.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lebot, V. (2020). *Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France (CIRAD). 2da edition.
- Ospina, B. *et al*. (2002) (compilador). *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, Proyecto IP-3 Mejoramiento de la Yuca.
- USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.4.2 Variable saturación de bases

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Estima la cantidad de los elementos nutrientes (bases) del suelo, lo cual determina el manejo químico de las tierras y su productividad natural.

El contenido alto de saturación de bases indica que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos disponibles para las plantas, especialmente si la capacidad de intercambio catiónico es elevada. Cuando en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, debe adicionarse fertilizantes, lo cual implica aumento de los costos de producción.

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 enmiendas para incrementar su contenido, como parte del manejo del cultivo de yuca.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

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 tomó como base la tabla de rangos de saturación de bases para evaluar la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

Rangos de saturación de bases en porcentaje (%)					
Rango	<10	10-35	36-50	51-70	>70

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos estimados de la variable se definieron teniendo en cuenta las propiedades relacionadas en las zonas donde se siembra yuca, a través de consultas a los productores y con las fuentes bibliográficas consultadas (FAO, 2007). Los rangos son los siguientes:

Rangos de aptitud

Saturación de bases (%)	Aptitud
>20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
<10	Baja (A3)

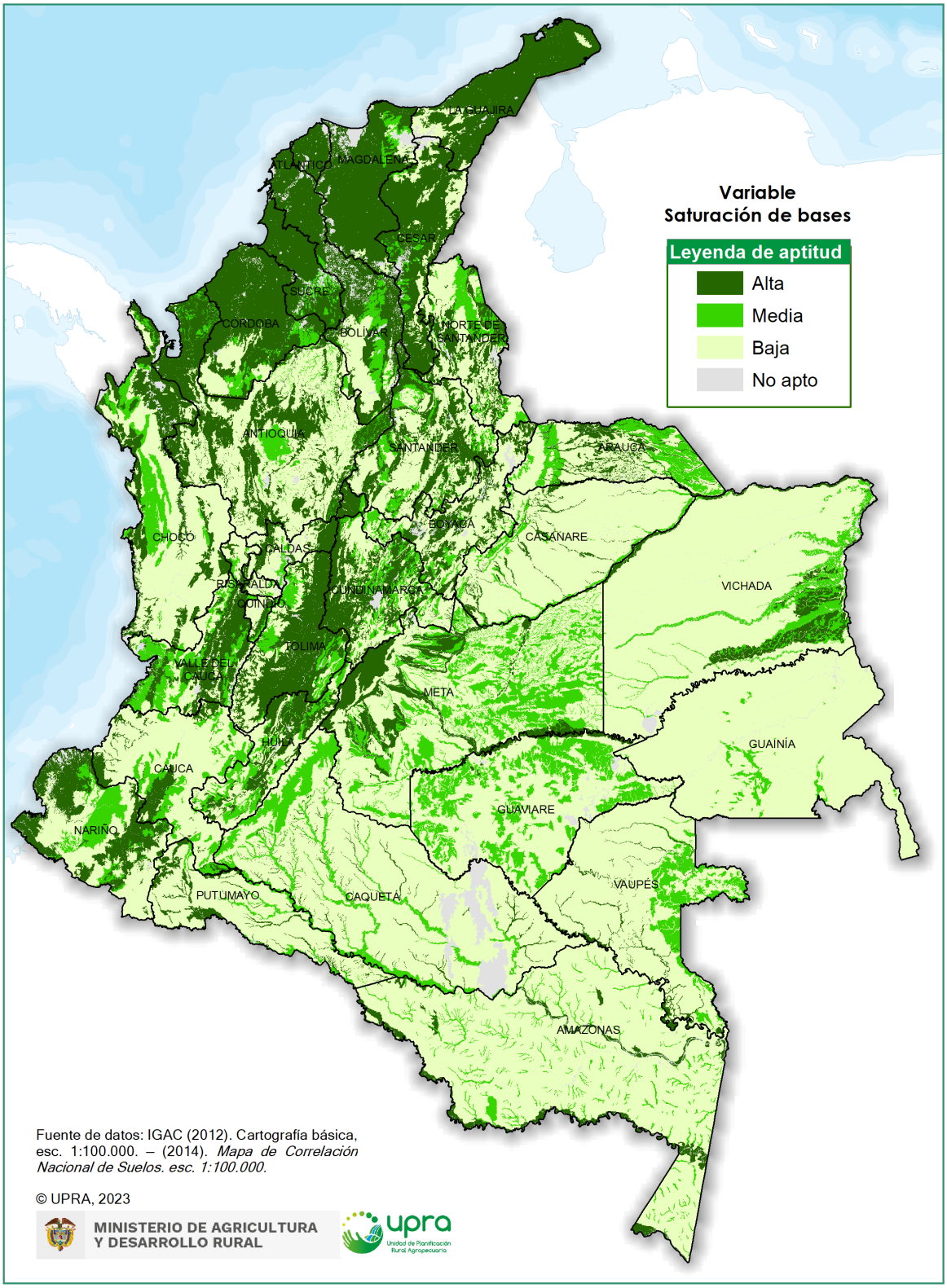
.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Malagón, D. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. IGAC, p. 423-427.
- Soil Science Society of America. (2018). Glosary of Soils Science Terms. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.4.3 Variable carbono orgánico

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 es esencial, 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 se encuentran los suelos denominados Histosoles, los cuales se califican como no aptos (N1), 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 (Minambiente, 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 ésta, existen áreas de diversos tamaños que tienen variadas cantidades de carbono orgánico y 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, así como los órdenes taxonómicos de suelos que presentan íntima relación con el carbono orgánico, como lo son los *Histosoles* y *Andisoles* (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 la yuca se siembra en los climas cálido y templado, se tomó como referencia el clima cálido, ya que los contenidos son menores.

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; >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 construyeron teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo de la yuca (Lebot, 2020; FAO, 2007), de la siguiente forma:

Rangos de aptitud

Carbono orgánico (%)	Aptitud
0,5 - 7,6; Andisoles	Alta (A1)
0,2 - 0,5 y > 7,6	Media (A2)
<0,2	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

Los Andisoles tienen calificación diferente porque en condiciones naturales, tienen altos contenidos de materia orgánica.

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

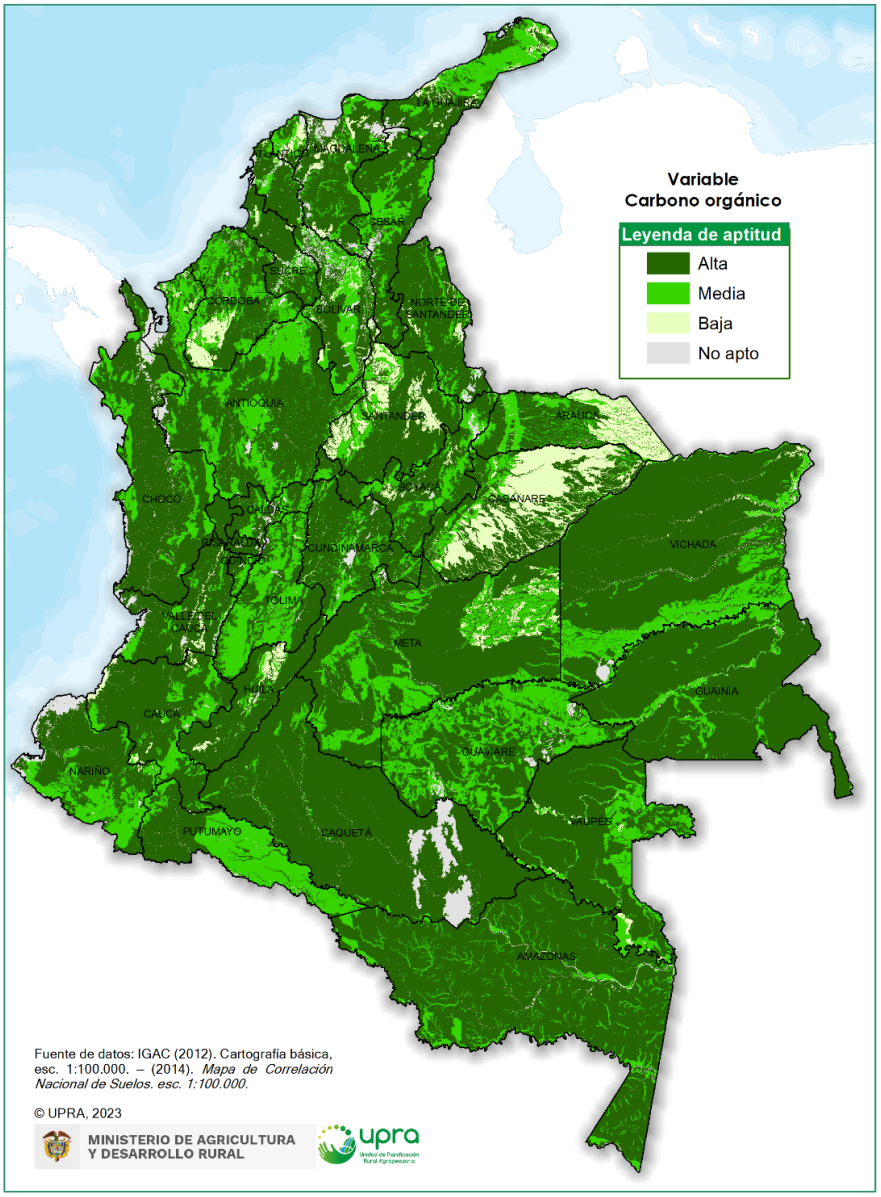
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Borie, G.; Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). «*Actividad biológica en suelos*». Frontera Agrícola 5, p. 29-32.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. IGAC.
- Jackson, M.L. (1958). *Soil chemical analysis. Prentice-Hall*. Englewood Cliffs, N.J. p. 205.
- Lebot, V. (2020). *Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France (CIRAD). 2da edition.
- MinAmbiente. (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.4.4. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

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 yuca. 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 de la yuca, 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 (Cortés y Malagón, 1984).

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

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

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 ésta existen áreas de diferentes tamaños que tienen CIC 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 tuvo en cuenta las consideraciones generales para interpretar los análisis de suelos (IGAC, 2010).

CIC ($cmol^+$/kg de suelo)	Apreciación
> 20	Alta
10-20	Media
<10	Baja

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los límites de variación se conformaron tomando los valores considerados en la tabla original, ya que concuerdan con algunas aproximaciones encontradas en los documentos (Santos *et al.*, 2019; FAO, 2007) y con las características de los suelos en regiones donde se siembra la yuca.

Rangos de aptitud

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 y la literatura relacionada.

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

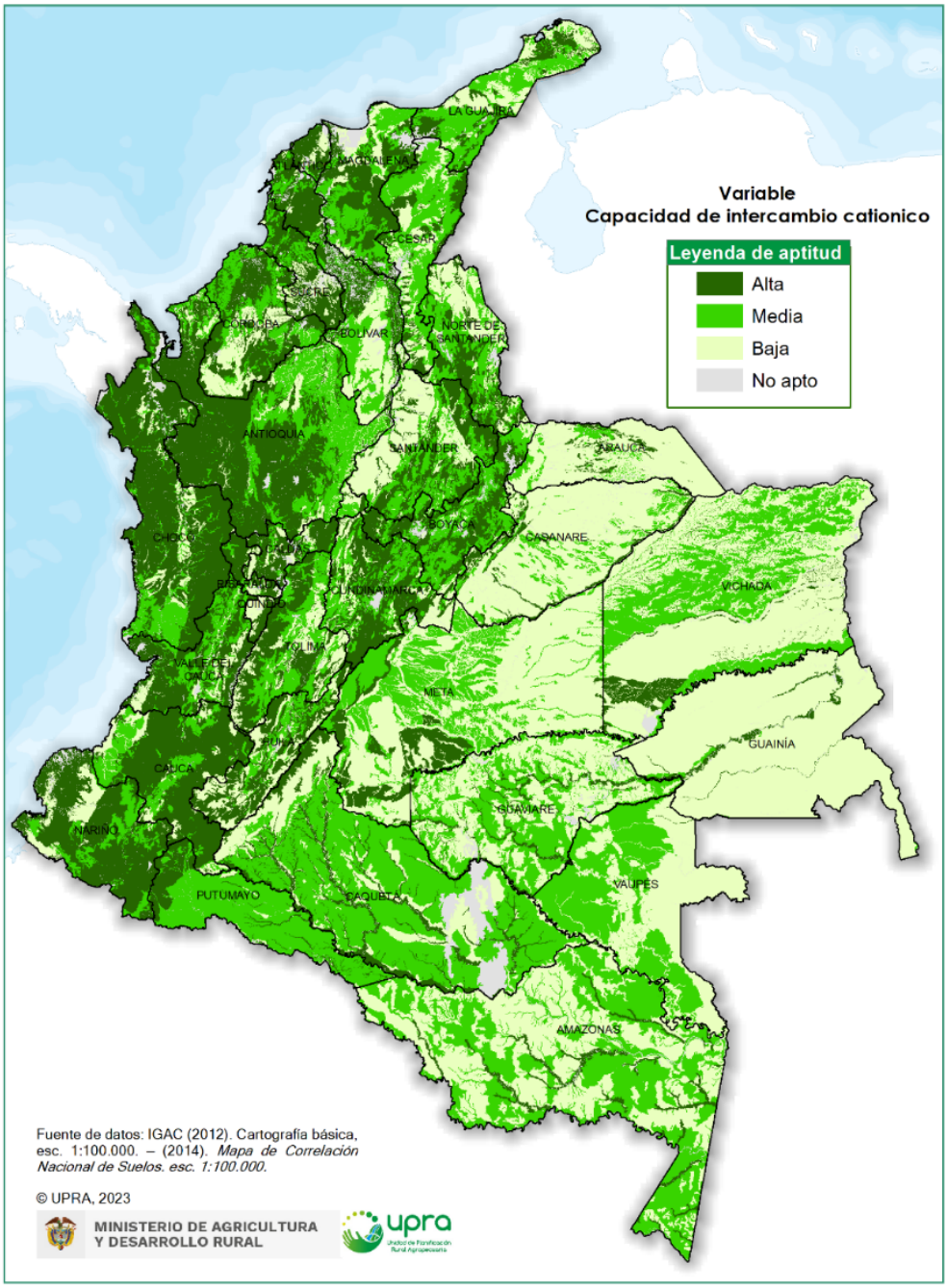
FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de* códigos). Bogotá: IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* IGAC.
- Cortés, A.; Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. UJTL, p. 270.
- Malagón, D. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* IGAC, p. 423-427.

Santos J., *et al.* (2019). *Fisiología del cultivo de yuca en el bosque seco tropical de Sucre Colombia*. Temas Agrarios, vol. 24, núm. 1, 2019. Universidad de Córdoba.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.5 Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	**ü**
	Análisis jerárquico	**✓**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

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

DEFINICIÓN

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).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos para las plantas, restringe el crecimiento y la producción de yucas, además de 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 que incrementa los costos para la adecuación y manejo pues se requiere la aplicación de enmiendas.

En el ámbito de los suelos colombianos, tienen gran importancia la presencia de altas saturaciones de aluminio (Al) en suelos ácidos de clima húmedo y en suelos muy evolucionados del sector oriental, y las altas concentraciones de sales y de sodio (Na) en los suelos básicos o alcalinos, generalmente de climas secos.

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 por su lado (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.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

De acuerdo con la fisiología de las plantas y teniendo en cuenta las propiedades de los suelos colombianos, hay variables de este criterio que tienen rangos donde no es posible el cultivo comercial de yuca. Se consideran no aptas (N1), para el cultivo, las tierras que presentan saturaciones de sodio (PSI) superiores a 15 %.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitudes de las variables del criterio se obtuvieron de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), y se dio la calificación que técnicamente se consideró para cada una de ellas, así:

Rangos de las variables

Variable	Subvariable	Unidad de medida	Aptitud			
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad y sodicidad	Salinidad	Conductividad eléctrica (CE dS/m)	≤2	2-4	>4	-
	Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)
Saturación de aluminio		Porcentaje de saturación (%)	≤30	30-60	>60	-

Los rangos de aptitud de cada variable están dados de acuerdo con diferentes consultas con agricultores e investigación relacionada con el cultivo de yuca.

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 los cultivos de yuca, ya que reduce las posibilidades del adecuado desarrollo de las plantas, por lo tanto, bajos índices de producción.

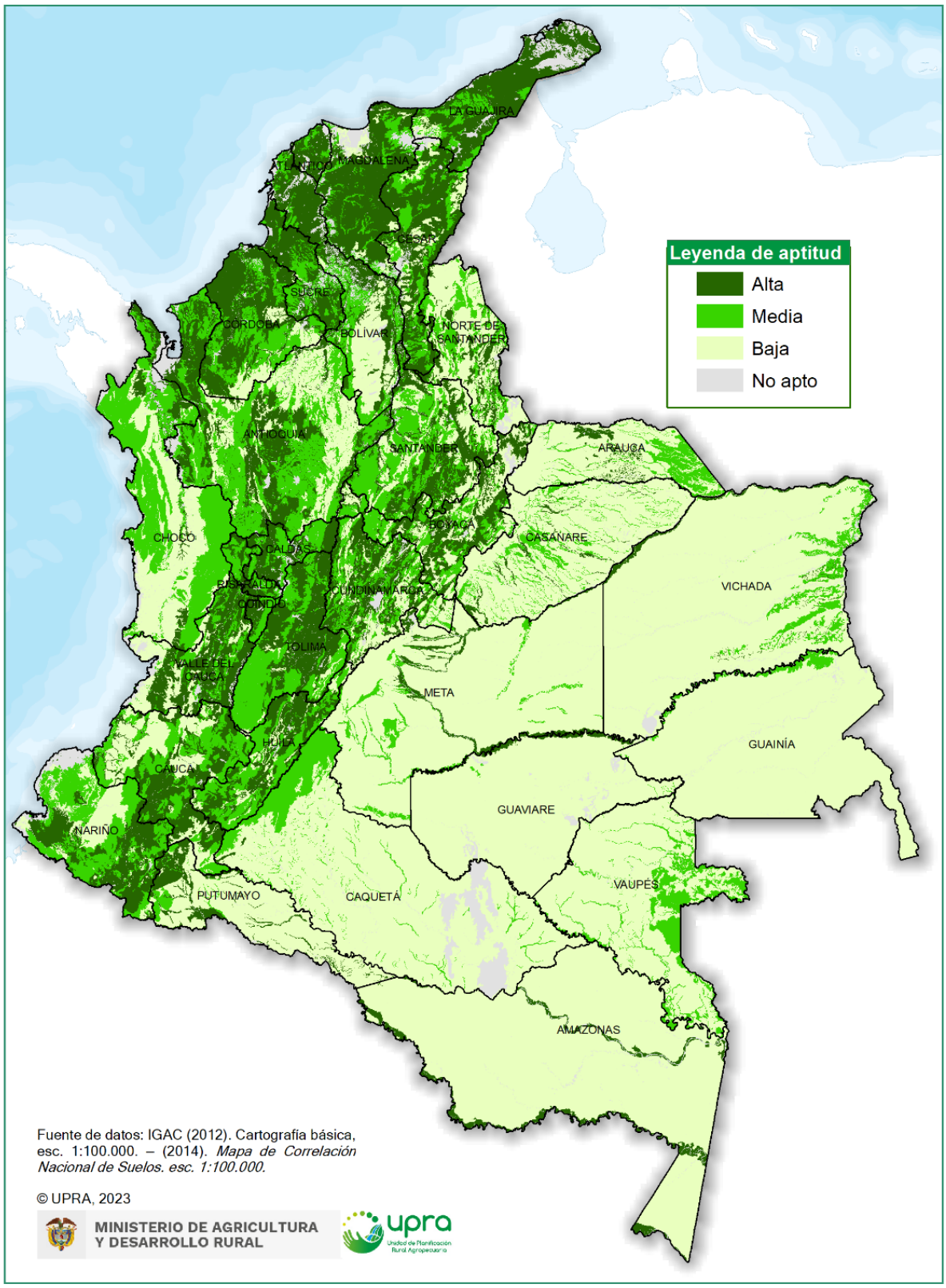
Árbol de decisión del criterio

Saturación de aluminio (%)	Salinidad (CE dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
≤ 30	≤ 2	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	2 - 4	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
30 – 60	≤ 2	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	2 - 4	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
> 60	≤ 2	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	2 - 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. – (2014). *Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

1.5.1. Variable salinidad y sodicidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO:toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: salinidad y sodicidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** salinidad (CE dS/m) y sodicidad (PSI)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 yuca.

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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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).

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 lo 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 no profundizan lo suficiente y hay menos ramificaciones.
- No hay división y crecimiento celular y, por tanto, las plantas crecen menos.

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

No se excluyen tierras por salinidad, aunque se considera que unidades de tierra con conductividades eléctricas mayores de 4 dS/m son restrictivas, y por saturación de sodio mayor de 15 %, no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de yuca.

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. Su presencia se evidencia en forma de manchas y costras (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 se obtuvieron a partir de la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Debido a que la yuca no tolera excesos de sales en el suelo (Bolaños *et al.*, 2020; FAO, 2007), suelos con aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor o igual a 2 dS/m (no salino) y menos del 15 % de Na intercambiable; con aptitud media (A2), se calificaron los suelos ligeramente salinos (2 a 4 dS/m) y menos de 15 % de saturación de Na; los suelos con baja aptitud (A3) son aquellos que presentan más de 4 dS/m y menor de 15 % de sodio, y los suelos no aptos técnicamente (N1), son suelos sódicos y salino sódicos, que presentan más del 15 % de saturación de Na.

Rangos de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad	Conductividad	≤ 2	2-4	> 4	-

	eléctrica CE (dS/m)				
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)

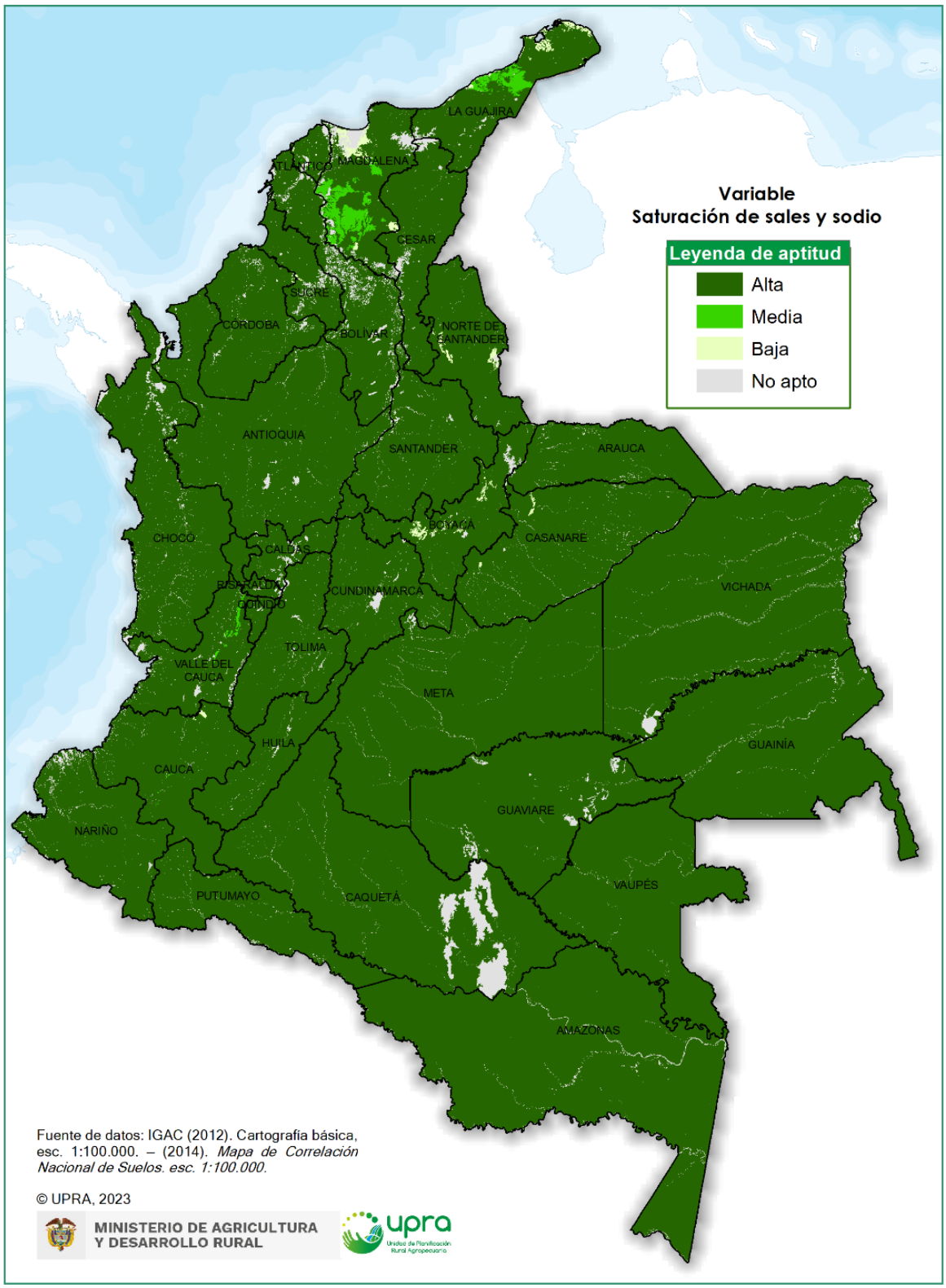
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con los productores y la literatura relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Benavides M. *et al.* (2020). *Yuca (Manihot esculenta* Crantz*). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca.* http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/02-manual-yuca-2020-EBOOK.pdf.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos, 2 ed*. IGAC, p. 30 y 128.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.5.2. Variable saturación de aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: saturación de aluminio	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de saturación (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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

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

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. En la zonificación de aptitud para el cultivo de yuca, los excesos de aluminio disminuyen la disponibilidad del fósforo, elemento importante en el suministro de energía para las plantas y responsable de buen desarrollo 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

Para el cultivo de la yuca no se consideró algún rango de exclusión técnica (N1).

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 ésta existen áreas de distintos tamaños 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 logró a partir de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

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

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

La calificación para obtener estos rangos se hizo 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, en cuanto a las inconvenientes de la saturación de aluminio (Aguilera, 2012; Lebot, 2020; FNC y Cenicafé, 2007; FAO, 2007; Bolaños *et al*., 2020), se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), aquellas con saturaciones menores o iguales a 30 %; aptitud media (A2), entre 30 y 60 % y aptitud baja (A3), saturaciones de aluminio, con valores que superan el 60 %.

Rangos de aptitud

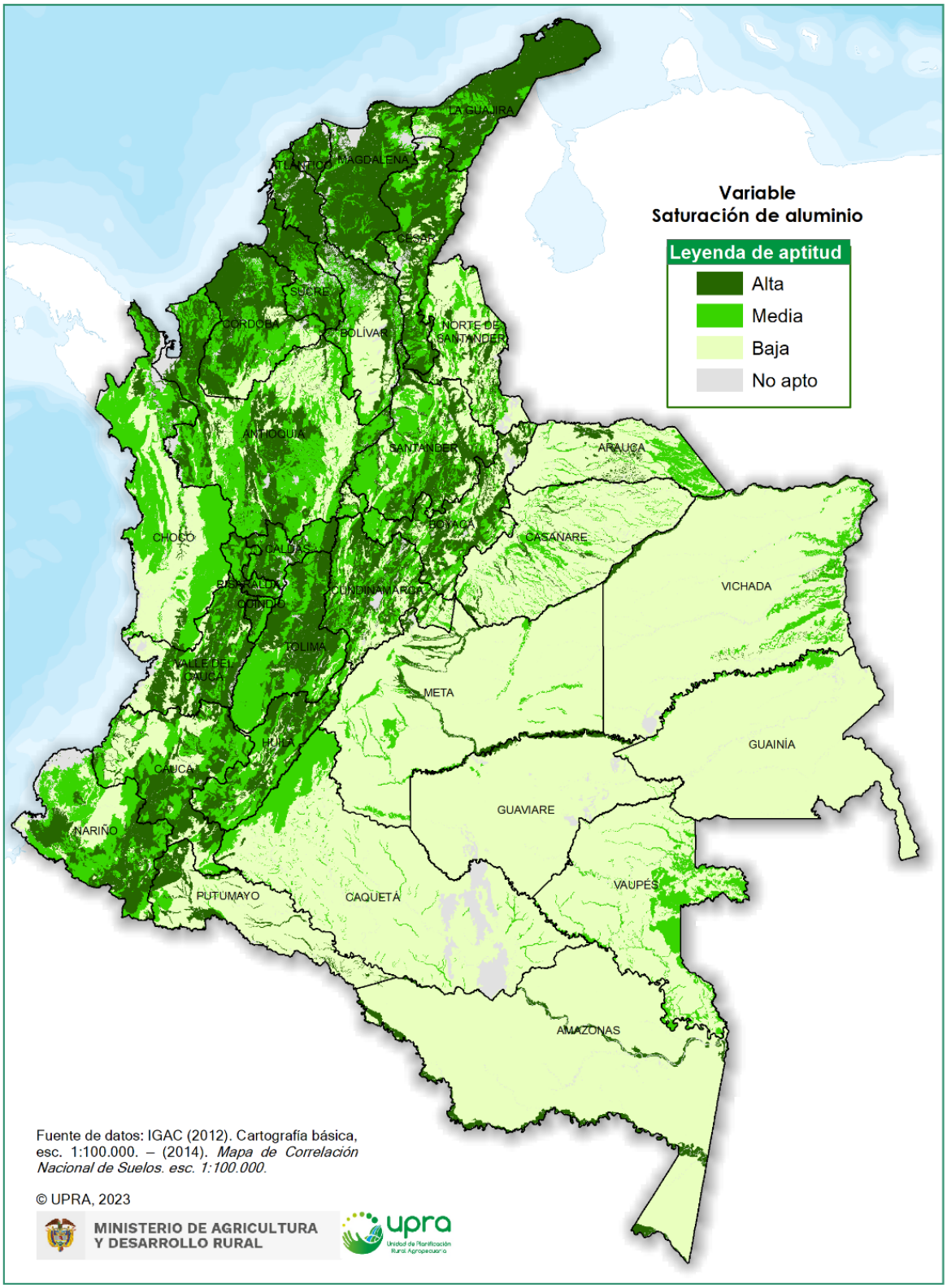
Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 30	Alta (A1)
30 - 60	Media (A2)
> 60	Baja (A3)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial*. Documentos de trabajo sobre economía regional n.° 158. Banco de la República.
- Bolaños *et al.* (2020). *Yuca (Manihot esculenta Crantz). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/02-manual-yuca-2020-EBOOK.pdf.
- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. UJTL.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- Federación Nacional de Cafeteros (FNC), Cenicafé. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Productividad de café en sistemas intercalados, p. 256-274.
- Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. IGAC, p. 128-130.
- IGAC. (2010*). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 11.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lebot, V. (2020). *Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France (CIRAD). 2da edition.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.6 Criterio disponibilidad de oxígeno

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Susceptibilidad a inundaciones, expresada en clases por duración.
- Drenaje natural, expresado en clases de drenaje.

DEFINICIÓN

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.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la producción de los cultivos de yuca, dado 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 y, por ende, todas las funciones fisiológicas de las plantas.

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

LIMITANTES DE 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 unidad existen áreas de diversos tamaños que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se consideran tierras sin aptitud técnica (N1) para el cultivo de yuca, las que tienen drenaje natural muy pobre y encharcamientos e inundaciones muy largos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Rangos de las variables

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

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con los productores e informes técnicos relacionados.

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 de los cultivos de yuca, ya que implica bajo desarrollo de las plantas y, en general, disminución de la producción.

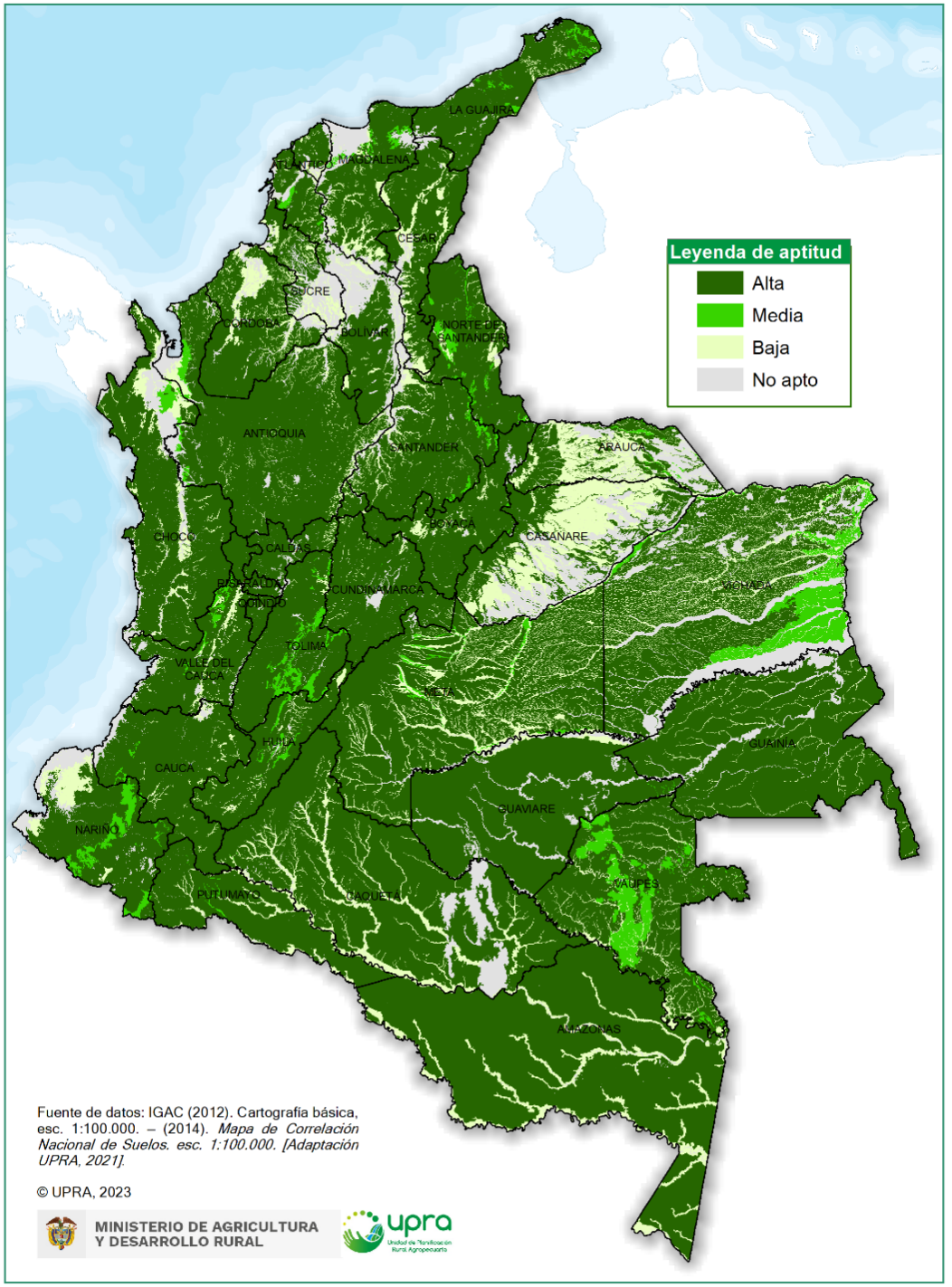
Árbol de decisión del criterio

Drenaje natural	Susceptibilidad a inundaciones	Aptitud
Bueno	No hay	A1
	Cortas	A1
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	No hay	A2
	Cortas	A2
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Imperfecto, pobre	No hay	A3
	Cortas	A3
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Muy pobre	Cualquiera	N1

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



1.6.1 Variable susceptibilidad a inundaciones

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: susceptibilidad a inundaciones	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases por duración	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Las inundaciones generalmente 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 encharcamientos depende de cada especie vegetal.

Las plantas de yuca no toleran encharcamientos ni inundaciones por periodos prolongados, ya que se presentan significativas pérdidas económicas, desde retrasos en el crecimiento, pérdida de vigor, daños por enfermedades, pudriciones radiculares y hasta la muerte de estas.

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

Se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), donde se presentan inundaciones muy largas y donde el drenaje natural es muy pobre, ya que no se puede establecer al menos un cultivo en el año.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), la fase por inundación o encharcamiento califica toda la unidad cartográfica de suelos, donde también se presentan áreas pequeñas que no son afectadas, pero que no se puede representar cartográficamente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El manual de códigos (IGAC, 2010) clasifica las inundaciones de acuerdo con su duración de la siguiente manera:

Clases por duración de las inundaciones o encharcamientos

Clase	Descripción
Extremadamente corta	Menor de un 1 día
Muy corta	De 1 a 2 días
Corta	De 2 a 7 días
Larga	De 7 a 30 días
Muy larga	De 30 a 90 días
Extremadamente larga	De 90 a 180 días

Para la delimitación cartográfica de la variable, se evalúan las inundaciones registradas en el mapa nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con las recomendaciones de manejo de los cultivos de yuca (Aguilera, 2012; Lebot, 2020; FAO, 2007) las unidades cartográficas donde no se registra ocurrencia de inundaciones tienen aptitud alta (A1); las inundaciones cortas tienen aptitud media (A2); las largas, aptitud baja (A3) y las muy largas no presentan aptitud técnica (N1).

Rangos de aptitud

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

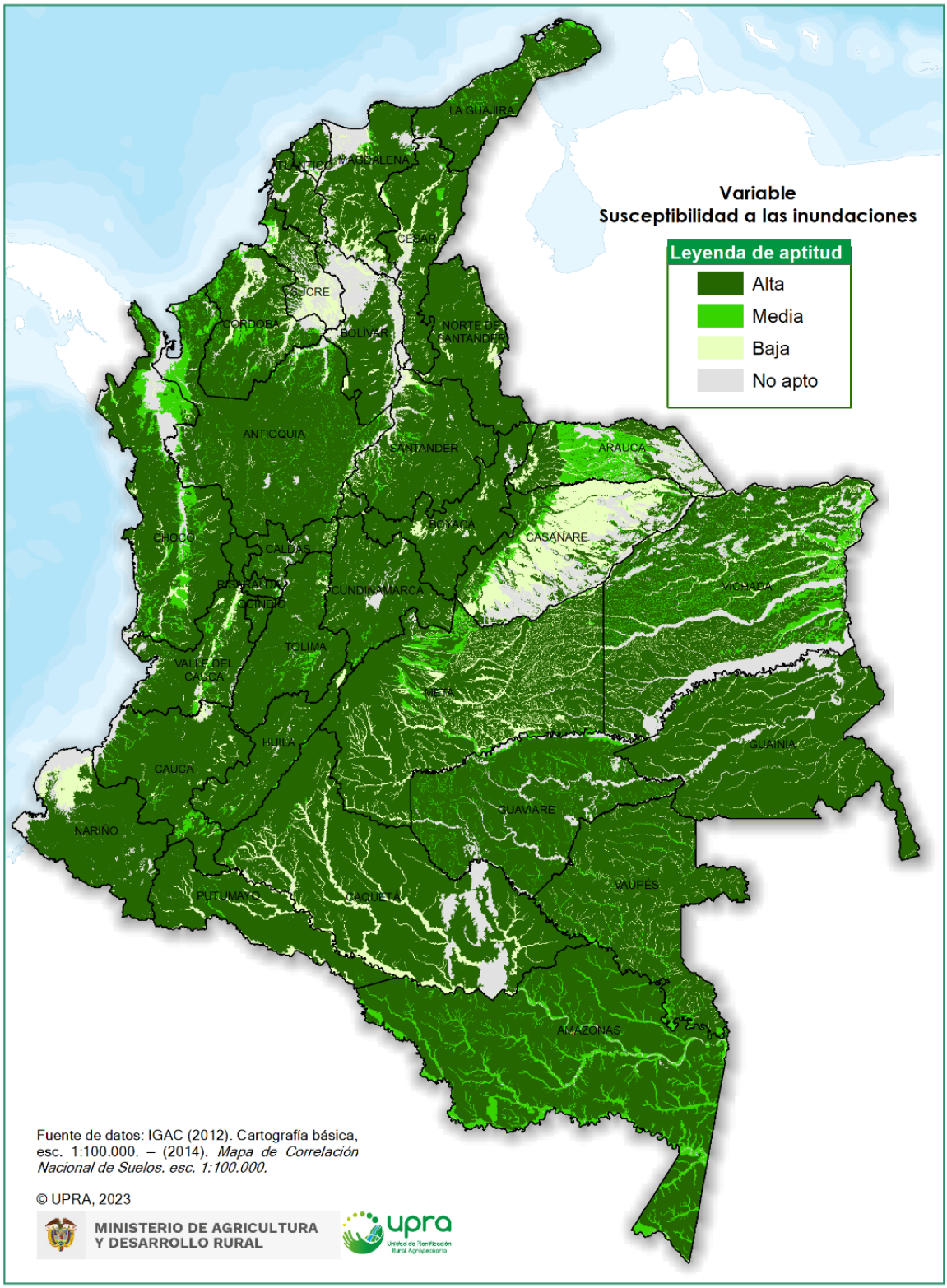
Los rangos de aptitud de las variables están dados con base en diferentes consultas con agricultores y reportes técnicos.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial*. Documentos de trabajo sobre economía regional n.° 158. Banco de la República.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lebot V. (2020). *Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France (CIRAD). 2da edition.
- OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra: WMO, p. 127.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.6.2. Variable drenaje natural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: drenaje natural	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de drenaje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Rapidez y grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del mismo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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 yuca a la presencia o ausencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de yuca no soportan suelos muy pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna de los suelos y de la escorrentía.

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

Para los cultivos de yuca se excluyen como zonas aptas (N1), las tierras con drenaje muy pobre, ya que se encuentra agua por largos periodos en la zona radicular de las plantas.

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, no se pueden representar espacialmente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomó como base el drenaje natural registrado en las unidades cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con las recomendaciones de manejo y las consultas con productores, el cultivo de yuca requiere suelos bien drenados (Aguilera, 2012; FAO, 2007; Lebot, 2020; Ospina *et al.*,

2002), por lo tanto, estos tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; los drenajes naturales moderado, excesivo y moderadamente excesivo tienen aptitud media (A2), por requerir de algunas obras para optimizar el oxígeno disponible. Los drenajes naturales imperfecto y el pobre tienen aptitud baja (A3), por falta de oxígeno disponible temporalmente y, por ende, requerir obras de mayor envergadura para adecuar el drenaje. No se consideran aptos (N1) los suelos con drenaje muy pobre debido a la ausencia permanente de oxígeno en las raíces.

Rangos de aptitud

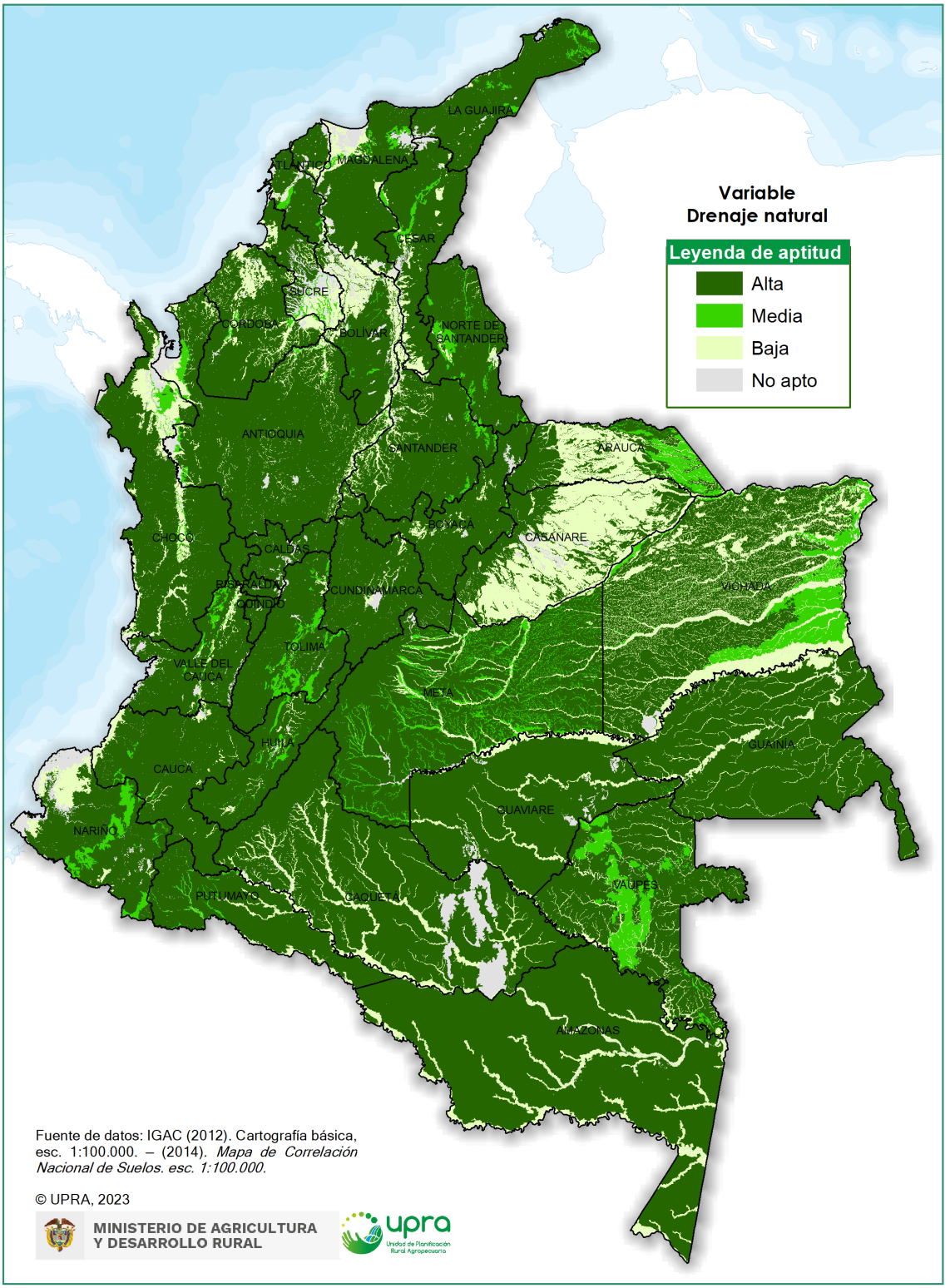
Drenaje natural (clases)	Aptitud
Bueno	Alta (A1)
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	Media (A2)
Imperfecto, pobre	Baja (A3)
Muy pobre	No apto (N1)

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial.* Documentos de trabajo sobre economía regional n.° 158. Banco de la República.
- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* UJTL.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.* Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* IGAC.
- Lebot, V. (2020). *Tropical Root and Tuber Crops. Cassava, Sweet Potato, Yams and Aroids*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement France (CIRAD). 2da edition.
- Ospina, B. *et al.* (2002). Compilador. *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización.* Centro internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, Proyecto IP-3 Mejoramiento de la Yuca.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification*. Agriculture Handbook n.° 210. Soil Conservation Service USDA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.7 Criterio disponibilidad de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Régimen de humedad, expresado en clases de regímenes de humedad.
- Textura, expresada en clases de texturas.

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

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 yuca.

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.

LIMITANTES DE 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 esta, lo que significa que dentro de una unidad cartográfica existen áreas pequeñas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

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 yuca, 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 disminuciones en la producción.

La textura no presenta exclusiones para el cultivo de yuca, dado que, en diferentes clases texturales, es posible el establecimiento y desarrollo de estos cultivos, con diferentes grados de aptitud.

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 para cada una de ellas:

Rangos de las variables

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Régimen de humedad	Clases de regímenes	Údico, Perúdico, Ústico	-	Ácuico	Arídico y Perácuico
Textura	Clases de texturas	F, FL, FAr, FArA, FArL, ArA, ArL (Andisoles)	L, FA, Ar	A, AF (Psamments)	-

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

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 de los cultivos de yuca, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, reflejado en la disminución de la producción.

Los suelos Andisoles se calificaron con aptitud alta (A1) por su buena retención, mientras que los Psamments tuvieron baja (A3), debido a que son arenosos y tienen muy poca retención de humedad.

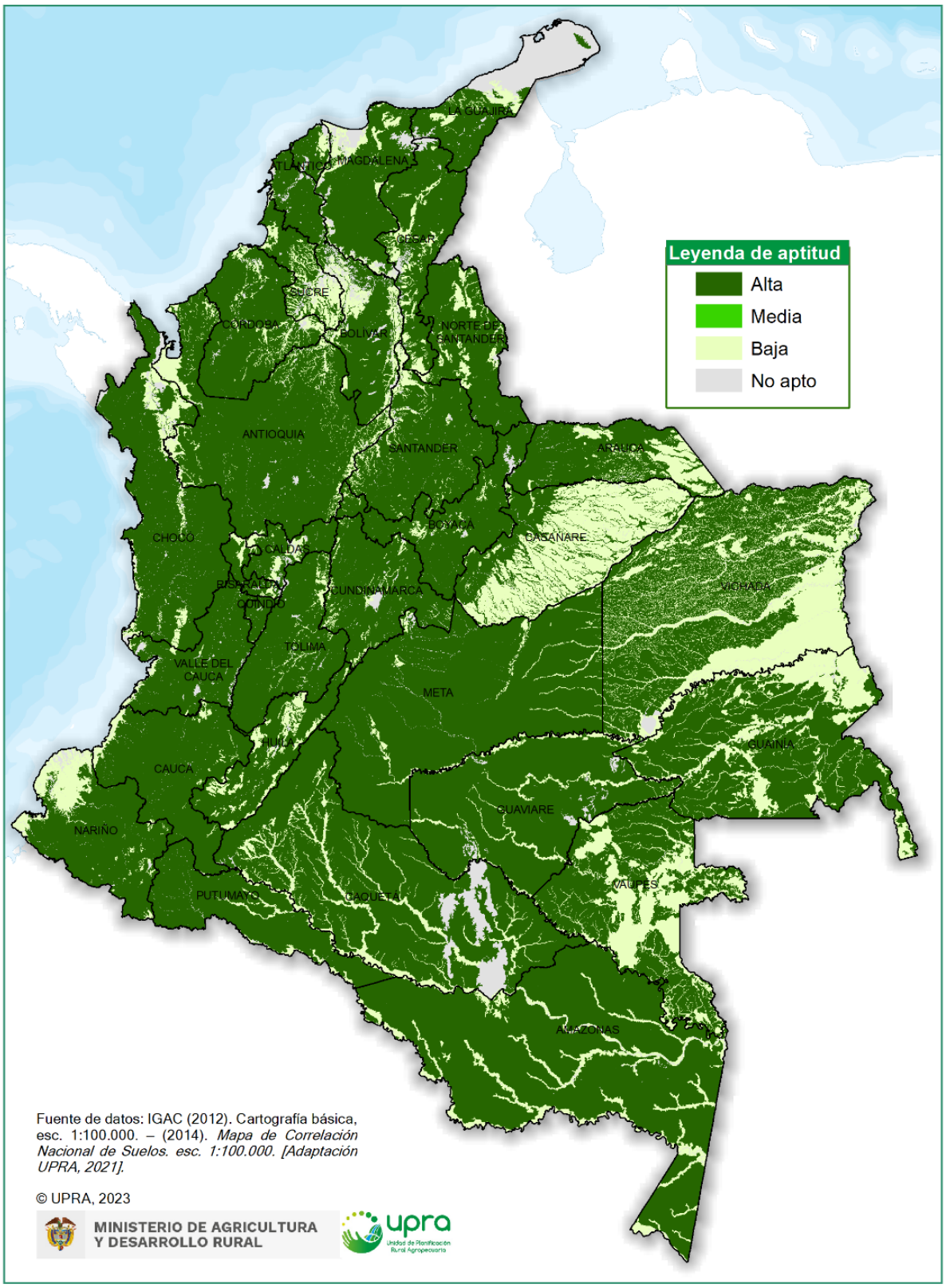
Árbol de decisión del criterio

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. – (2014). *Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [Adaptación UPRA, 2021].*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

1.7.1 Variable régimen de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
VARIABLE: régimen de humedad	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de regímenes de humedad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

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).

A continuación, se presentan los diferentes regímenes de humedad del suelo:

Údico (del latín *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 latín *per*, a lo largo en el tiempo, y *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 (del latín *ustus*, quemado; implica sequedad): es intermedio entre el régimen Arídico y el Üdico. Tiene humedad limitada, pero está 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 (del latín *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: suelos 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 y *tórrido* (del latín aridus, seco, y 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:

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.
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

En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de cultivos de yuca; los regímenes de humedad údico y ústico son los mejores; los regímenes muy secos o muy húmedos limitan en la mayoría de los casos, el normal desarrollo de las plantas de yuca.

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 lo tanto, éstas se consideran un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas.

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.

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; esto significa que, dentro de un área determinada, pueden existir regímenes de humedad diferente al que se está calificando.

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 medio, y el daño por la permanencia de agua en el suelo para el cultivo de yuca (Aguilera, 2012; Ospina *et al.*, 2002; FAO, 2007), se consideran los siguientes rangos de aptitud:

Clases por regímenes de humedad

Régimen de humedad (clases de regímenes de humedad)	Aptitud
Údico, perúdico, ústico	Alta (A1)
-	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Arídico, perácuico	No apto (N1)

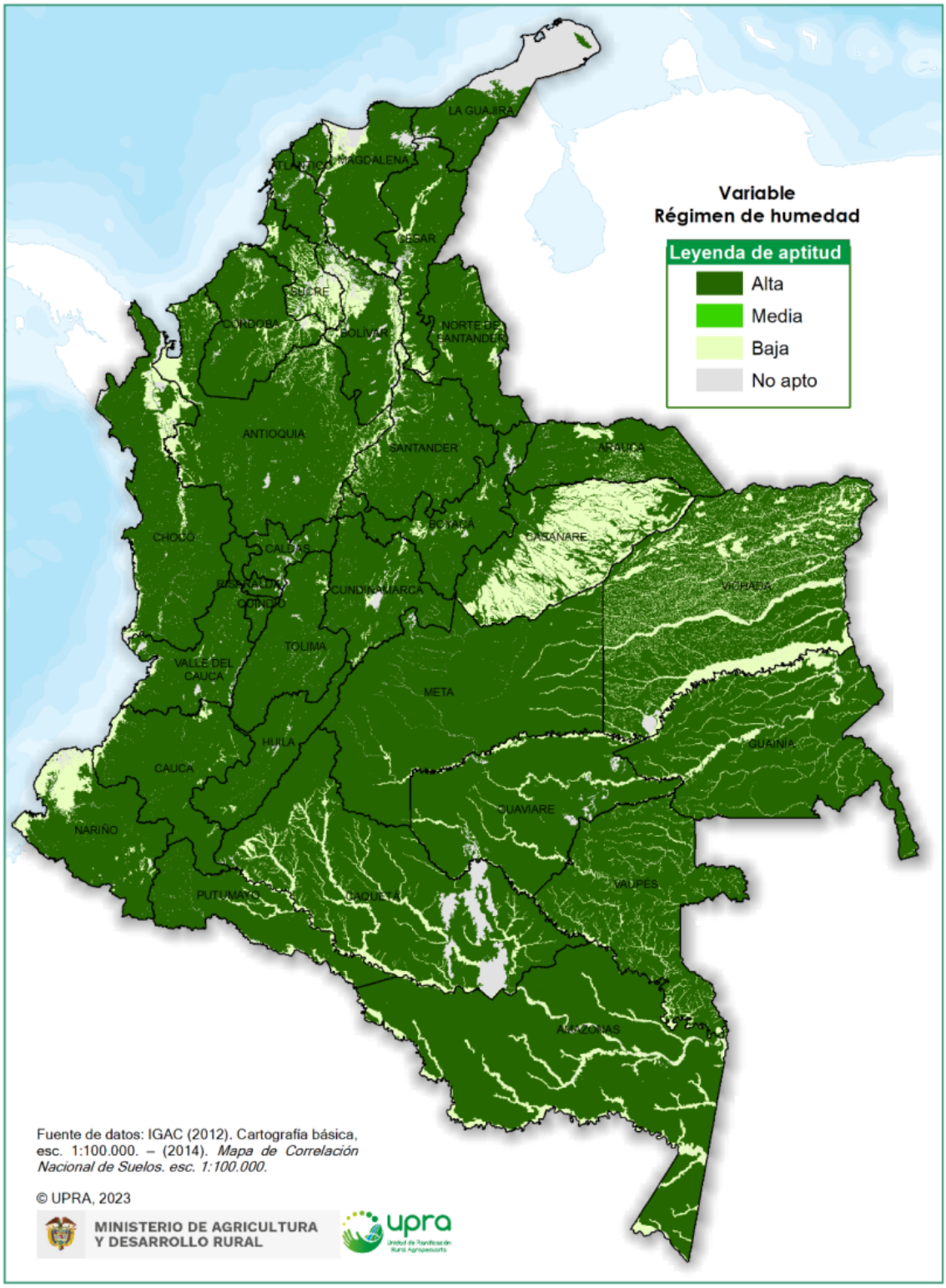
Los rangos de aptitud de las variables están dados con base en diferentes consultas con productores y la literatura relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, M. (2012). *La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial.* Documentos de trabajo sobre economía regional n.° 158. Banco de la República.
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.* Boletín de servicios Agrícolas de la FAO 163.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Ospina B. *et al.* (2002) (compilador). *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, Proyecto IP-3 Mejoramiento de la Yuca.
- Soil Survey Staff. (2022). Keys to Soil Taxonomy, 13th edition. USDA Natural Resources Conservation Service.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.7.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de texturas	
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

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 más gruesos de partículas 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 los cultivos de yuca pueden desarrollarse, 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, su calificación se realiza sobre la dominancia de la clase textural, en los horizontes superficiales del componente taxonómico de mayor representatividad. Por 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

Se tienen en cuenta las clases texturales, 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)

La información 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.

Esta variable se calificó con base en los requerimientos de los cultivos de yuca, en relación con su crecimiento y desarrollo, los cuales fueron consultados con 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, las cuales favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias. Se incluyen los suelos Andisoles por tener buena retención de humedad.

Las texturas con aptitud media (A2), tienen mejor balance entre las partículas finas y las 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 muy alta capacidad que tiene la materia orgánica de retener humedad. La clase arcillosa se involucra en esta calificación ya que altos contenidos de humedad cerca de las raíces tuberosas causan enfermedades.

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 yuca. Se incluyen los suelos Psamments, por estar constituidos por arenas.

Rangos de aptitud

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

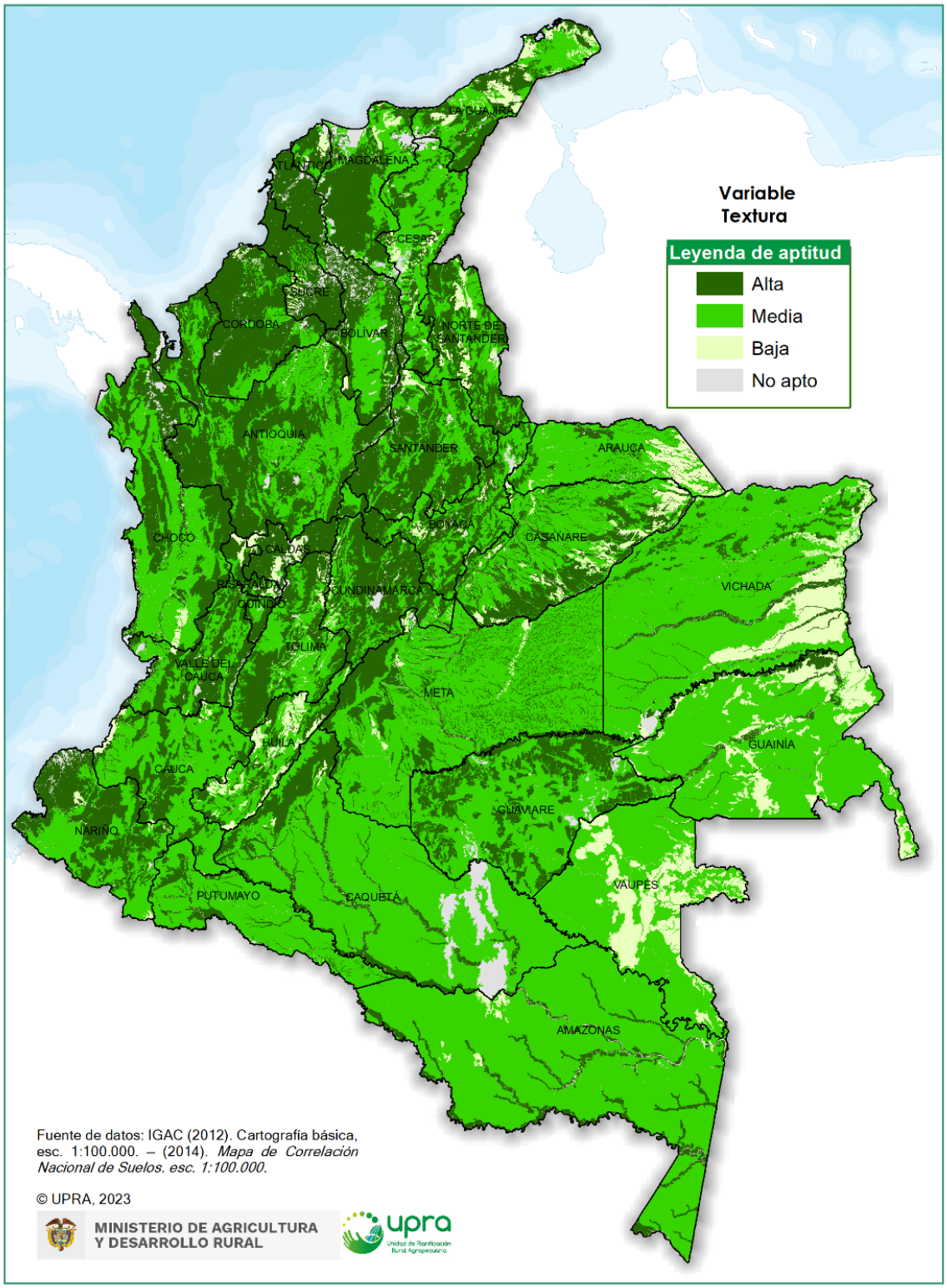
Esta variable se calificó con base en los requerimientos del cultivo de yuca, consultados con productores y la literatura relacionada.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC, p. 119.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC, p. 101, 157 y 158.
- USDA. (2017). *Soil sourvey manual*. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



1.8. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERR (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: físico	**SUBCOMPONENTE:** edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	**ü**
	Análisis jerárquico	**✓**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

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 la probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).

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 del suelo, originando una disminución de la productividad (FAO, 1976; 1991).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Para el establecimiento de cultivos de yuca, se prefiere que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque las actividades del cultivo, relacionadas con el suelo, como su preparación, mantenimiento y cosecha, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica con la pendiente y la alta pluviosidad.

La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y de la fertilidad, lo cual redunda en el crecimiento de los cultivos.

Por otro lado, el desgaste de suelo significa generación de sedimento que influye en la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Las variables amenazan a movimientos en masa y 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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

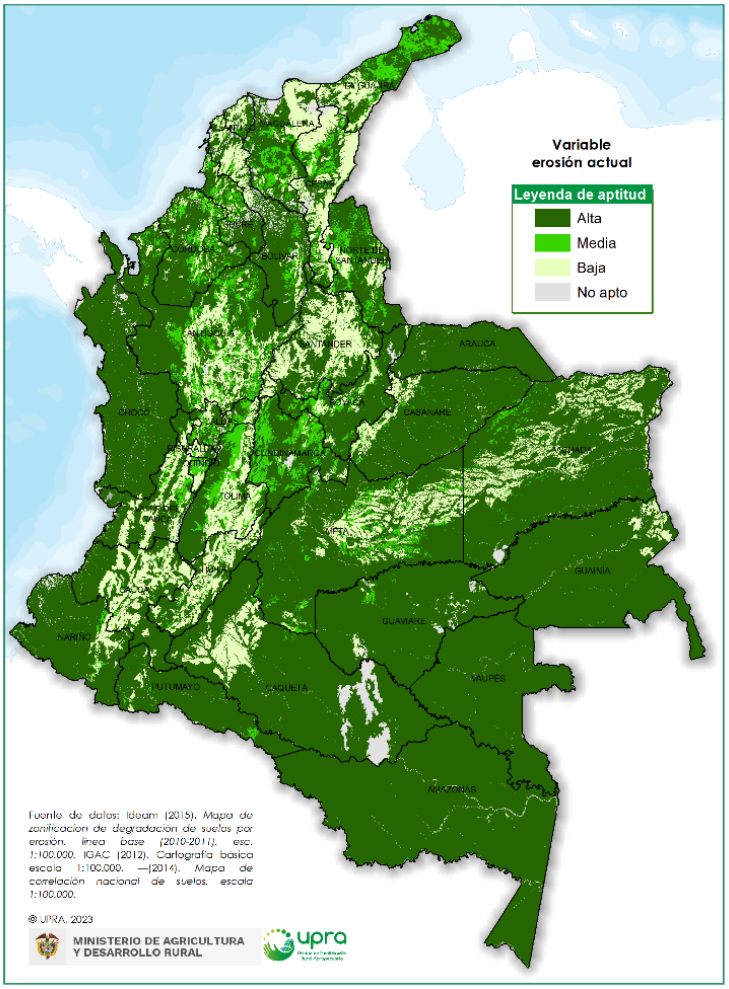
Se considera que la susceptibilidad a la pérdida de suelos tiene límites que se califican como no aptos (N1), ya que en algunos casos prácticamente no existe capa productiva y deben estar destinadas a la restauración ecológica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Este criterio se estableció en tres etapas. La primera es un mapa de erosión actual que se definió mediante la combinación de los mapas de fases de erosión (IGAC, 2014) con el de degradación de suelos por erosión (Ideam, 2015), haciendo uso de un árbol de decisión; la segunda es un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, resultante mediante un árbol de decisión de la combinación del mapa de susceptibilidad relativa a los movimientos en masa del SGC con el factor LS (pendiente y longitud de la ladera); la tercera es la obtención del mapa de susceptibilidad a la pérdida de suelos mediante la unión de los dos mapas anteriores, también mediante un árbol de decisión.

Erosión actual		
Fases por erosión, correlación de suelos de (IGAC)	**Degradación de suelos por erosión de 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

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



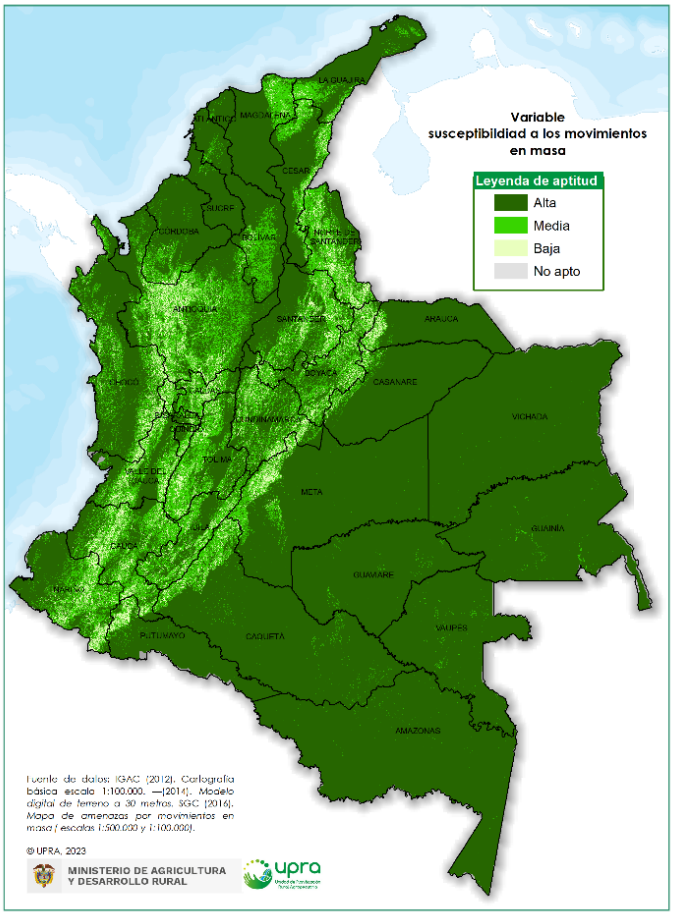
En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utiliza el factor LS con los siguientes rangos:

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 a movimientos en masa		
Factor LS (longitud de la pendiente)	**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

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



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

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Erosión actual	**Susceptibilidad a 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

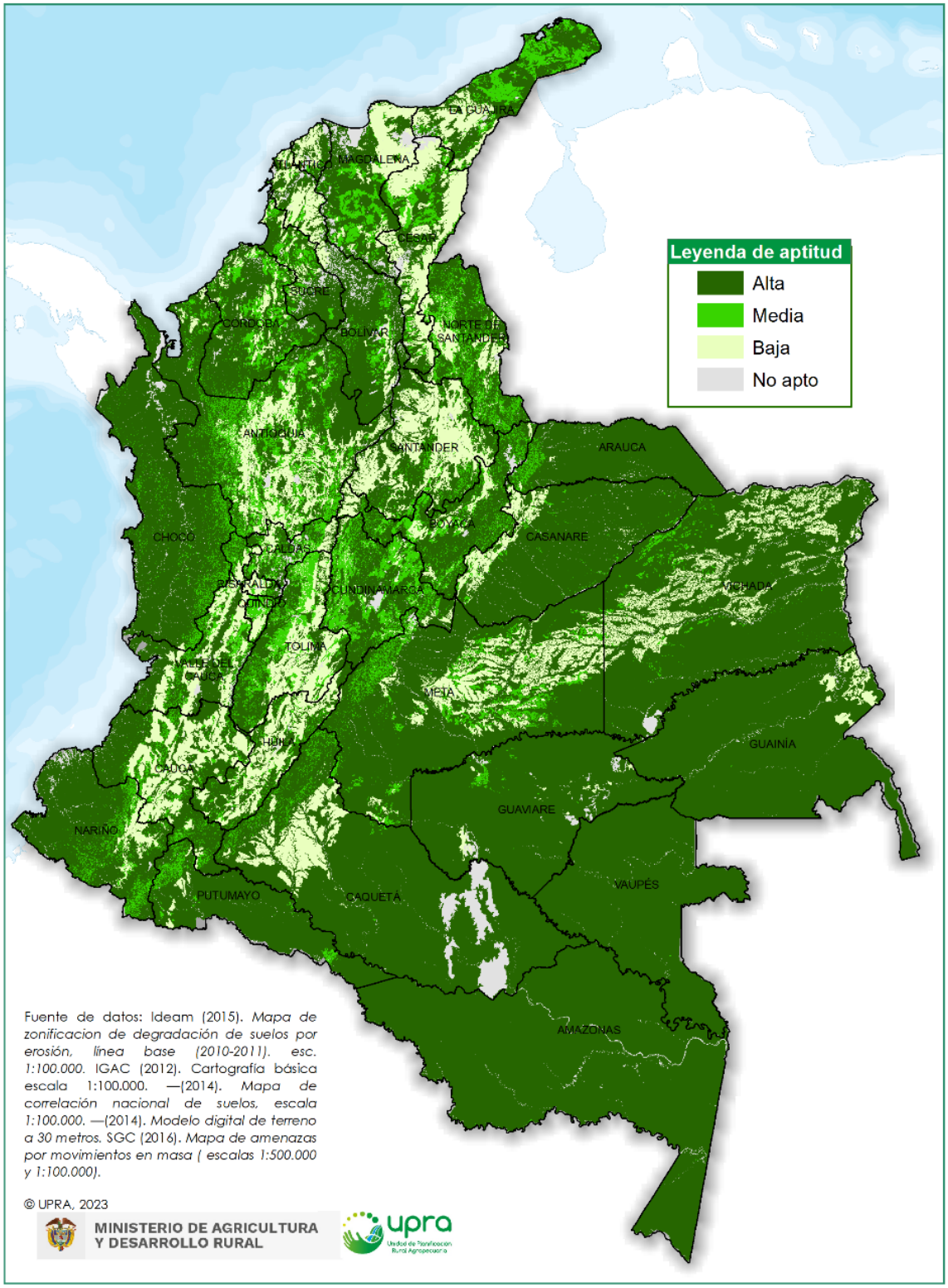
El argumento para diferenciar los niveles de aptitud radica en el efecto que cada uno de los rangos tiene en el favorecimiento a la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva. A continuación, se presenta los criterios cualitativos de calificación:

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (1976). *A framework for land evaluation.* (FAO, Ed.) Obtenido de FAO AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Soils bulletin 32. http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e00.htm
- FAO. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing.* FAO Soils Bulletin 58.
- Ideam. (2015). *Degradación de suelos por erosión*. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*. IGAC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Amenaza de movimientos en masa*. SGC.
- Soil Science Society of America. (2018). *Glossary of Soils Science Terms*. Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification.* Agriculture Handbook n.° 210. Soil Conservation Service USDA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: Ideam (2015). *Mapa de zonificacion de degradación de suelos por erosión, línea base (2010-2011). esc. 1:100.000.* IGAC (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. —(2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* —(2014). *Modelo digital de terreno a 30 metros.* SGC (2016). *Mapa de amenazas por movimientos en masa (escalas 1:500.000 y 1:100.000).*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico

2.1. Criterio apropiación de agua

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (Mm^3).
- Diferencia de uso del agua, expresada en milímetros (mm).

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 yuca, como materia prima para su desarrollo y producción.

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, porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento, o por vía evapotranspiración de los cultivos.

Este requerimiento 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 yuca, 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.

El 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. Por lo tanto, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (el cultivo de yuca 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 riesgo en el abastecimiento para dichos cultivos.

De acuerdo con el ENA (2019), el cultivo de yuca se encuentra dentro de los cinco cultivos principales que representan el mayor porcentaje de demanda hídrica, con 11,8 % de la demanda de cultivos permanentes asociada a 1077,8 millones de m^3/año. Debido a la falta de discriminación de la demanda hídrica del cultivo, se calculó considerando el uso consuntivo del cultivo de yuca 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 del establecimiento del cultivo de yuca. 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 coeficiente del cultivo (Kc) de las coberturas actuales a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

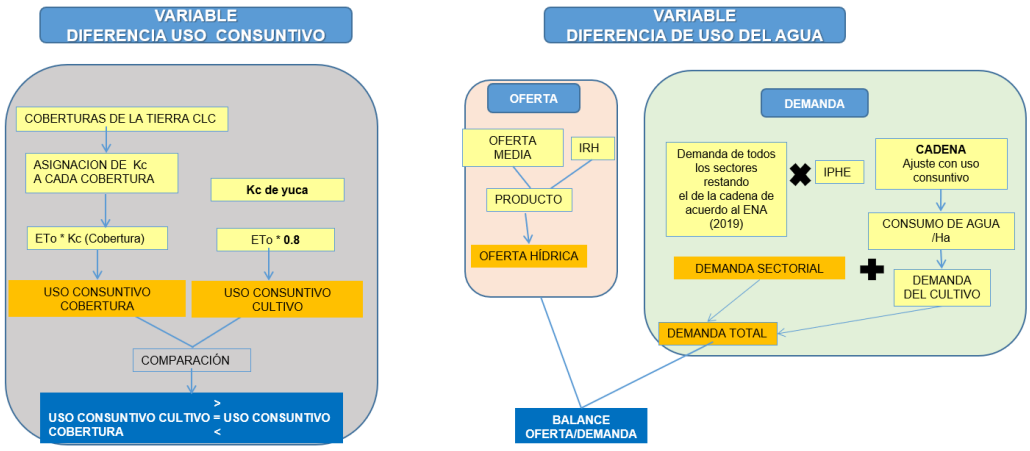
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

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 de apropiación de agua para yuca, se aplicó la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua



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 cultivo; para su cálculo se parte del valor de la evapotranspiración y el Kc, por lo tanto, la variable de 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 yuca, 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 yuca. Si el dato de la relación es mayor a cero (0) refiere a que es mayor la evapotranspiración del cultivo de yuca, a la cobertura actual, por lo cual es mejor continuar con esta última; si el dato de la relación es menor a cero (0) es porque es menor la evapotranspiración del cultivo en relación con la cobertura actual, por lo cual el cambio de la misma por este cultivo sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, donde la variación no es grande, donde las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

La variable de 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 lo anterior se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica.

Por otra parte, con relación a la demanda, se tomaron los datos de la demanda sectorial del Ideam (2019) y se multiplicaron por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por ellos para su sostenibilidad. Posteriormente se adicionó la demanda hídrica del cultivo de yuca, teniendo en cuenta el *Kc* descrito en la variable de diferencia de uso consuntivo, llevando el dato de milímetros 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. La demanda obtenida 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 de la diferencia de uso del agua y la diferencia de uso consuntivo, se establece la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, para lo cual se utilizó un árbol de decisión que involucra estas dos variables, como se muestra a continuación:

Índice de uso del agua	Diferencia uso consuntivos	Apropiación agua
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 estableció 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 en donde existe agua disponible 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), se presenta en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico, en los cuales el establecimiento del cultivo de yuca puede 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 realizó comparación con las coberturas naturales, por lo tanto, estas áreas se mantienen en aptitud baja (A3).

Rango de aptitud por apropiación de agua para el cultivo de yuca

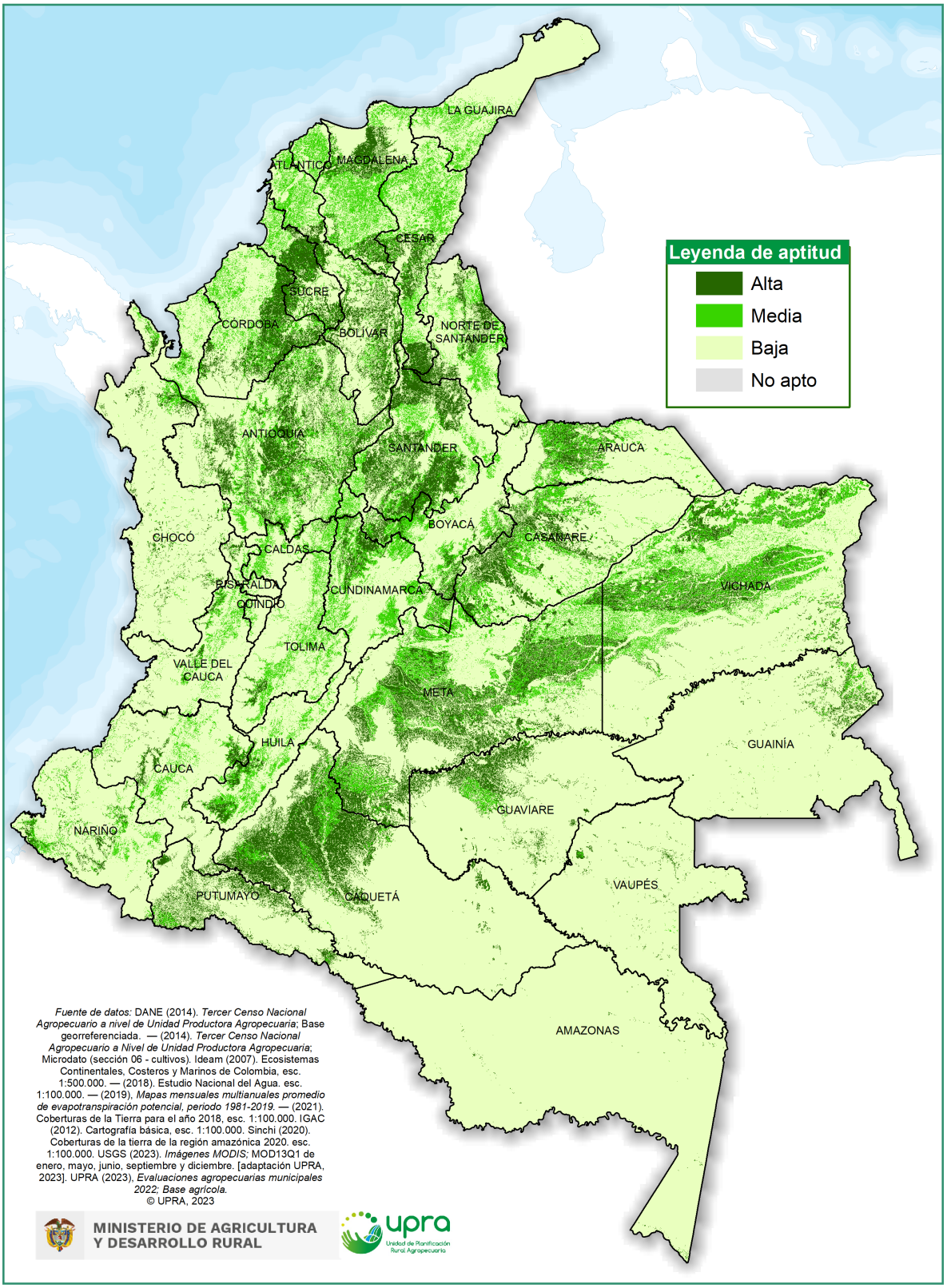
Descripción	Rango de variación	Aptitud
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de yuca y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A1 A1A2 A2A1	Alta (A1)
Zonas con sostenibilidad hídrica moderada para el abastecimiento de la demanda del cultivo de yuca 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 yuca 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)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Ideam.
- Ideam. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Ideam, p. 452.

IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: DANE (2014). *Tercer Censo Nacional Agropecuario a nivel de Unidad Productora Agropecuaria*; Base georreferenciada. — (2014). *Tercer Censo Nacional Agropecuario a Nivel de Unidad Productora Agropecuaria*; Microdato (sección 06 - cultivos). Ideam (2007). Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, esc. 1:500.000. — (2018). Estudio Nacional del Agua. esc. 1:100.000. — (2019), *Mapas mensuales multianuales promedio de evapotranspiración potencial, periodo 1981-2019.* — (2021). Coberturas de la Tierra para el año 2018, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Sinchi (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020. esc. 1:100.000. USGS (2023). *Imágenes MODIS;* MOD13Q1 de enero, mayo, junio, septiembre y diciembre. [adaptación UPRA, 2023]. UPRA (2023), *Evaluaciones agropecuarias municipales 2022; Base agrícola.*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

2.1.1. Variable diferencia de uso consuntivo

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: apropiación de agua		
VARIABLE: diferencia de uso consuntivo	**UNIDAD DE MEDIDA:** milímetros (mm)	
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), 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.

El 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 yuca y las demás 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 yuca, 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 yuca. 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 de yuca.

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

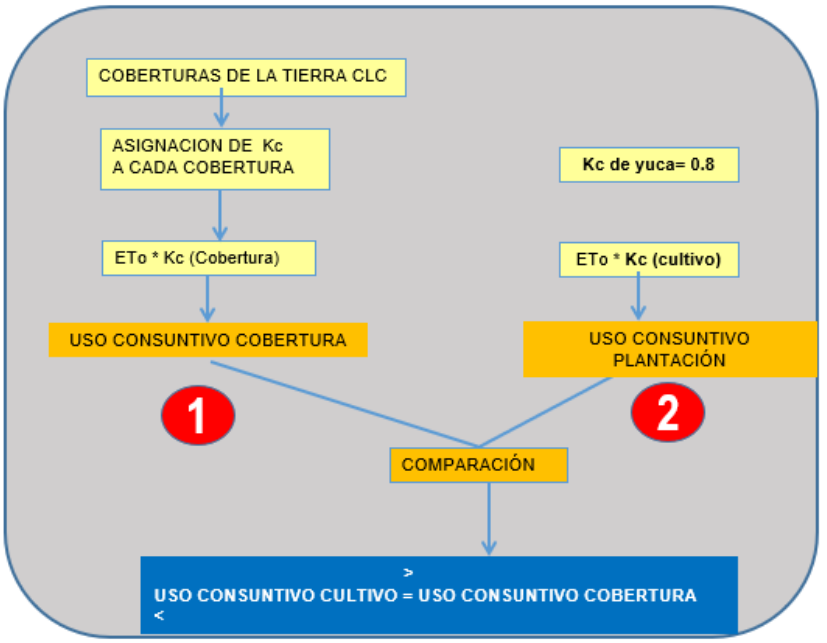
La estimación del *Kc* de las coberturas actuales se realizó a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

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 tanto, la evapotranspiración del cultivo se obtiene de la multiplicación del ETp y el Kc correspondiente (FAO, 2006).

Para el procesamiento de la variable diferencia de uso consuntivo para el cultivo de yuca, se aplicó la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo



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 equipo 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.

$$I = 12\left(\frac{T_{anual}}{5}\right) \times 1{,}514$$

$$\propto = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0{,}492$$

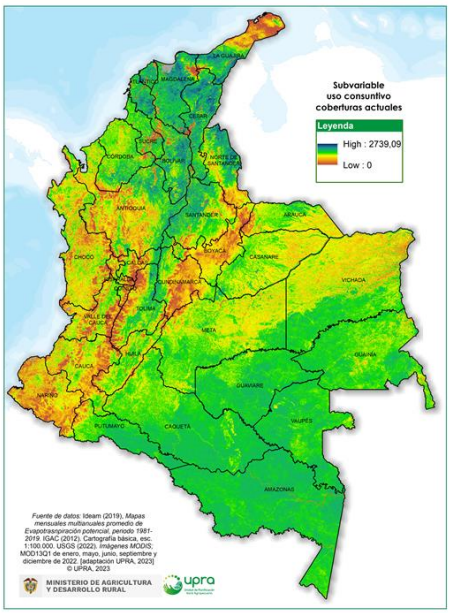
Los Kc de la cobertura actual se determinaron de acuerdo con la ecuación de Cuesta *et., al.* (2005):

Kc= 1,5625 * NDVI – 0,05

El NDVI se define como el índice de vegetación de diferencia normalizado, calculado mediante la expresión:

NDVI= (NIR-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 hizo 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. Se obtuvo el siguiente mapa.



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:

$$\mathrm{ETo} = \mathrm{K_c} \times \mathrm{ETP}$$

El valor de *Kc* para el cultivo de yuca se tomó de FAO (2006) correspondiente a 0,8.

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 m^3 de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas).

Así, para el cultivo de yuca se tiene que:

$$\mathrm{To} = \mathrm{ETP} \times (0{,}8) \times 10$$

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 yuca

Descripción	Rango ETo (mm)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor	< -382	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado	-382 a 96	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto	< 96	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

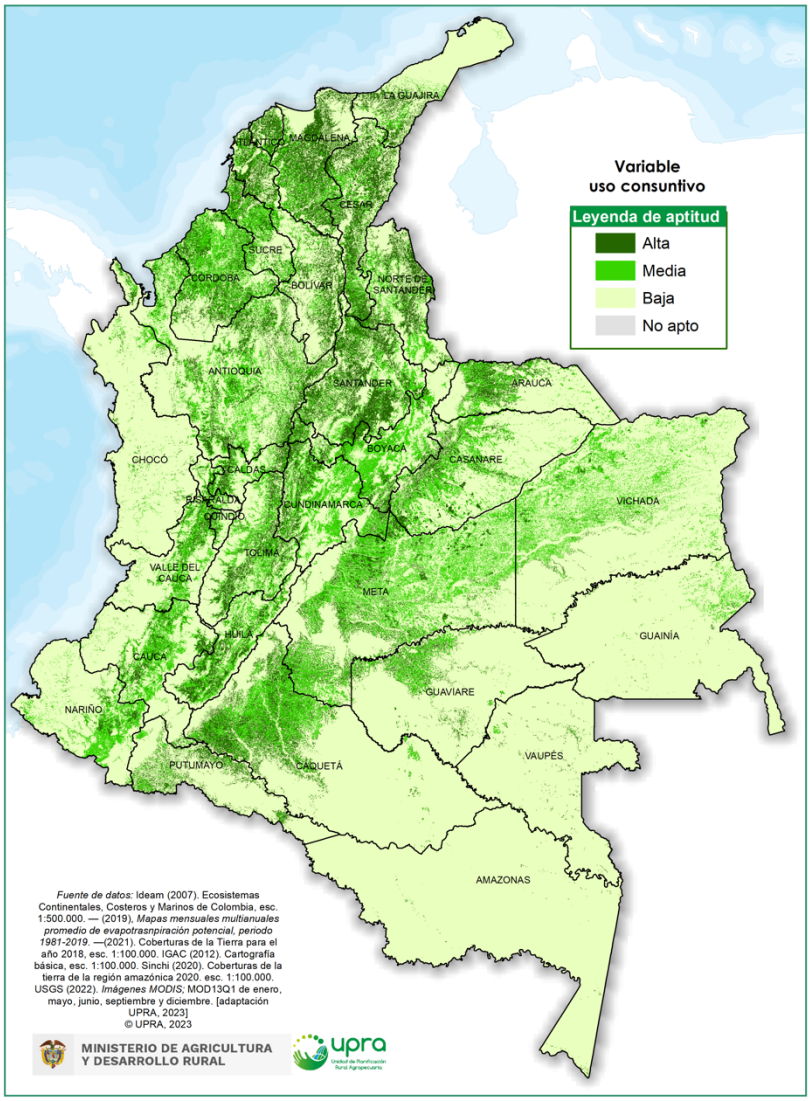
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cuesta, A., Montoro, A., Jochum, A.M., López, P. y Calera A. (2005). Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA (2005), Vol. 101 (3), 212-224.
- Ideam. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000. Ideam.
- IGAC. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Ideam.
- IGAC. (2018). Mapas mensuales multianuales promedios de evapotranspiración

potencial, periodo 1981-2019. Ideam.

- IGAC. (2021). Coberturas de la tierra para el año 2018, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- FAO. 2019. Aquastat. 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.
- Sinchi. (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Sinchi.
- Unidad de planificación Rural Agropecuaria. (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



2.1.2. Variable diferencia de uso del agua

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: apropiación de agua		
VARIABLE: diferencia de uso del agua	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de m^3 (Mm^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 yuca. 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 área o por vía evapotranspiración del cultivo.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de yuca. 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).

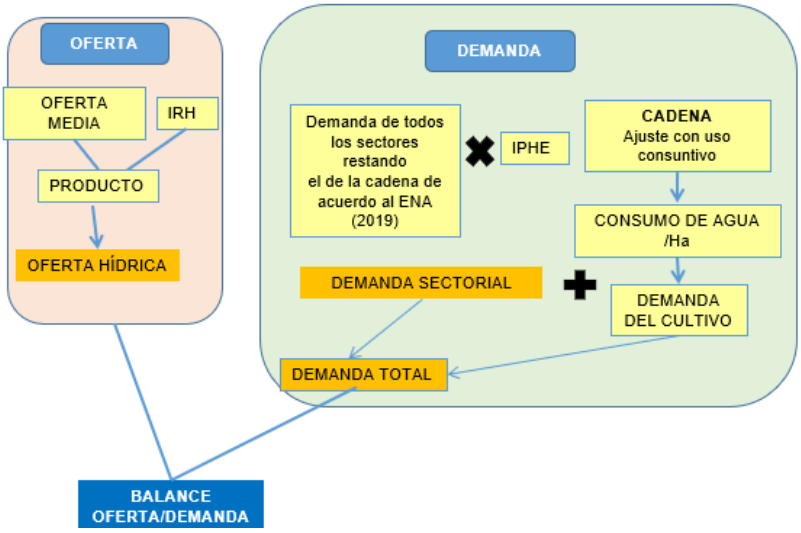
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La estimación del consumo de agua por parte del cultivo de yuca se basa en el uso consuntivo y la aptitud potencial proveniente del criterio de cambio de cobertura, que a su vez se sustenta 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

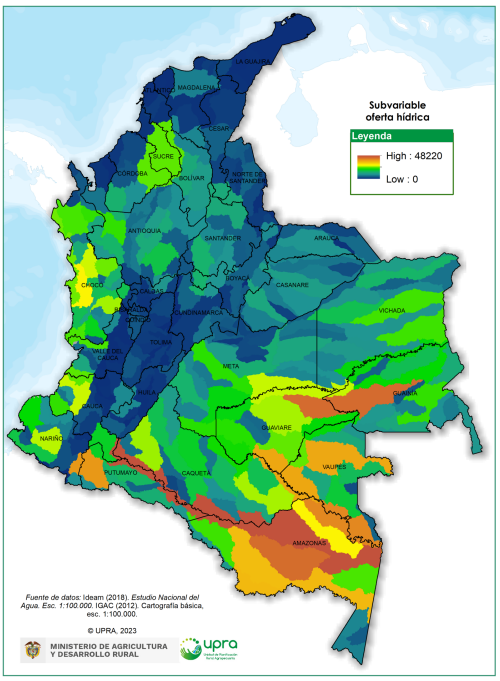
El procesamiento de la variable se presenta en la siguiente figura:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso del agua



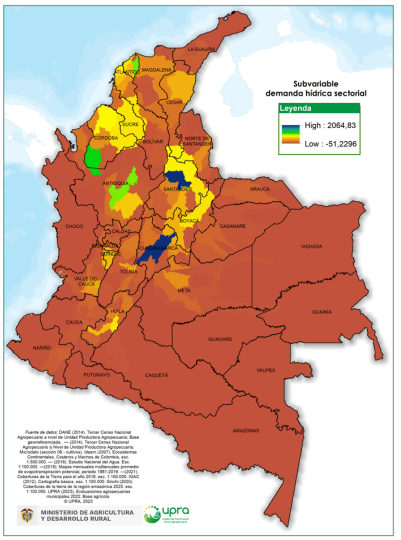
Se partió de la información sobre oferta y demanda hídrica por subzonas hidrográficas del Estudio nacional del agua (Ideam, 2019). Se identificó la oferta hídrica actual de cada subzona hidrográfica, que se multiplicó por el índice de regulación hídrica (IRH) para verificar si estaba bien o no distribuida durante todo el año, con lo cual se obtuvo la oferta total por subzona hidrográfica.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE YUCA
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



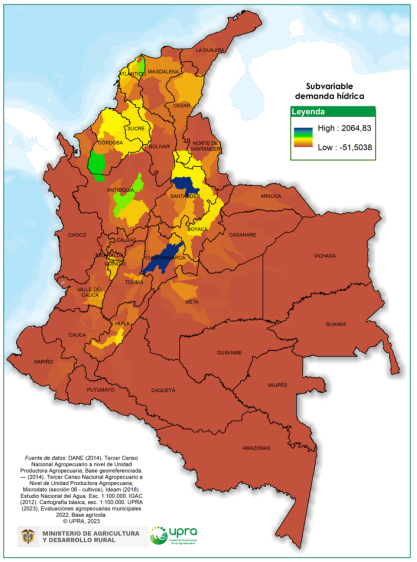
Por otra parte, con relación a la demanda se tomaron los datos de la demanda sectorial del ENA 2018 (Ideam, 2019) y se multiplicó por el índice de presión de los ecosistemas (IPHE), para considerar la demanda requerida por ellos para su sostenibilidad; luego se restó la demanda de agua de yuca reportada en el ENA 2018, correspondiente a 1077,8 millones de m^3/año, valor que se repartió en las subzonas hidrográficas que presentan existencia del cultivo.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE YUCA
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



Posteriormente, a la demanda sectorial, se le incluyó la demanda de agua del cultivo de yuca, calculada a partir del uso consuntivo del cultivo (*Kc* = 0,8). Se llevaron 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.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE YUCA
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



La diferencia de uso del agua correspondió 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 yuca

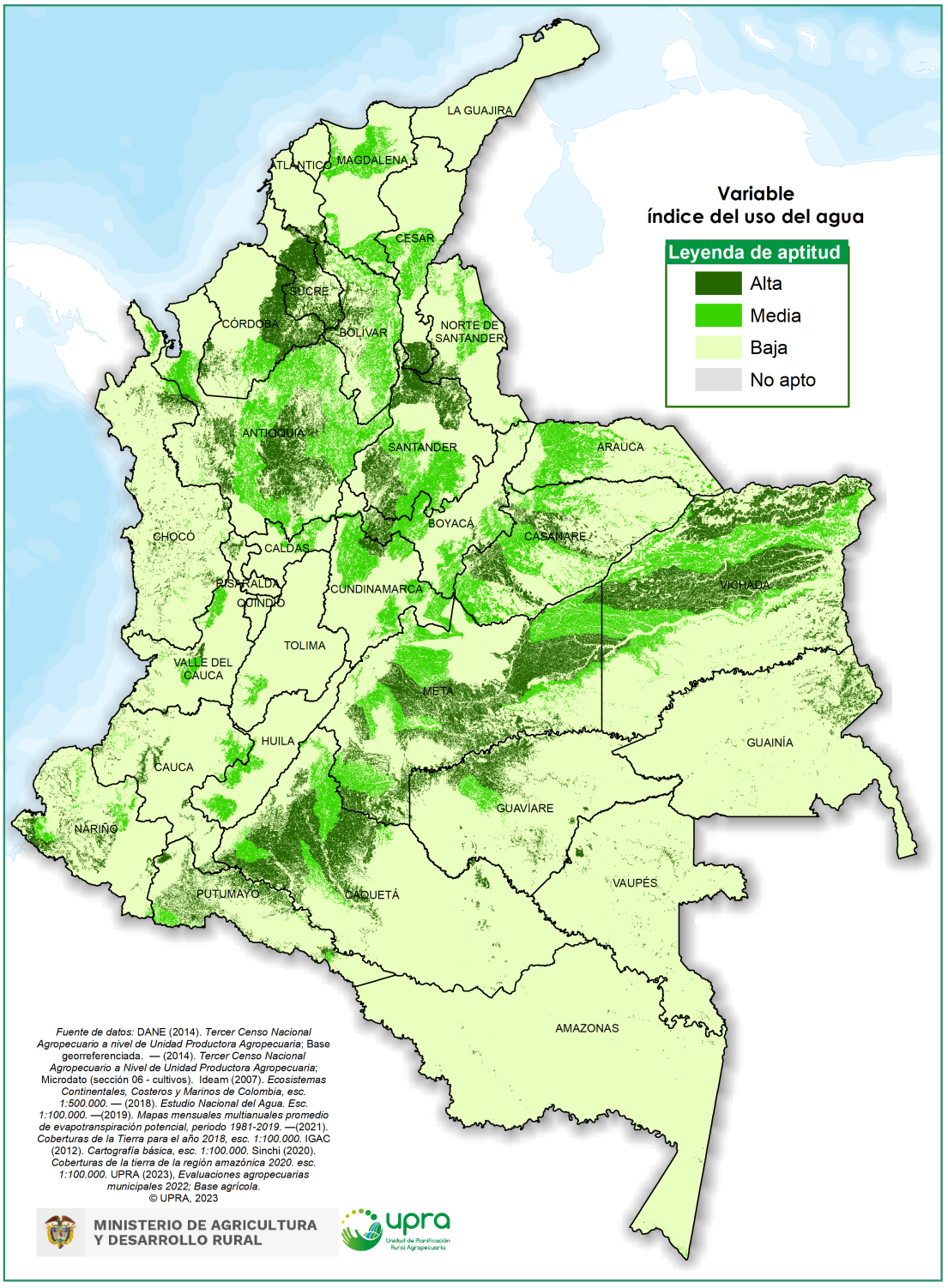
Descripción	Diferencia de uso (Millones m^3)	Aptitud
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de yuca.	< 2.106	Alta (A1)
La subzona hidrográfica 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 yuca.	2.106 – 5.978	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 yuca.	> 5.978	Baja (A3)

Unidad de análisis	Subzonas hidrográficas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Ideam.
- Ideam. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018, p. 452. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



2.2. Criterio integridad ecológica

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN), 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.
- Índice de naturalidad (INAT), calculado como la proporción de área de la unidad biogeográfica (%).
- Áreas de concentración de especies sensibles (ACES), expresada como cualitativamente. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de aves migratorias en paisajes agropecuarios.

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; 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

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 yuca. 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 mediante el decreto presidencial 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 yuca varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de manera que aquella es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC) 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, 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).

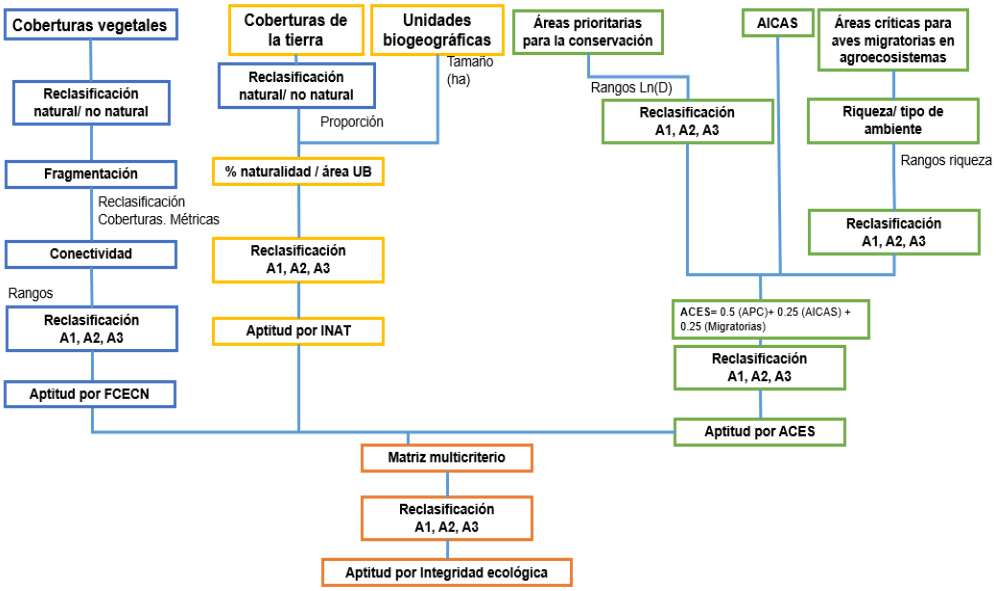
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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 estructural de las coberturas naturales (FCECN): 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.
- 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 realizó el procesamiento independiente de cada una de sus tres variables, como se describe en las respectivas fichas técnicas de las variables.

Esquema metodológico para la determinación de la aptitud del criterio integridad ecológica



Para la construcción del criterio, se realizó la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{IE} = \alpha A_{CECN} + \beta A_{INAT} + \gamma A_{ACES}$$

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 la 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.	La actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con	Lugares en donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de	-

		(> 2,13)	cierta precaución durante el proceso productivo. (1,25 – 2,13)	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:

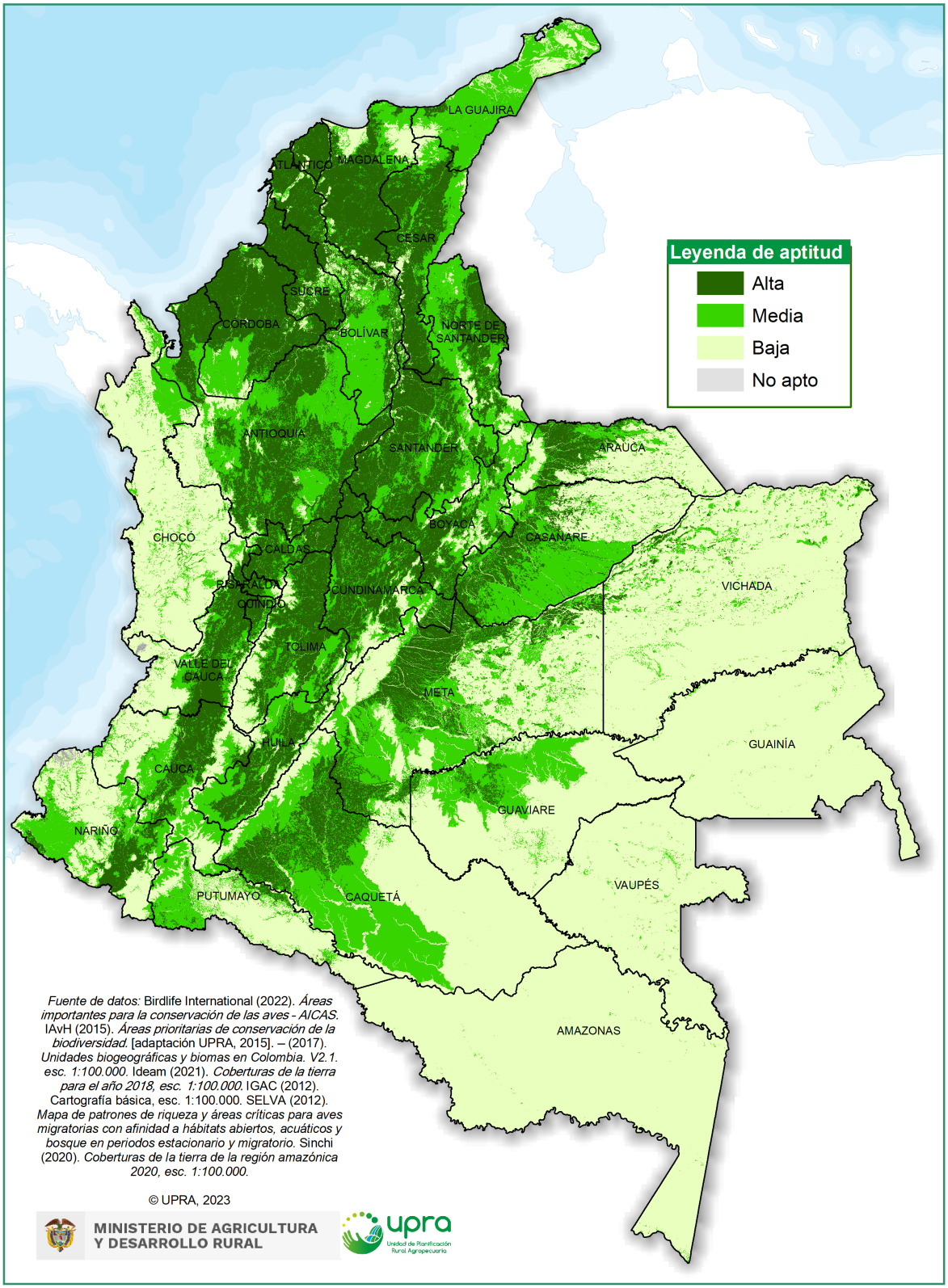
Variables	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales	Categoría de fragmentación y conectividad (Costo distancia acumulada)	Conectividad baja. >17.500 Menor número de parches. Mayor tamaño 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 deforma	-
Índice de naturalidad (INAT)	Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	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	Zonas de baja densidad de especies sensibles. APC con alta presencia de	Zonas de moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles.	–

		Áreas sin identificación o baja presencia de APC Ausencia de AICAS Áreas sin importancia para especies migratorias. >1,32	especies sensibles Ausencia de AICAS. Áreas de importancia moderada o alta para especies migratórias 1,18-1,32	APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. Presencia de AICAS. Áreas de importancia muy alta para especies migratorias <1,18	

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. 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. p. 135-148. Quito: Birdlife International (Birdlife Conservation Series num. 16).
- IAvH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. IAvH y ANH.
- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Ideam, p. 72.
- Ideam. (2010). Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000. Ideam.
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. 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, p. 165.
- Sichi. (2020). Cobertura de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Sichi.
- Vélez, L. y Gómez, A. (2008). "Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje." Arbor CLXXXIV 729: 31-44

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: Birdlife International (2022). *Áreas importantes para la conservación de las aves - AICAS.* IAvH (2015). *Áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad.* [adaptación UPRA, 2015]. – (2017). *Unidades biogeográficas y biomas en Colombia. V2.1. esc. 1:100.000.* Ideam (2021). *Coberturas de la tierra para el año 2018, esc. 1:100.000.* IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. SELVA (2012). *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y bosque en periodos estacionario y migratorio.* Sinchi (2020). *Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	**UNIDAD DE MEDIDA:** categoría de costo distancia acumulada 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) 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 la 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 el establecimiento de cultivos de yuca, 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 yuca 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 de animales como de 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

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software ArcGis.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

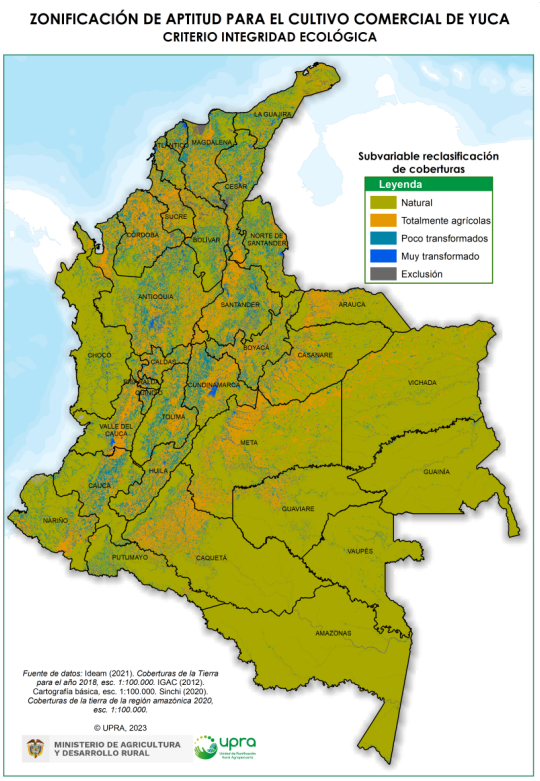
La capa de Coberturas de la tierra 2018, a escala 1:100000 puede contener cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los errores asociados a la escala cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

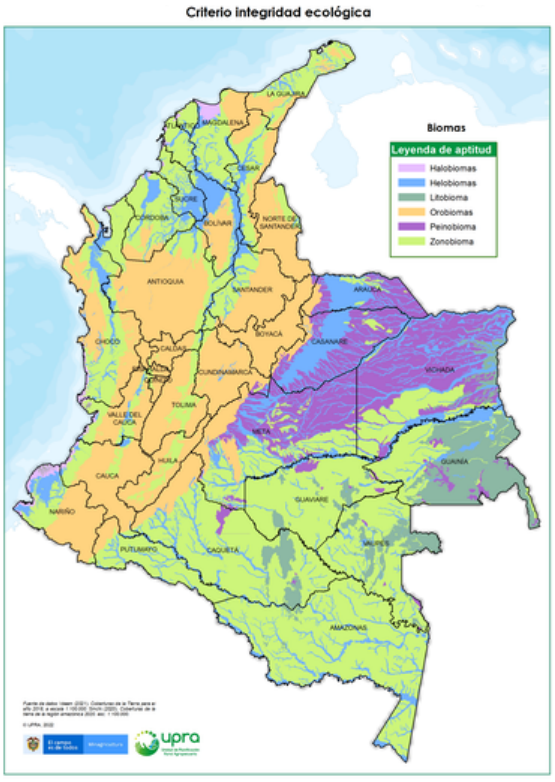
Para el procesamiento de esta variable, se partió de la realización de una reclasificación de las categorías de cobertura Corine Land Cover del mapa de coberturas de la tierra generado por el Ideam, (2021). Esta reclasificación se hace necesaria para obtener precisión sobre el grado de artificialización de las coberturas y reconocer el probable impacto positivo o negativo, que puedan tener los cultivos de yuca sobre los diferentes ecosistemas, 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, correspondiente a la Reclasificación de coberturas.



Adicionalmente, se realizó para cada grupo, una segmentación en relación con los biomas, para evitar alteración de las métricas de fragmentación.



Sobre cada segmento se calcularon las diferentes métricas del paisaje con la ayuda del software *Patc Analyst* y *ArcGis*. Las métricas evaluadas correspondieron 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).

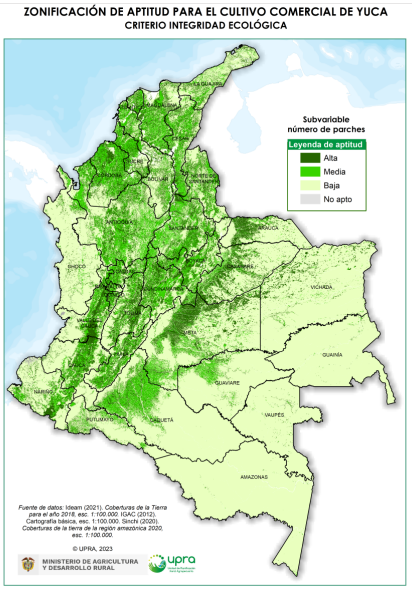
Los índices descriptores generan información relevante sobre el tamaño y la cantidad de parches (considerando como parche cada polígono de cada una de las diferentes coberturas reclasificadas); mediante este cálculo se puede deducir que cuando una categoría determinada de cobertura posee pocos parches y parches de una extensión importante, ésta 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 qué 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.

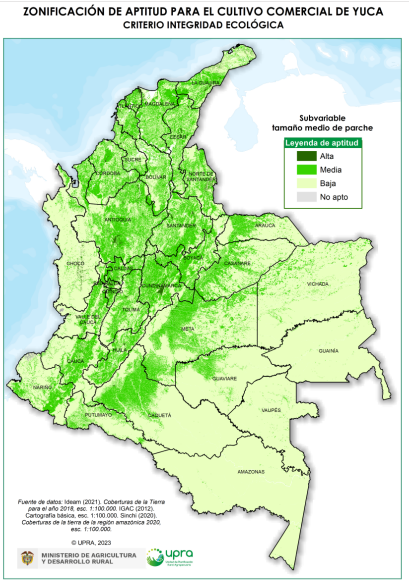
El otro índice calculado, complejidad de forma, muestra similares resultados a la dimensión fractal, diferenciándose en que este genera una relación entre la forma de cada uno de los parches frente al total de la clase (suma de todos los polígonos) de cada una de las coberturas reclasificadas.

A continuación, se presentan los diferentes mapas de cada uno de los índices calculados:

Índices descriptores

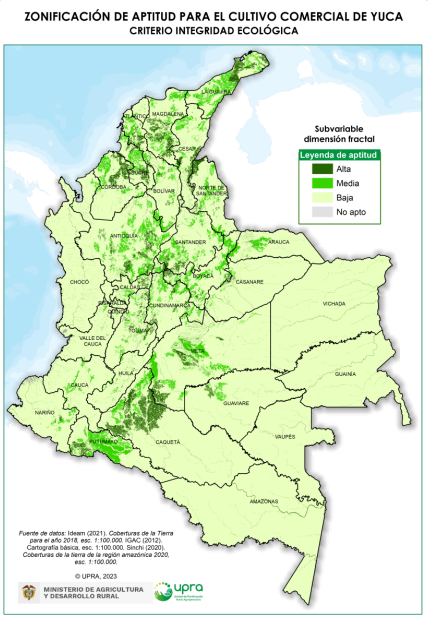


Número de parches

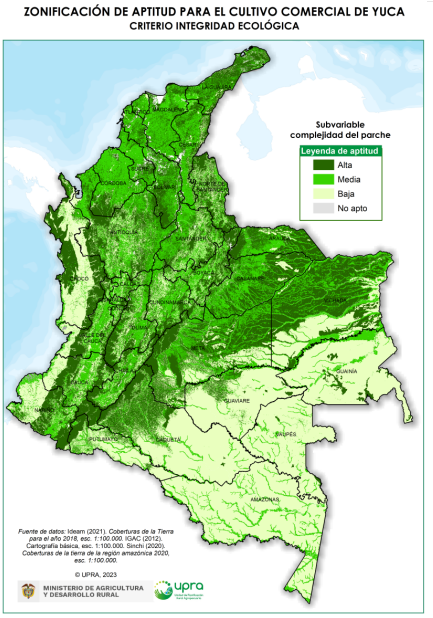


Tamaño medio del parche

Índices de forma



Dimensión fractal



Complejidad de forma

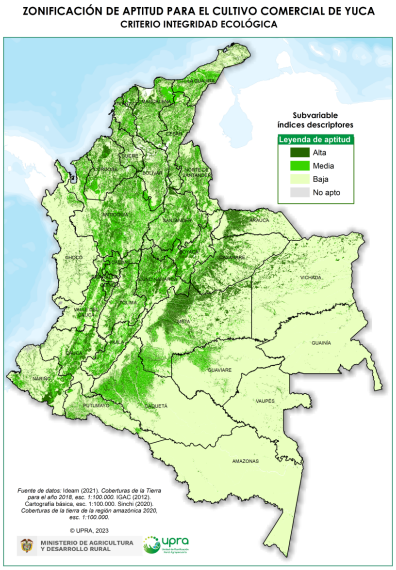
Tanto los índices descriptores como los de forma se fusionaron en un solo mapa para obtener

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	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A3
A3	A3	A3

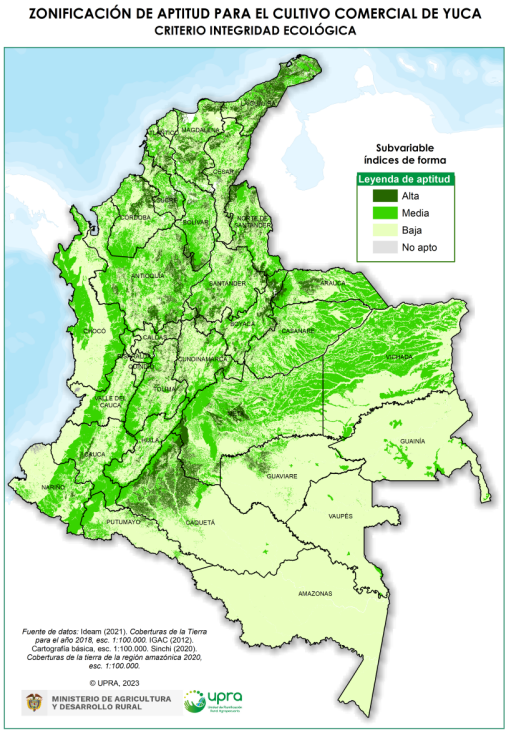
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvo el siguiente mapa para este grupo de índices:



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

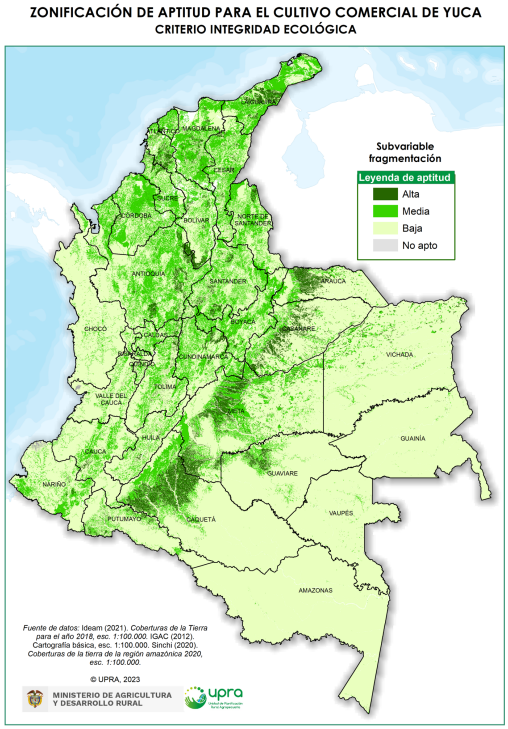
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvieron los siguientes mapas para el grupo de índices de forma:



A partir de los mapas construidos (índices descriptores y de forma), 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 de 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	A3
A3	A3	A3

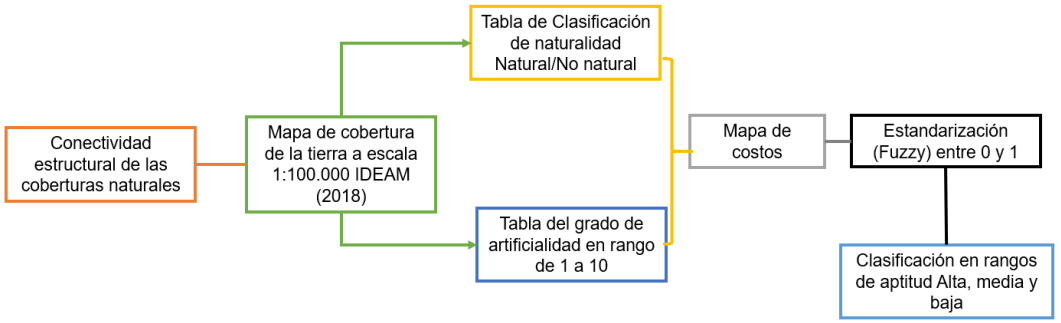
Mapa de la subvariable de fragmentación



La siguiente subvariable estudiada para la conformación de la variable, 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 partió del mapa de coberturas de la tierra, adaptada para Colombia (Ideam, 2010).

Adicionalmente se identificaron las coberturas no naturales y el grado de artificialidad, a partir del cual se definieron los pesos de resistencia de paso, a partir de esto se determinó 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.

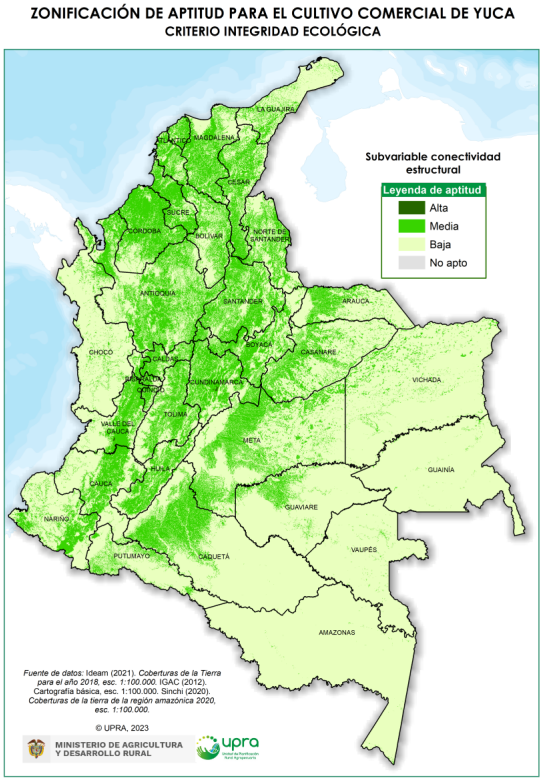
Se consideraron las áreas húmedas y los cuerpos de agua con un costo moderado para la conectividad, ya que estas permiten la relación de las distintas especies.

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 (coste de distancia) a través del análisis de sistema de información geográfica SIG. De forma general para este ejercicio, la conectividad media, tendrá la mayor aptitud (A1), la conectividad baja tendrá aptitud media (A2), y a la alta conectividad se le asigna una menor aptitud o baja (A3).



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).

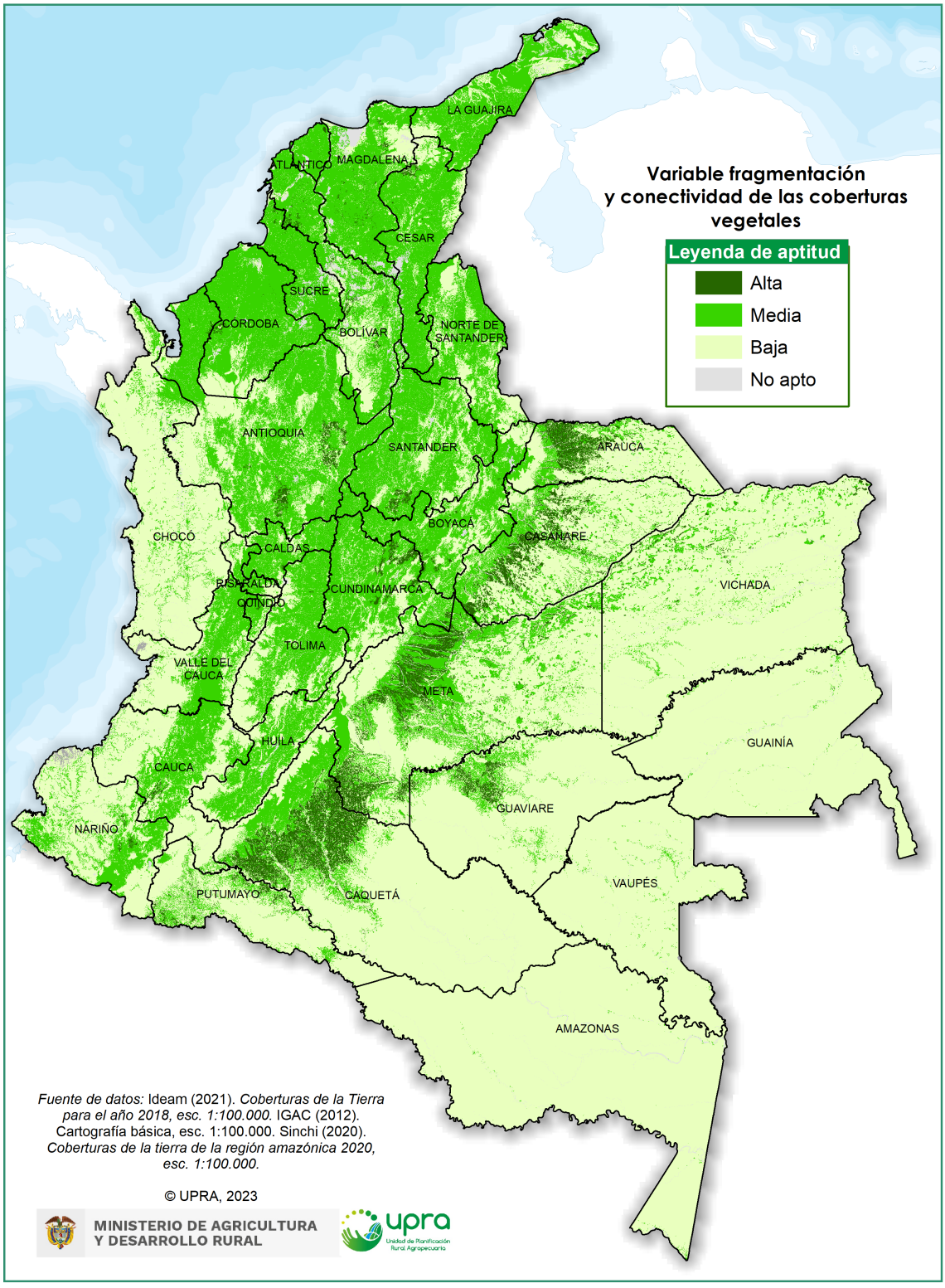
Descripción	Categorías de aptitud
Conectividad baja >17.500 Mayor número de parches. Menor tamaño medio de los parches. Mayor dimensión fractal media del parche (1). Parches cortos con menor complejidad de forma	Alta (A1)
Conectividad media 0-17.500 Menor número de parches. Moderado tamaño medio de los parches. Moderada dimensión fractal media del parche (2). Parches medios con moderada complejidad de forma	Media (A2)
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	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

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 n.° 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, p. 72.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). La teoría de la biogeografía de la isla. Princeton, New Jersey: Presión de la universidad de Princeton.
- Tischendorf, L. y Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? Landscape Ecology 15: 633-641.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



2.2.2. Variable índice de naturalidad (INAT)

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: índice de naturalidad (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 & 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 otras), 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 yuca, 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, ya que no interrumpe los procesos naturales, e incluso potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Radica en su contribución 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

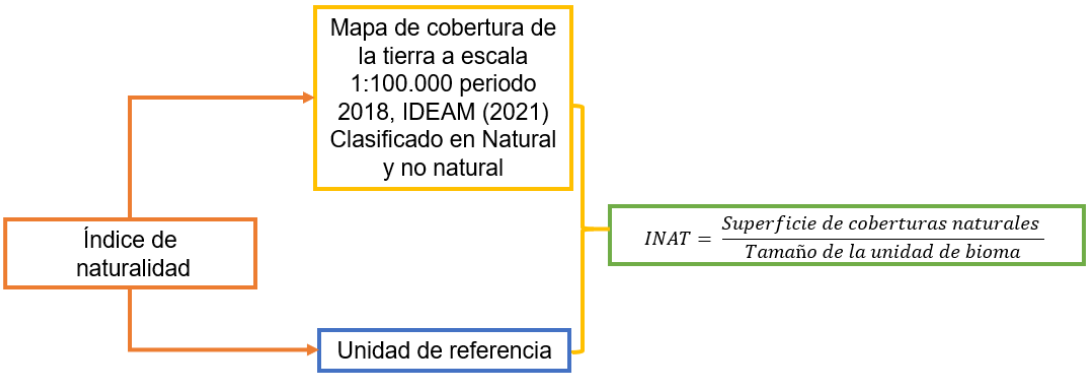
Al tener de base la capa oficial de Coberturas de la Tierra 2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los cambios que se hayan producido desde el 2018.

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 las unidades biogeográficas facilitado por el IAvH (2017).

INAT = Superficie de coberturas naturales (ha)/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 yuca

Calificación de la variable índice de naturalidad (INAT). (Adaptado de Márquez, 2003).

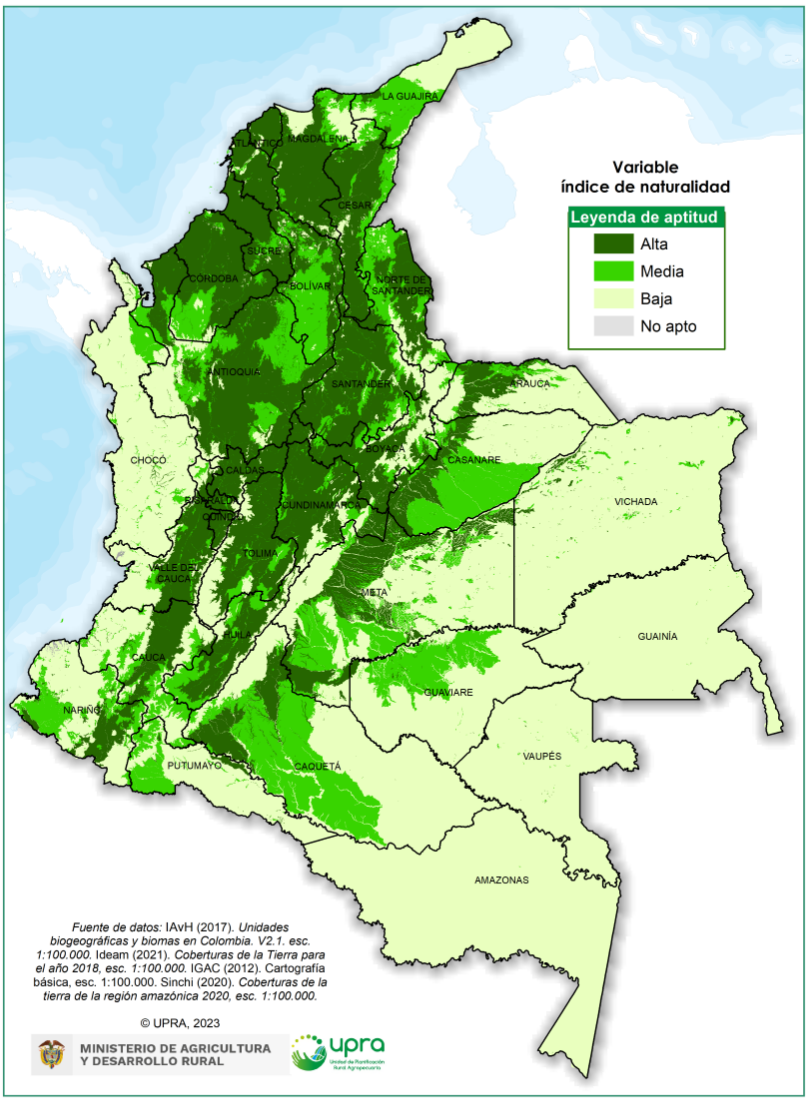
Descripción	Rango Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	Aptitud
INAT muy baja – vital, INAT baja – estratégica, INAT moderada	< 50	Alta (A1)
INAT alta	50 – 75	Media (A2)
INAT muy alta – protección	75 – 100	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica. escala 1:100.000. IGAC.
- Márquez C., G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf.
- IAvH. (2017). Unidades biogeográficas y biomas en Colombia V2.1, escala 1:100.000. IAvH.
- Sinchi. (2020). Cobrturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Sinchi.
- Vélez, L. y Gómez, A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. Arbor CLXXXIV 729: 31-44

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	**UNIDAD DE MEDIDA:** adimensional. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de aves migratorias en paisajes agropecuarios.	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias de conservación (APC), o la riqueza de aves migratorias en áreas críticas (AC) sobre agroecosistemas. 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, etc. 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 yuca, 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 yuca es mayor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas en donde el establecimiento de cultivos de yuca puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

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

La variable 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 otros), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos de yuca, puesto que pueden generar presiones recíprocas a los ciclos naturales de las especies.

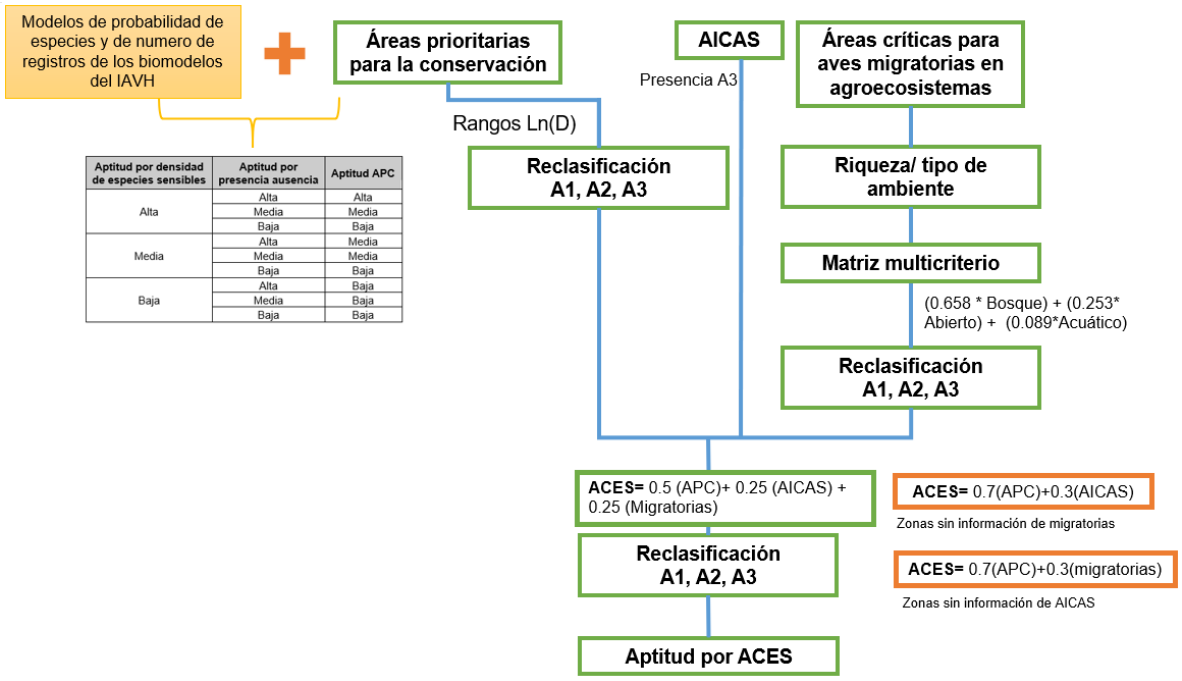
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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 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 a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se construyó 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 de áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS), y riqueza potencial para aves migratorias en paisajes agropecuarios 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/km^2, 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 (IAvH) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013 en el portafolio de 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 (ha). Datos de presencia-ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAvH. Listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas.

Para incorporar esta información, se tomaron los Objetos de conservación (Odc) de filtro fino y de filtro grueso del portafolio de 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 yuca.

Para este análisis se asignó a cada polígono de APC, el valor de la densidad de la riqueza, teniendo en cuenta la riqueza por hectárea, calculandola 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) < a -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)

Posteriormente, 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 uno (1) para las especies presentes y cero (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 reclasificaron los parámetros evaluados de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adoptó el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

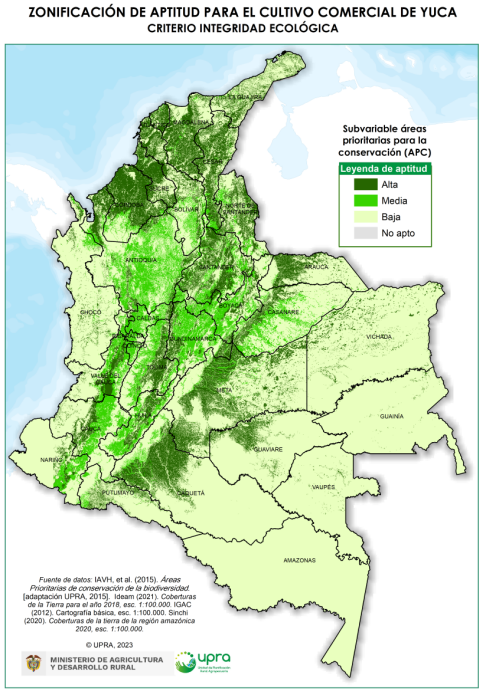
Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia-ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja

	Media	Baja
	Baja	Baja

Una vez obtenido este mapa, se realizó una comparación con las áreas naturales; 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:

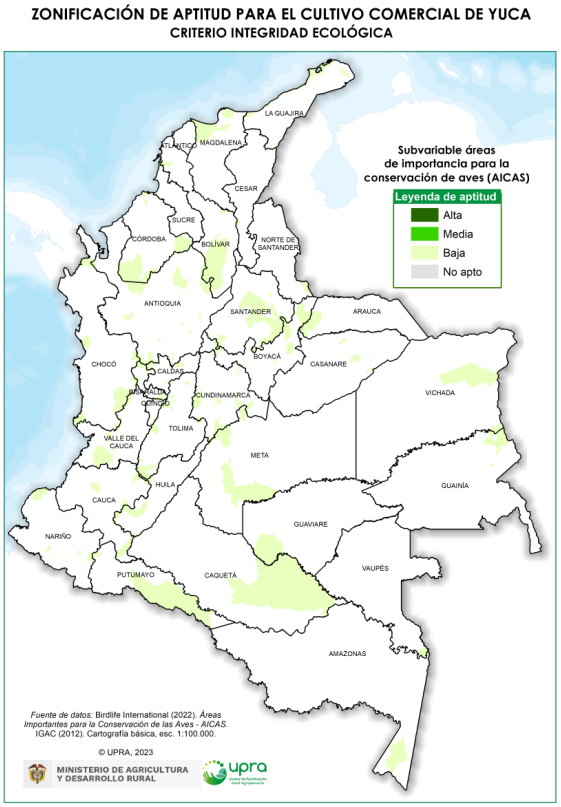
Descripción	Aptitud
Baja presencia de APC y especies sensibles	Alta (A1)
Alta presencia de APC y especies sensibles	Media (A2)
Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies	Baja (A3)



- *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 *BirdLife International*,

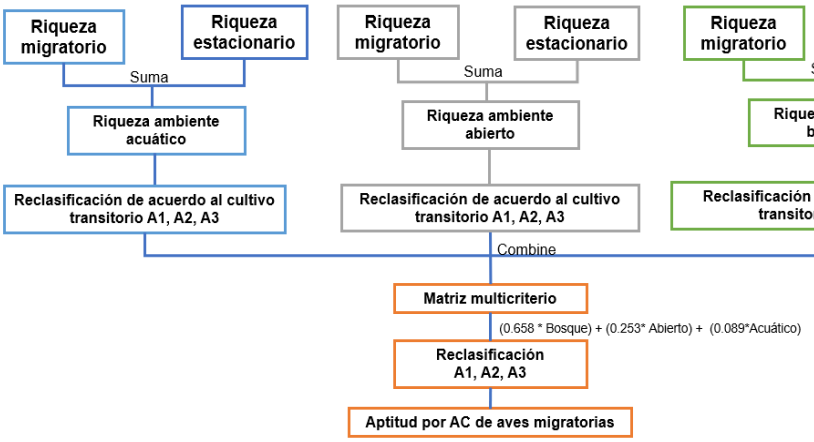
tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICA, se definió la aptitud baja (A3) para la totalidad de estos polígonos.



- *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 se realizó teniendo en cuenta la implementación de cultivos de yuca (cultivos transitorios), 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.

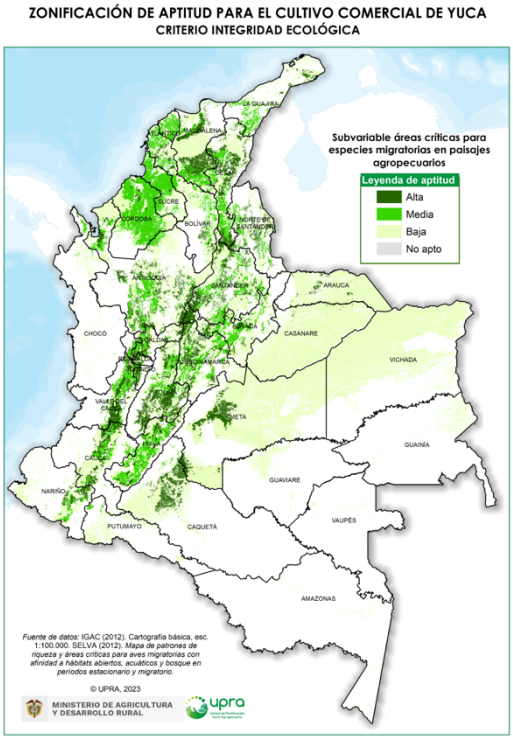


Ambiente	Aptitud	Cultivos transitorios
Bosque	alto	1
	medio	1
	bajo	1
Abierto	alto	1
	medio	2
	bajo	2
Acuatico	alto	3
	medio	2
	bajo	1

La consolidación de los diferentes ambientes se realizó mediante matrices multicriterio, las cuales permitieron 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
> 1,32	Alta (A1)
1,18 - 1,32	Media (A2)
< 1,18	Baja (A3)

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 las 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 la variable ACES, calculados por intervalos iguales.

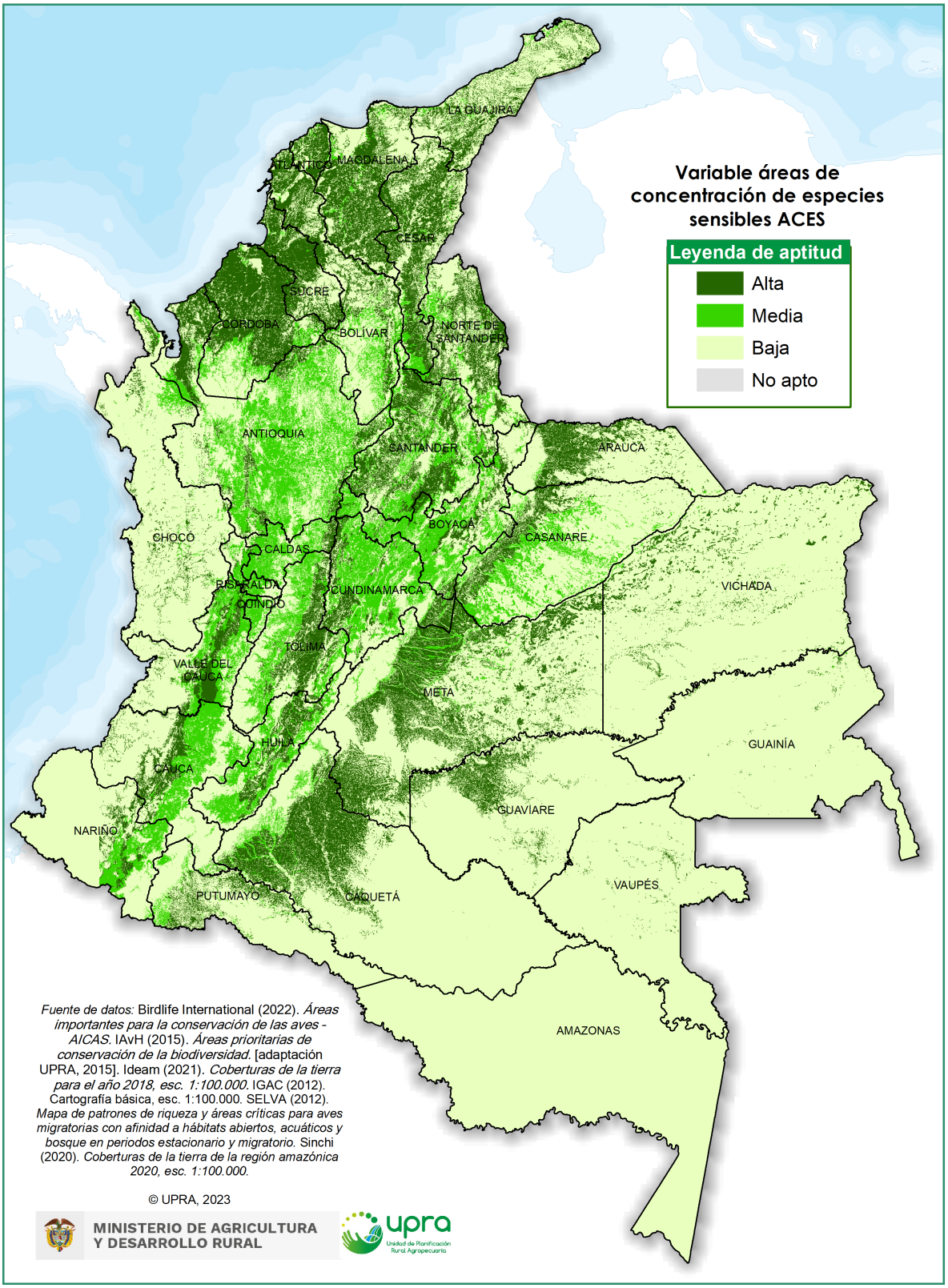
Rango	Aptitud
>1,32	Alta (A1)
1,18 – 1,32	Media (A2)
<1,18	Baja (A3)

Unidad de análisis	Intervalos

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 n.° 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.
- Ideam. (2021). Coberturas de la tierra para el año 2018, escala 1:100.000. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- Instituto Alexander von Humboldt – Agencia Nacional de Hidrocarburos. (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 n.° 044 del 2012 entre Selva y UPRA. Bogotá.
- Sinchi. (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Sinchi.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



Fuente de datos: Birdlife International (2022). *Áreas importantes para la conservación de las aves - AICAS.* IAvH (2015). *Áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad.* [adaptación UPRA, 2015]. Ideam (2021). *Coberturas de la tierra para el año 2018, esc. 1:100.000.* IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. SELVA (2012). *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y bosque en periodos estacionario y migratorio.* Sinchi (2020). *Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

2.3. Criterio variación del contenido estimado de carbono

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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, se basa en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa

DEFINICIÓN

El 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 yuca 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 yuca, 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).

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 partir 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. No se presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información para el cultivo de yuca, se aplicó 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).

a. *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):

Biomasa= 11.2693 + 9.255 (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).

b. *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:

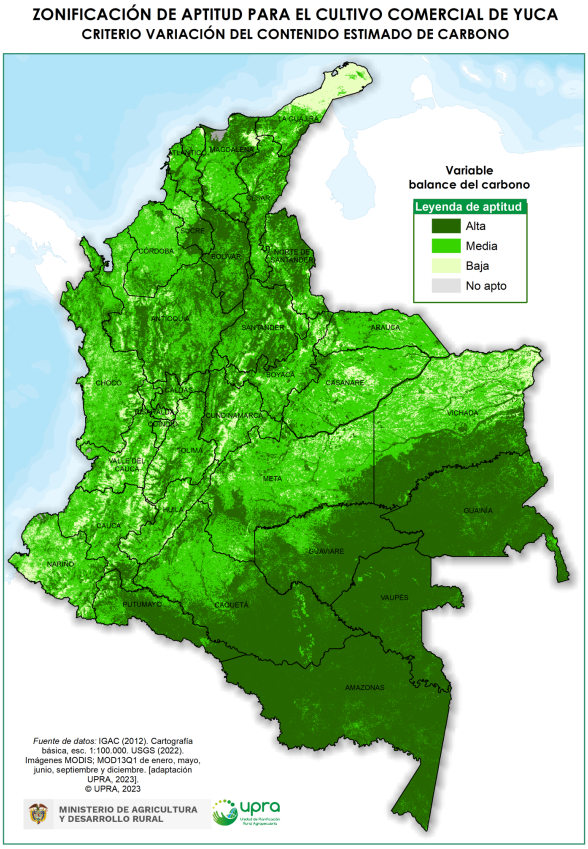
$$\text{Biomasa vegetal subterránea} = e^{(-1{,}085 + 0{,}925 \times \ln(BA))}$$

Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea, se calculó el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la ecuación:

$$C\ (\text{biomasa subterránea}) = \text{Biomasa subterránea}/2$$

c. *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 calculó el mapa de carbono total contenido en la biomasa.



d. Contenido de carbono en el suelo

El 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 (organic carbon, bulk density, coarse fragments > 2 mm), a 30 cm de profundidad, aplicando la ecuación propuesta por Gardi *et al.*, (2014):

Carbono orgánico suelo = % Carbono orgánico × densidad aparente × profundidad (0,3 m) × (1 - % fragmentos gruesos)

e. Contenido de carbono total

El mapa de carbono total se generó a partir de la suma de los mapas de biomasa vegetal subterránea y carbono orgánico en el suelo.

f. Calificación de aptitud por la variación del contenido estimado de carbono

Por otra parte, con el fin de realizar el balance de carbono, se tomaron los datos de producción por planta descritos por Santos *et al.* (2019) en los cuales se considera la biomasa de hojas,

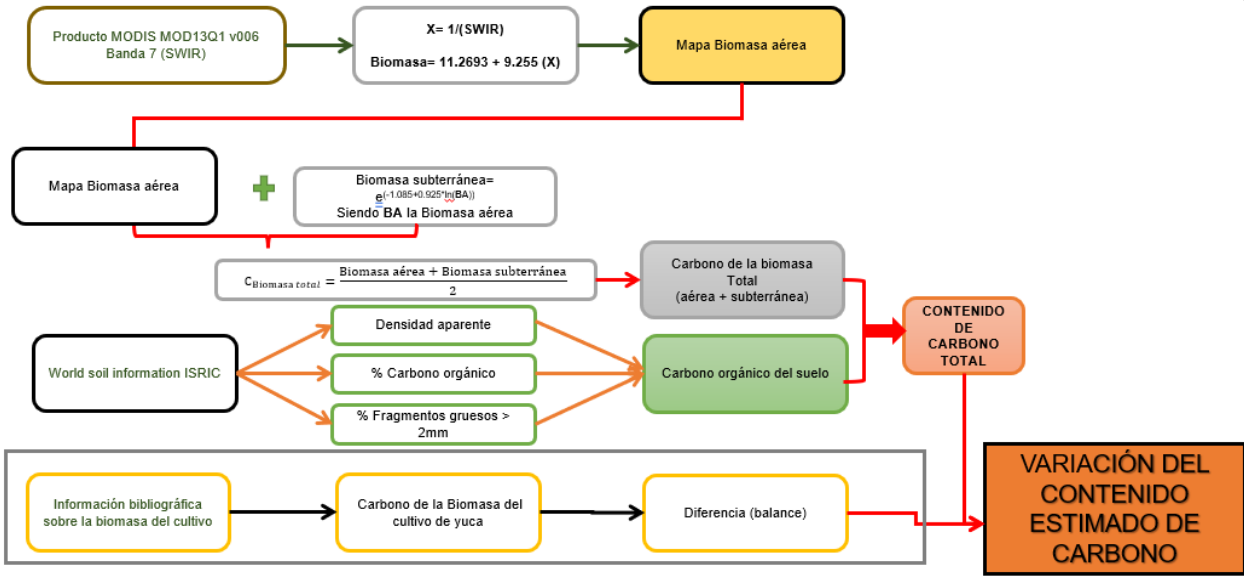
tallo y raíces; obteniendo un valor de biomasa total por planta de 2368,91g, y considerando una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha, se obtuvo un dato de producción de biomasa total de 23,69 t/ha, lo cual corresponde a 11,84 t/ha de carbono.

La calificación de aptitud se llevó 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 yuca 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:

$$\Delta CEC = \frac{C_{COBERTURA} - C_{Cultivo\ de\ yuca}}{C_{COBERTURA}}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de cultivos de yuca 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 significar 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 presenta un diagrama de flujo que 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 aptitud para el cultivo de yuca se estableció a partir de intervalos por natural breaks:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	< 0,35	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono	0,35 - 0,69	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	> 0,69	Baja (A3)

Se aclara que no se realizó comparación con las coberturas naturales, por tanto, estas áreas se mantienen en aptitud baja (A3).

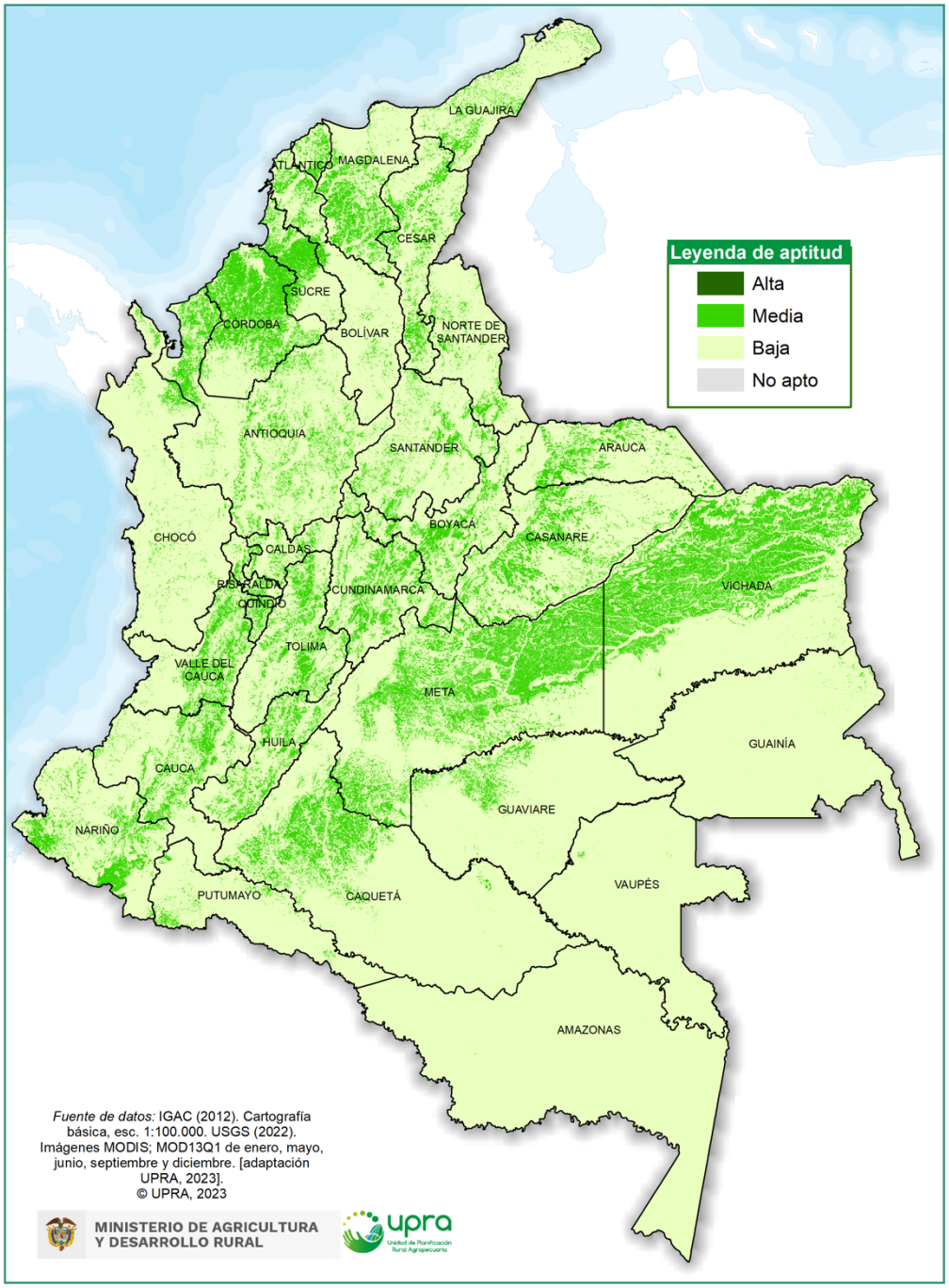
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bolaños, Y.; Bolaños M. y Paz, F. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, estado de México. Terra Latinoam vol.35 n.° 1 Chapingo.
- 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, 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. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. 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. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>.
- ISRIC - World Soil Information. (2013). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. <http://soilgrids1km.isric.org>.
- ISRIC - World Soil Information. (2015). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. <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.
- Santos, J., Narváez, L., Salcedo, S. y A. Acevedo. (2019). Fisiología del cultivo de yuca en el

bosque seco tropical de Sucre – Colombia. Temas Agrarios, vol. 24, núm. 1, 2019. Universidad de Córdoba.

- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000. UPRA.
- USGS. (2022). Imágenes MODIS; MOD13Q 1 de enero, mayo, junio, septiembre y diciembre. Adaptación UPRA 2023.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



2.4. Criterio cambio de cobertura

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca (*M. esculenta*).

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 los 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 & Geist 2006, Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Este criterio define la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente, producido por el establecimiento del cultivo de yuca, 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 yuca, bajo una visión integral del territorio, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor o 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. 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, ésta 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	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
1.3.2. Zona de disposición de residuos	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	5.1.3. Canales
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	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
1.3.2.4. Relleno sanitario	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	5.1.4.1. Embalses
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	5.2.1. Lagunas costeras
1.4.1.2. Parques cementerio	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

B. Se excluyen las coberturas asociadas al bioma insular del Caribe

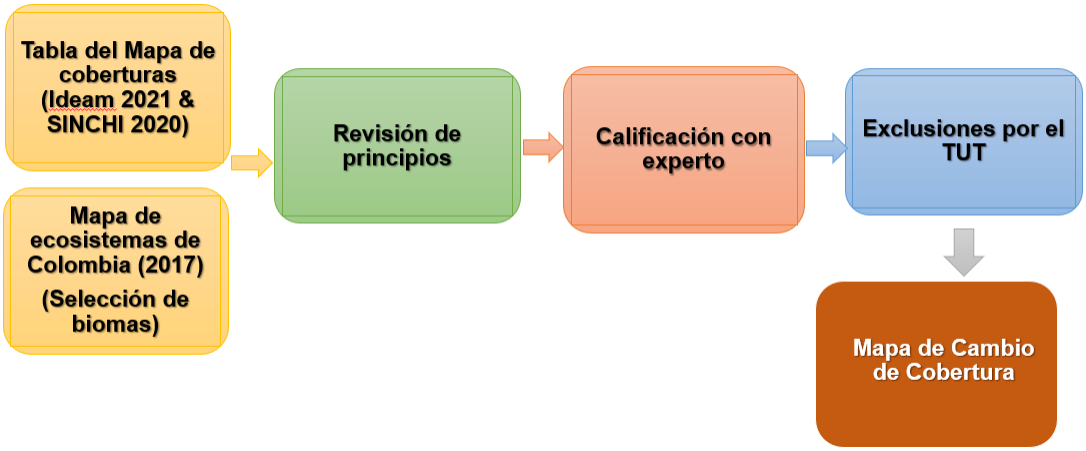
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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. Esta requiere el conocimiento de los recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como la actualización permanente de la información, facilitando 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 del cual 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 la 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 yuca.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla:

Aptitud		
Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**
211 Otros cultivos transitorios	212 Cereales	212 Cereales
212 Cereales	213 Oleaginosas y leguminosas	221 Cultivos permanentes herbáceos
213 Oleaginosas y leguminosas	214 Hortalizas	222 Cultivos permanentes arbustivos
215 Tubérculos	222 Cultivos permanentes arbustivos	223 Cultivos permanentes arbóreos
232 Pastos arbolados	224 Cultivos agroforestales	224 Cultivos agroforestales
233 Pastos enmalezados	225 Cultivos confinados	225 Cultivos confinados
334 Zonas quemadas	231 Pastos limpios	241 Mosaico de cultivos
2121 Arroz	241 Mosaico de cultivos	242 Mosaico de pastos y cultivos

2122 Maíz	315 Plantación forestal	243 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2151 Papa	334 Zonas quemadas	244 Mosaico de pastos con espacios naturales
2212 Caña	2121 Arroz	245 Mosaico de cultivos con espacios naturales
2232 Palma de aceite	2122 Maíz	315 Plantación forestal
2241 Pastos y árboles plantados	2123 Sorgo	334 Zonas quemadas
2242 Cultivos y árboles plantados	2134 Soya	2121 Arroz
22121 Caña de azúcar	2221 Otros cultivos permanentes arbustivos	2122 Maíz
22122 Caña panelera	2222 Café	2123 Sorgo
	2223 Cacao	2131 Algodón
	2224 Viñedos	2134 Soya
	2231 Otros cultivos permanentes arbóreos	2141 Cebolla
	2232 Palma de aceite	2151 Papa
	2233 Cítricos	2211 Otros cultivos permanentes herbáceos
	2234 Mango	2212 Caña
	22121 Caña de azúcar	2213 Plátano y banano
	22122 Caña panelera	2221 Otros cultivos permanentes arbustivos
		2222 Café
		2223 Cacao
		2224 Viñedos
		2231 Otros cultivos permanentes arbóreos
		2232 Palma de aceite
		2233 Cítricos
		2234 Mango
		3151 Plantación de coníferas
		3152 Plantación de latifoliadas
		22121 Caña de azúcar
		321111 Herbazal denso de tierra firme no arbolado
		321112 Herbazal denso de tierra firme arbolado
		321113 Herbazal denso de tierra firme con arbustos

En lo referente a las coberturas naturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que algunos herbazales en ciertos casos puntuales no son totalmente

excluyentes y pueden ser áreas con alguna categoría de aptitud. Por tanto, en la siguiente tabla se observan las categorías de herbazales y los biomas en los que se localizan, que fueron calificados con aptitud baja (A3).

321111 herbazal denso de tierra firme no arbolado
Halobioma del caribe, halobiomas del pacífico, helobioma de La Guajira, helobiomas andinos, helobiomas de la amazonía y orinoquía, helobiomas del Magdalena y caribe, helobiomas del Valle del Cauca, litobiomas de la amazonía y orinoquía, orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, orobiomas bajos de los andes, orobiomas medios de los andes, peinobiomas de la amazonía y orinoquía, zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del alto Magdalena, zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca, zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta, zonobioma húmedo tropical del Magdalena y caribe y zonobioma seco tropical del caribe
321112 herbazal denso de tierra firme arbolado
Halobioma del Caribe, halobiomas del Pacífico, helobiomas de la amazonía y orinoquía, Helobiomas del Magdalena y Caribe, helobiomas del pacífico y Atrato, litobiomas de la amazonía y orinoquía, orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, y orobiomas bajos de los Andes
321113 herbazal denso de tierra firme con arbustos
Helobiomas andinos y helobiomas del Valle del Cauca

.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

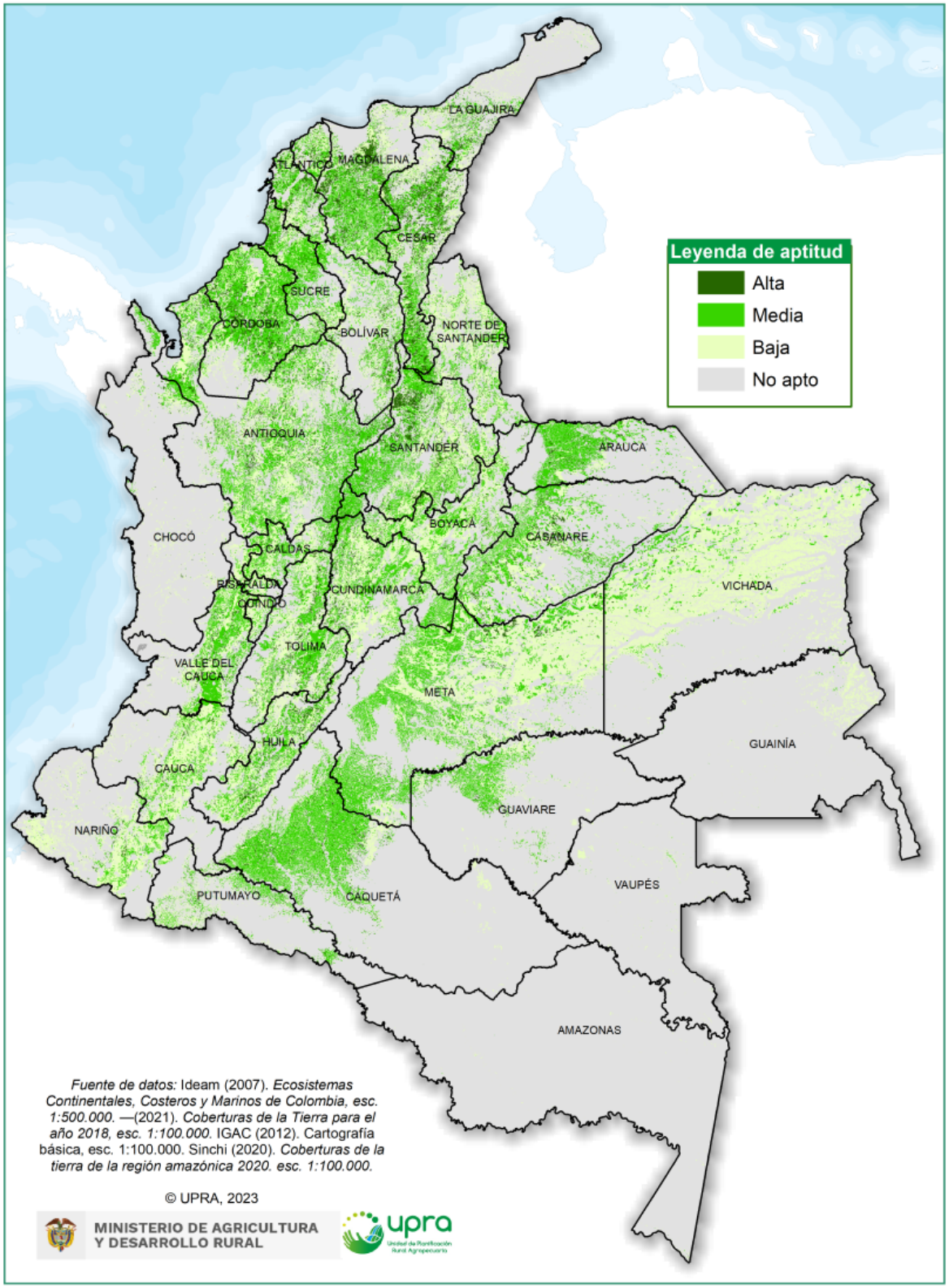
Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan las áreas de pastos (enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados a la producción de alimentos como arroz, maíz y papa; cultivos dedicados a la producción industrial como caña y palma; zonas quemadas; pastos y árboles plantados.	Alta (A1)
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos como hortalizas y cereales; cultivos permanentes arbustivos y arbóreos; cultivos agroforestales; café; plantaciones forestales; mosaico de cultivos y algunos cultivos confinados.	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de yuca, donde predominan cultivos confinados; mosaicos de cultivos; pastos y espacios naturales; mosaicos de pastos y cultivos; mosaicos de pastos con espacios naturales; mosaicos de cultivos con espacios naturales; algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos como arroz, maíz y papa; entre otros;	Baja (A3)

cultivos permanentes herbáceos, y algunos arbóreos y arbustivos, y plantaciones forestales; 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 yuca, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados.	No apto (N1)

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.) <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. FAO.
- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Ideam.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, 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, p. 276 con hojas cartográficas.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- Lambin, E. y Gesit, H. (2006). Land-Use and land-cover change: Local processes and global impacts. Berlin. Springer-Verlag.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 predio.
- Plantas de procesamiento expresada en tiempos de desplazamiento en horas.
- Plantas de alimento balanceado (ABA), expresada en tiempos de desplazamiento en horas

DEFINICIÓN

Espacios delimitados que albergan servicios, actividades productivas, acceso a la transformación de materias primas y/o de comercio interno, propias del cultivo comercial de yuca para el consumo directo y uso industrial.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto la infraestructura específica al servicio del cultivo, como ubicación actual de los cultivos, 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 del máximo, en la cual se parte teniendo en cuenta el grado de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) para cada una de las variables.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

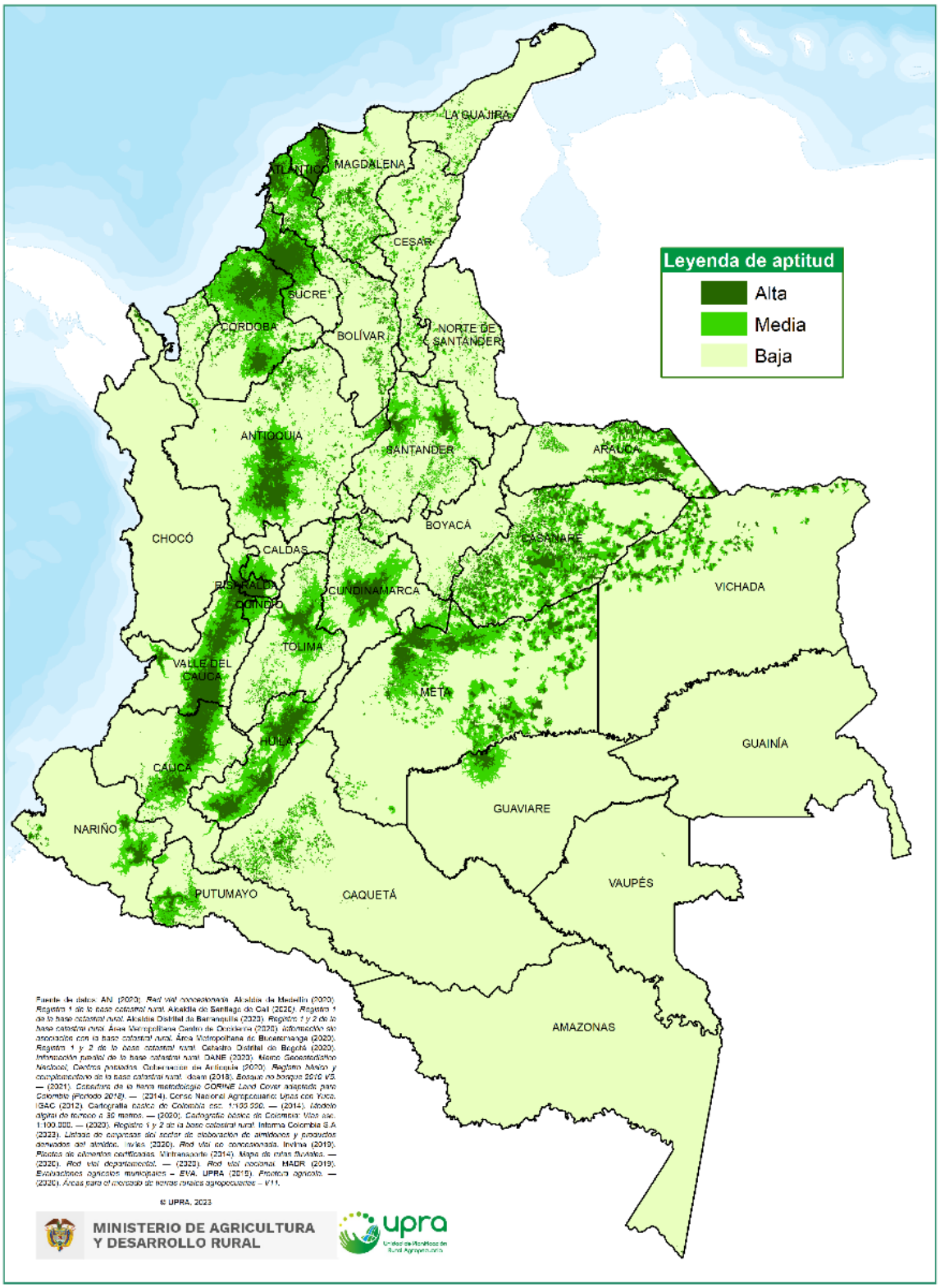
Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

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
	Plantas de alimentos balanceados (ABA)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2

FUENTES DE INFORMACIÓN

- 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.
- ANI. (2020). Red vial Agencia Nacional de Desarrollo Rural. (2018) Base de datos de distritos de adecuación de tierras del país. Adaptación UPRA, 2018.
- 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 yuca. DANE*
- DANE. (2020). Marco geoestadístico nacional: centros poblados. DANE.
- Gobernación de Antioquia. (2020). *Registro básico y complementario de la base catastral rural*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- IGAC. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. IGAC.
- IGAC. (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. IGAC.
- Informa Colombia. (2023). Listado de empresas del sector de la elaboración de almidones y productos derivados del almidón. https://directorio-empresas.einforma.co/actividad/1052-elaboracion-de-almidones-y-productos-derivados-del-almidon/
- Invias. (2020). *Red vial no concesionada*. Invias
- Invima. (2023). Plantas de alimentos procesados. Invima
- MinAgricultura. (2019). *Evaluaciones Agrícolas Municipales (EVA)*
- MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). Red vial departamental 1. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). Red vial nacional. MinTransporte.
- UPRA. (2019). *Frontera agrícola*.
- UPRA. (2020). *Tipología de condicionamientos legales del mercado de tierras V10_ Cancha mercado de tierras V11*.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.1.1. Variable existencia de cultivos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca 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 yuca, 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

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 yuca.
MinAgricultura. (2022). Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de yuca.

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). Registros 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. Bogotá: IGAC.
IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2.

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 de 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.

3. 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 yuca 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). El resto de los predios se calificó con 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).

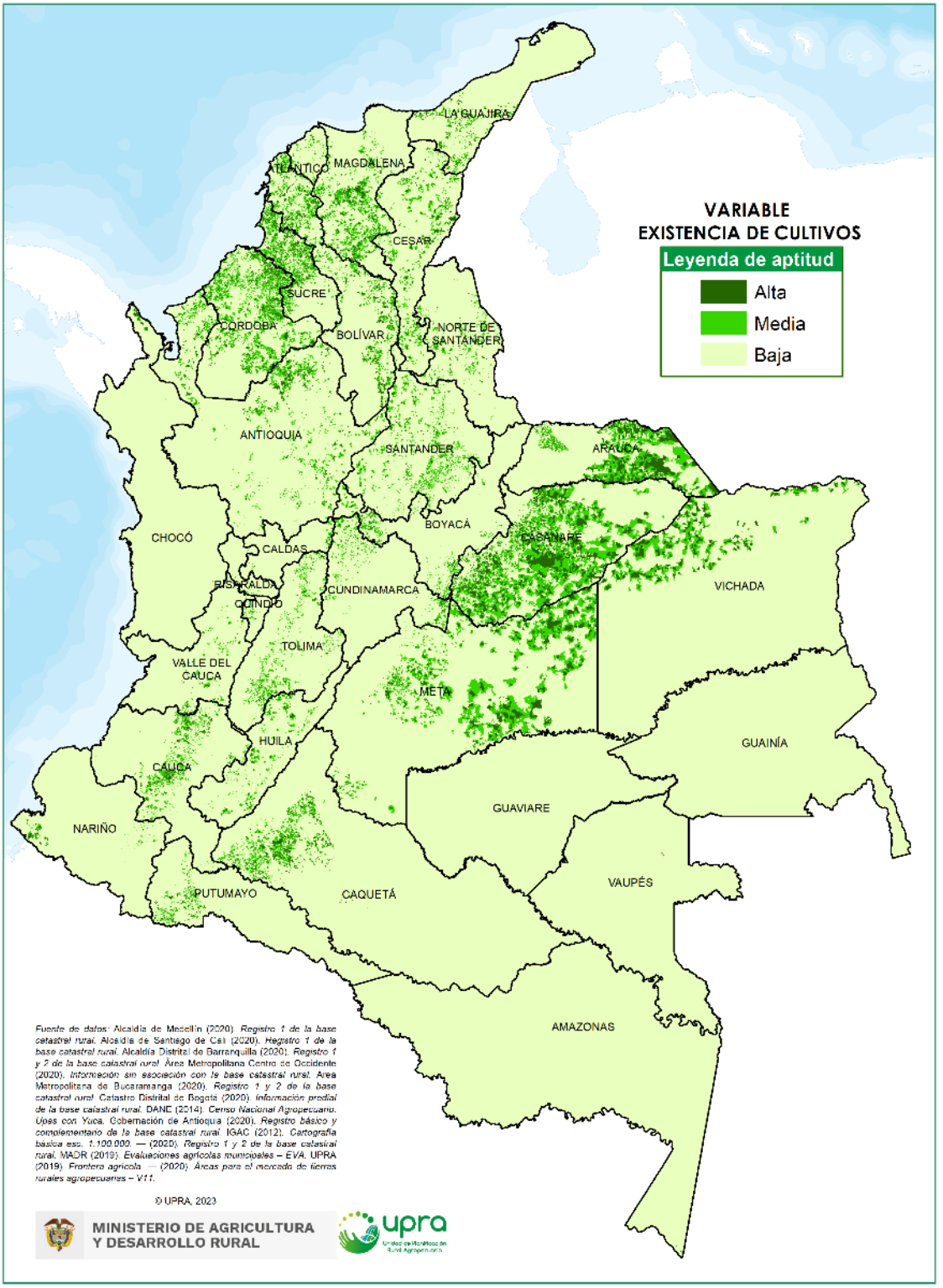
Predio	Aptitud
El predio con cultivo	Alta (A1)
El colindante al predio con cultivo	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

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 yuca. DANE.
- Gobernación de Antioquia. (2020). Información Predial Rural Antioquia.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2020). Base Catastral, Registros 1 y 2. IGAC.
- MinAgricultura. (2022). Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de yuca. MinAgricultura.
- UPRA. (2022) Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V11. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.1.2. Variable plantas de procesamiento

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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	
DEFINICIÓN		
Establecimiento que cuenta con la maquinaria industrial 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 de la yuca. Zonas más cercanas a las industrias de procesamiento y a las rallanderías, cuentan con mayores oportunidades para la transformación de la yuca en subproductos, harina y almidón.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
De acuerdo con el análisis de la variable, ésta 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.** Informa Colombia. (2022). Listado de empresas del sector de la elaboración de almidones y productos derivados del almidón. 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 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 Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 y rallanderías.

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), como se muestra a continuación:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
<1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
>2	Baja (A3)

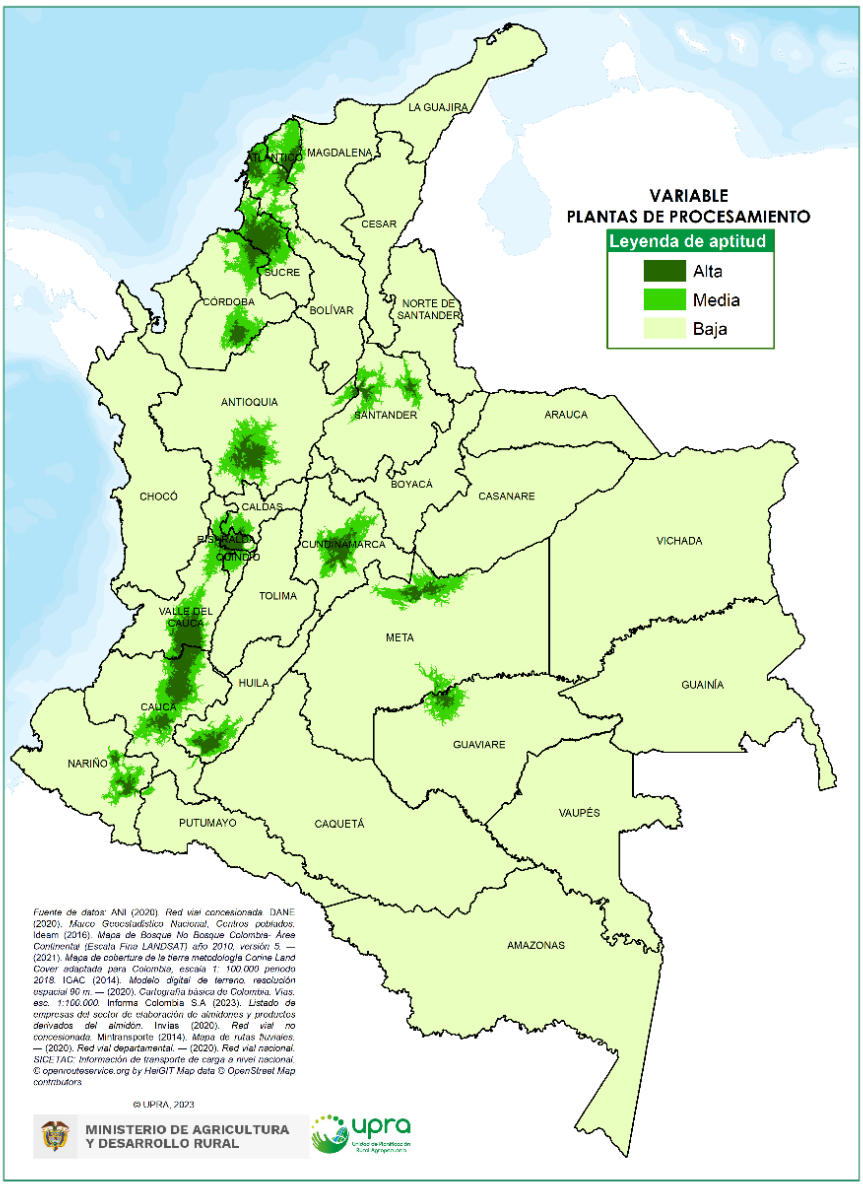
Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá: ANI.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. DANE.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2018). *Bosque no bosque Colombia – Área Continental (Escala Fina LANDSAT) año 2010 V5*. Ideam.
- Ideam. (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- IGAC. (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC.

- IGAC. (2020). *Cartografía básica: vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Informa Colombia (2023). Listado de empresas del sector de la elaboración de almidones y productos derivados del almidón. https://directorio-empresas.einforma.co/actividad/1052-elaboracion-de-almidones-y-productos-derivados-del-almidon/
- Instituto Nacional de Vías. (2020). Red vial no concesionada. Invías
- Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC. Información de transporte de carga a nivel nacional*.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.1.3. Variable plantas de alimentos balanceados (ABA)

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura productiva		
VARIABLE: plantas de alimentos balanceados (ABA)	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Fábrica que cuenta con la infraestructura y los equipos necesarios para la producción de alimentos concentrados; están especialmente diseñadas para el sector pecuario con la finalidad de producir alimentos para animales. En cuanto a la cercanía a este tipo de plantas, ésta constituye la facilidad con la que se accede a una planta de producción de alimentos balanceados para animales desde otros puntos en el territorio.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los alimentos balanceados, son una oferta de niveles de proteína, con los que se busca tener una mayor eficiencia en la alimentación durante las diferentes etapas de crecimiento de los animales, lo que genera un mayor rendimiento en menos tiempo de producción.

La yuca, por su alto contenido de elementos energéticos (almidón), aunque es pobre en proteína, resulta de gran utilidad para suplir elemento en los alimentos balanceados, como el maíz y la soya, por su bajo costo y altos rendimientos en el proceso.

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

De acuerdo con el análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se cuenta con información de la capacidad de transformación del producto ni con la capacidad de la planta para su procesamiento.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- **Información**

Invima 2022. Plantas certificadas

- **Precisiones de la información**

La metodología de isócronas, empleada 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 Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 alimentos balanceados.

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), como se muestra a continuación:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
<1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
>2	Baja (A3)

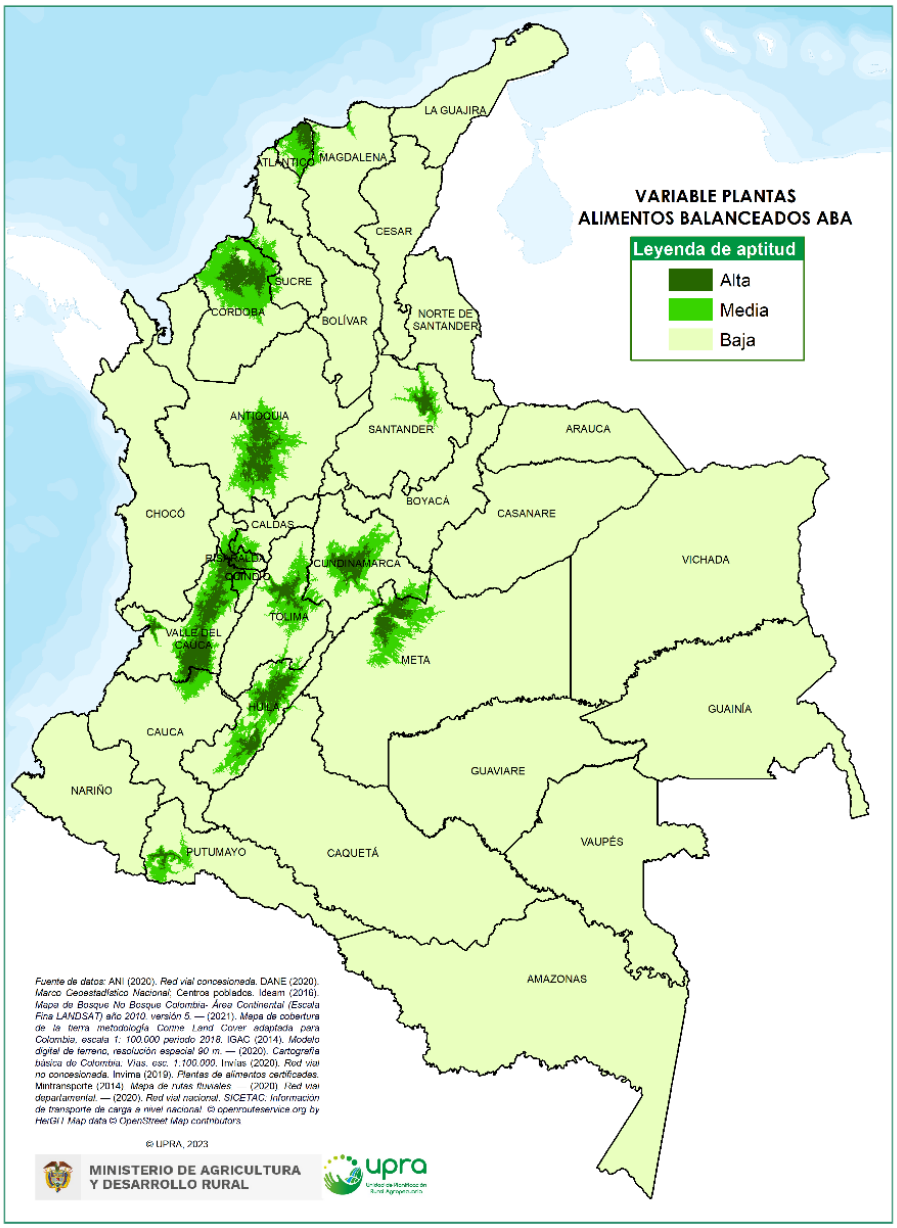
Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. DANE.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque Colombia – Área Continental (Escala Fina LANDSAT) año 2010 V5*. Ideam.
- Ideam. (2021). Mapa de la *cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Ideam.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC
- IGAC. (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (2022). *Plantas de producción de alimentos certificadas*. Invima.
- Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC. Información de transporte de carga a nivel nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.2 Criterio infraestructura, bienes y servicios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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.
- Puertos marítimos expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- Puertos fluviales expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- 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 con respecto a la infraestructura 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 servicio.

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.

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 general de población y vivienda, realizado en el año 2018 y se tuvieron en cuenta los municipios con población mayor a 30.000 habitantes.

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 (*Analytic 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	Centros de servicios	Puertos marítimos	Puertos fluviales	Cobertura de internet móvil	Ponderación de las variables (%)
Infraestructura bienes y servicios	Centros de servicios	1				56,4
	Puertos marítimos	1/3	1			26,3
	Puertos fluviales	1/5	1/3	1		11,8
	Cobertura de internet móvil	1/7	1/5	1/3	1	5,5

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:

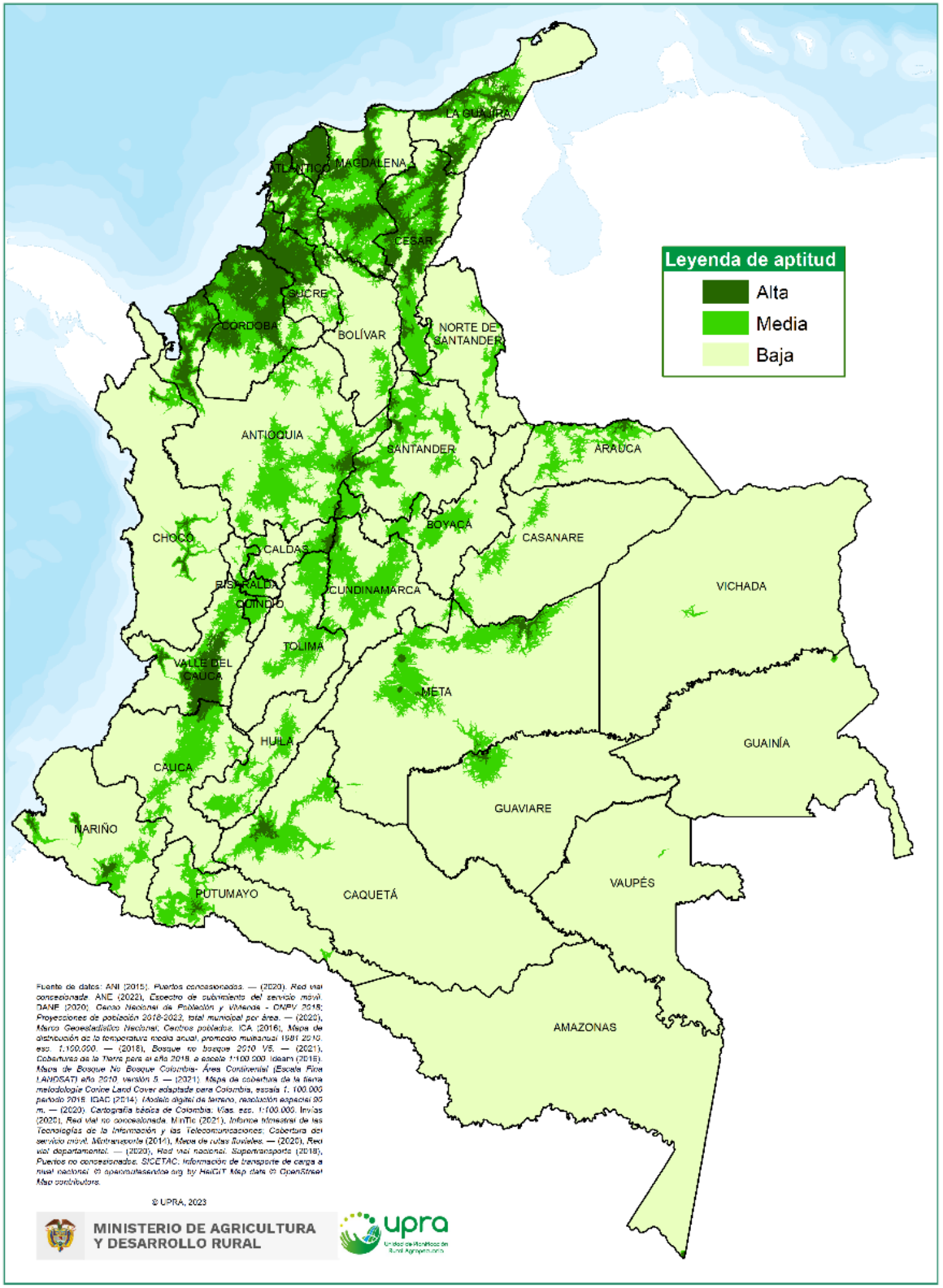
Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura, bienes y servicios	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3 – 6	> 6

	Puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 3	> 3
	Cobertura de internet móvil	Tecnología y número de antenas/10 km^2	Tecnología HSPA y LTE > 2 antenas	Tecnología 3G, <2 antenas	Sin cobertura

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANE (2022). *Espectro de cubrimiento del servicio móvil*. ANE.
- ANI. (2015). *Puertos concesionados*. ANI.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018. Proyección de población 2018 – 2023*, total municipal por área. DANE.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. DANE.
- Ideam. (2014). *Temperatura media anual promedio multianual periodo 1981 – 2010*.
- Ideam. (2018). *Bosque no bosque Colombia. Áreas Continental (Escala Fina LANDSAT) año 2010 V5*. Ideam.
- Ideam. (2021). *Cobertura de la tierra metodología CORINE Land Cover para Colombia para el año 2018*. Ideam
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC
- IGAC. (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. IGAC
- INVÍAS. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías
- MinTic (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones; cobertura del servicio móvil*. Bogotá: MinTic
- MinTransporte (2014*). Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC, información de transporte de carga a nivel nacional*. MinTransporte, Supertransporte (2018). *Puertos no concesionados*. Supertransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.2.1. Variable centros de servicios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca. 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 la yuca, 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 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 Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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)

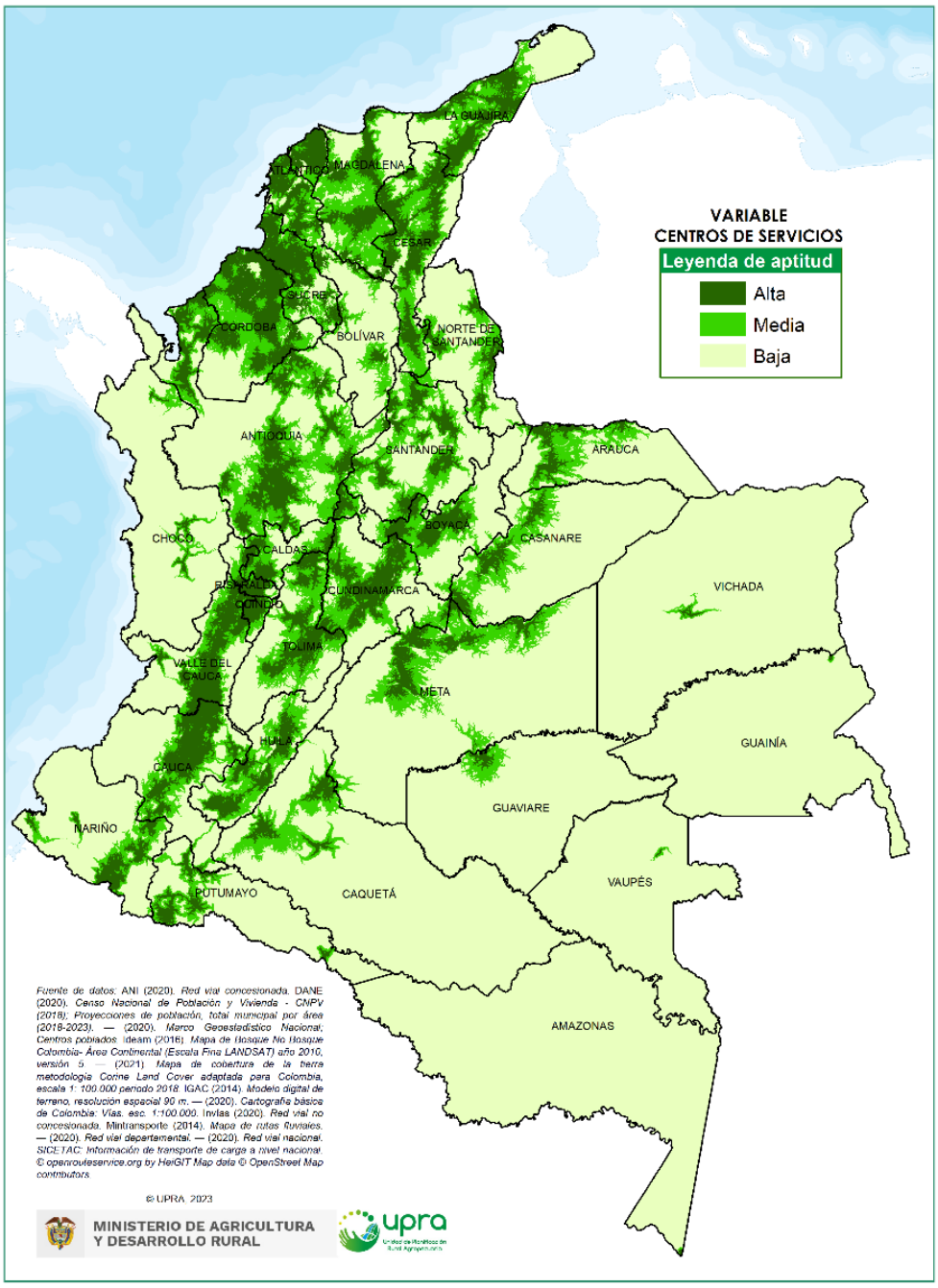
Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda* – CNPV 2018. Proyecciones de población 2018-2023, *Total municipal por área*.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*.
- IGAC (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC

- IGAC. (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. IGAC
- INVÍAS. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales*. Bogotá: MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC: información de transporte de carga a nivel nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.2.2. Variable puertos marítimos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 cargue y descargue, o de embarque y desembarque, para realizar operaciones de comercio internacional.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de 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 competitiva 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 apto (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos no incluye los costos de transporte a través de la red vial.

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 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 Invias 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.

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 competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, y Magdalena. El puerto de Buenaventura y el de Tumaco reflejan una gran incidencia para la región andina. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen el menor grado de aptitud competitiva por su lejanía a los puertos marítimos.

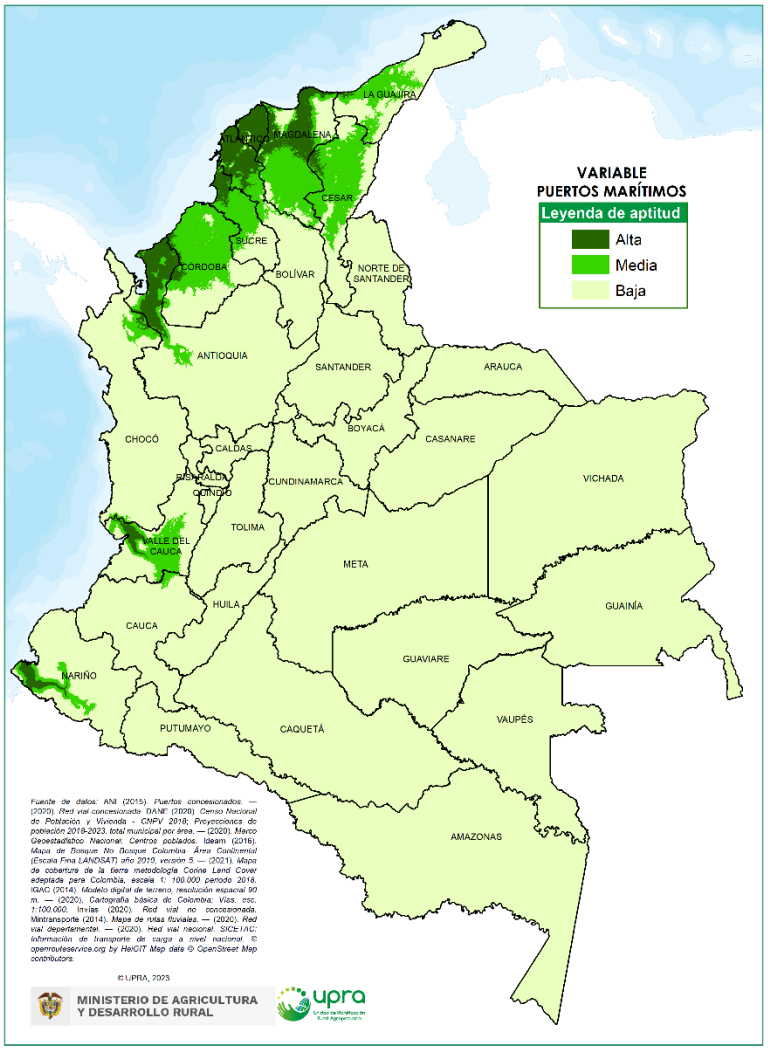
Se tuvieron en cuenta, los puertos de Buenaventura (Valle del Cauca), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), Tumaco (Nariño) y los embarcaderos Nueva Colonia y Zungo ubicados en Carepa (Antioquia), porque allí se concentran la mayoría de las operaciones de comercio internacional.

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2015). *Puertos concesionados*. ANI
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda – CNVP 2018*. Proyecciones de población 2018 – 2023, total municipal por área. DANE.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. DANE.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*.g IGAC.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; Vías. escala 1:100.000*. IGAC
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional SICETAC: Información de transporte de carga a nivel nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.2.3. Variable puertos fluviales

<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 yuca (Manihot esculenta Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: económico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: infraestructura, bienes y servicios</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: puertos fluviales</td><td colspan="2">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>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Lugar situado sobre la rivera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para las actividades fluviales, que ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga.</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">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. Un municipio que cuente con puertos fluviales activos es más competitivo, dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre, que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga.</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">No se tiene información de la capacidad y cantidad transportada del producto.</td></tr>
<tr><td colspan="3">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Información
ANI. (2020) Puertos concesionados.
Supertransporte. (2018). Puertos no concesionados.

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 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.</td></tr>
</table>

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 Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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.

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).

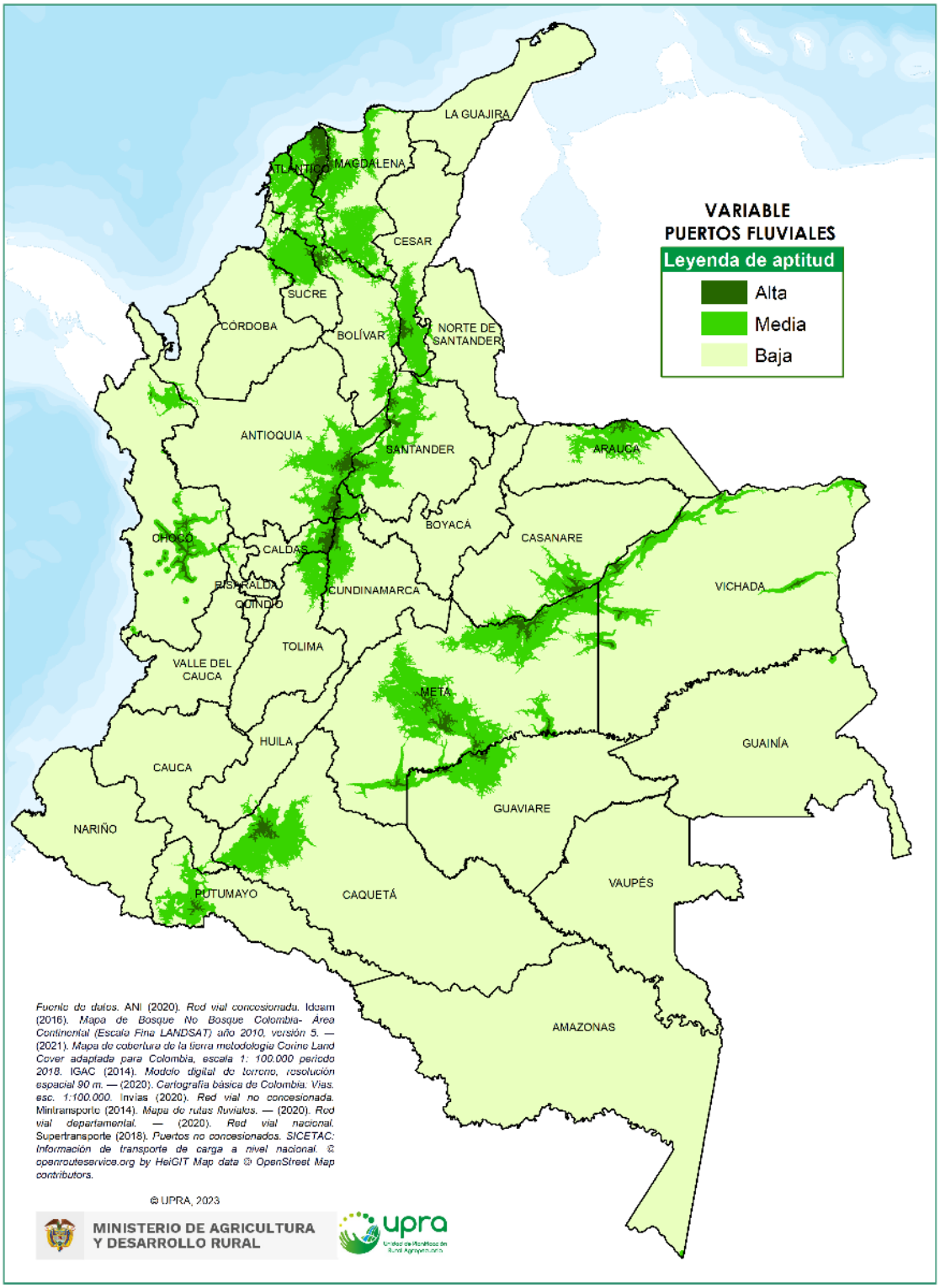
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
<1	Alta (A1)
1 -3	Media (A2)
>3	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC.
- IGAC, (2020). *Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte. Mintransporte
- MinTransporte (2020). *Red vial departamental*. Mintransporte.
- 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. Supertransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.2.4. Variable cobertura de internet móvil

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 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 apto (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.
-

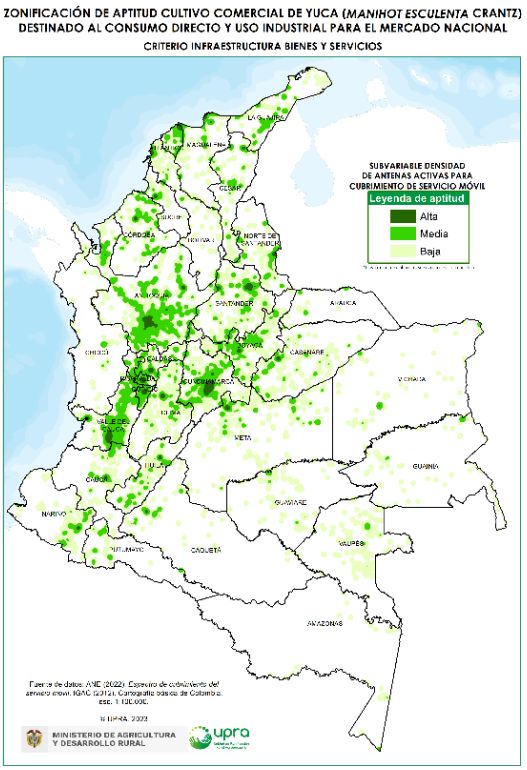
Se realizó la consulta del cubrimiento para todo el país, obteniéndose una base datos espacializable con 39.508 registros con 14 atributos como son ID estación, tipo, banda, frecuencia, potencia, altura, departamento, municipio, coordenada, entre otros.

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:



b. Subvariable *tipo de cobertura móvil*: se construyó a partir de los siguientes insumos:

Informe trimestral de las TIC - tabla 16

Se siguieron los siguientes pasos:

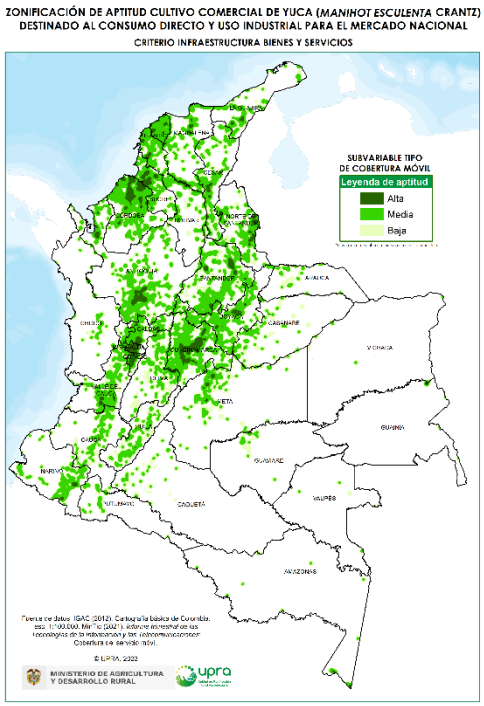
- Para la construcción de esta variable se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga de la tabla 16 del informe trimestral de las TIC, el cual contiene la información de cobertura del servicio móvil desagregada por municipio/centro y por tipo de tecnología y/o generación móvil (2G, 3G, HSPA y LTE).

Con dicha información se realizó el enlace 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

Se generó la siguiente salida gráfica:



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 expuestas anteriormente 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 %.

	Densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil (30 %)			
Tipo de cobertura móvil (70 %)	-	A1	A2	A3
	A1	A1	A1	A2
	A2	A1	A2	A3
	A3	A2	A3	A3

4. Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la matriz de paso, así: aptitud alta (A1): tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas / 10 $km^{2;}$ aptitud media (A2): tecnología 3G, < 2 antenas / 10 km^2; aptitud baja (A3): sin cobertura.

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).

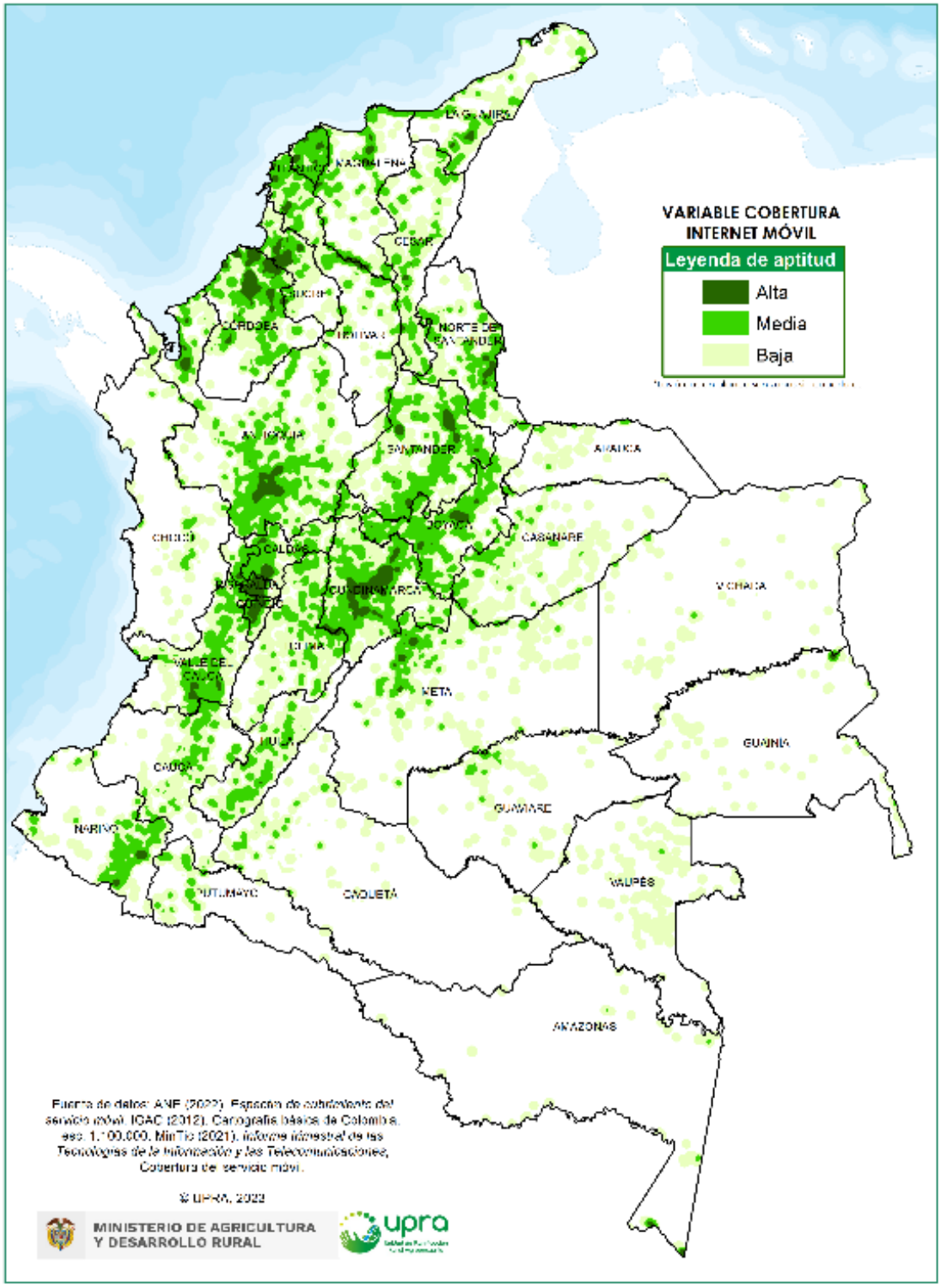
Tecnología y número de antenas/10 km^2	Aptitud
Tecnología HSPA y LTE > 2 antenas	Alta (A1)
Tecnología 3G < 2 antenas	Media (A2)
Sin cobertura	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tecnología y número de antenas/10 km^2

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANE. (2022). *Espectro del cubrimiento del servicio móvil*. https://espectro-co.ane.gov.co/ en el módulo Cubrimiento – visor del espectro cubrimiento.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica de Colombia. Escala 1:100.000*. IGAC: UPRA.
- MinTic. (2021). *Informe trimestral de las Tecnologías de la información y las Telecomunicaciones*. Cobertura del servicio móvil. https://www.colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-178487.html.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.3. Criterio disponibilidad de mano de obra

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT))	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 el número de habitantes rurales en edad de trabajar / 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 yuca, evaluando además las posibilidades de capacitación y cualificación dentro del territorio, de acuerdo con la oferta de programas 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 mano de obra requerida en el cultivo de yuca. 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 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 pueda 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 la población rural en edad de trabajar	Oferta educativa técnica y tecnológica	Oferta educativa universitaria	Ponderación de las variables (%)
Disponibilidad de mano de obra	**Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)**	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

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

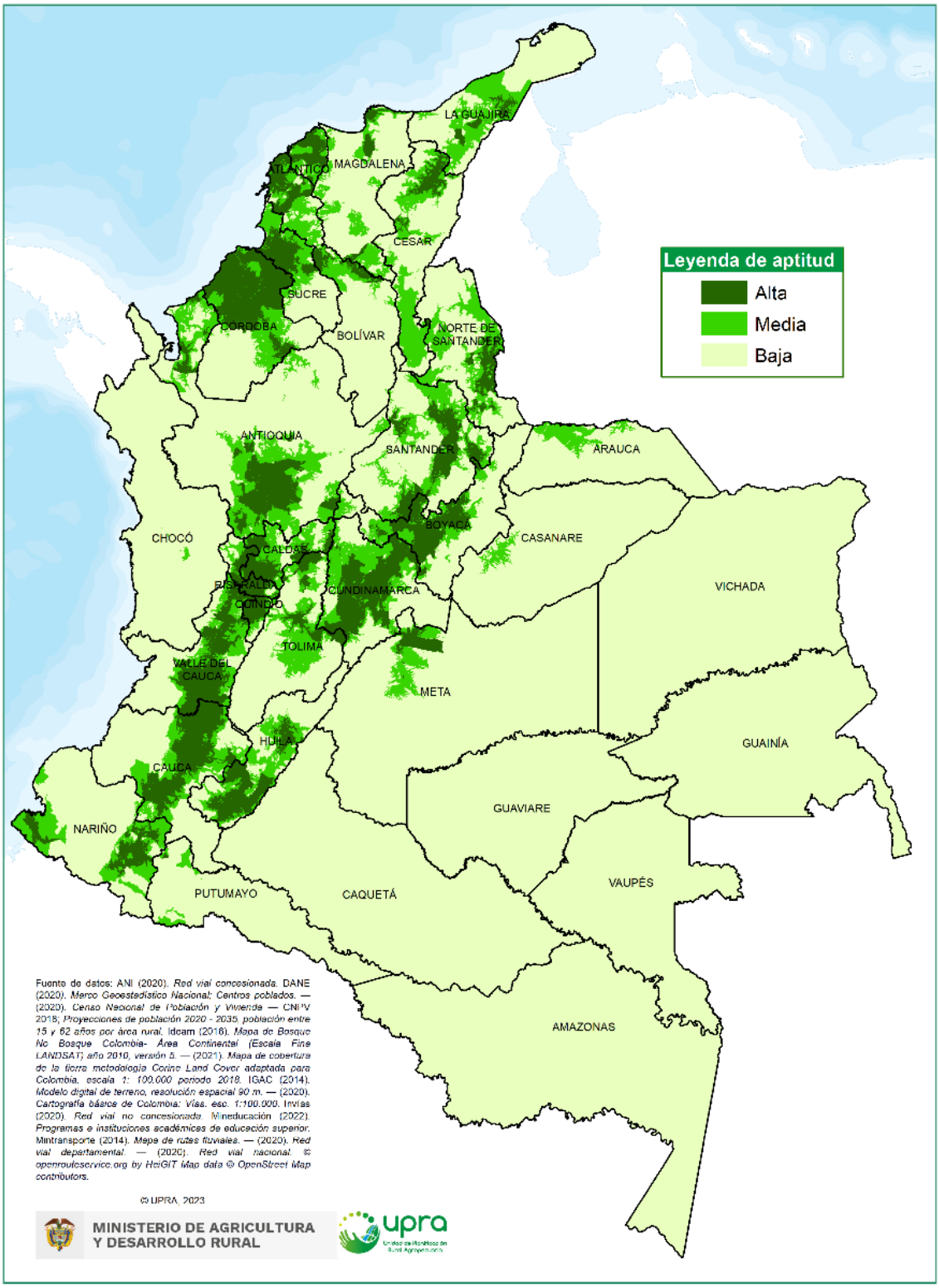
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	> 21,1	8,4 - 21,1	< 8,4
Oferta educativa tecnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 - 2	> 2
Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 - 2	> 2

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionaria.* ANI
- DANE. (2020). Marco geoestadístico nacional: Centros poblados. DANE.
- DANE. (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018. Proyecciones de población 2020 – 2035, *población entre 15 y 62 años por área rural. DANE.*
- DNP. (2023). Sistema de estadísticas territoriales (Territata). https://territata.dnp.gov.co/#/. DNP
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución 90 m. IGAC*
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinEducación (2022). *Programas activos e instituciones académicas de educación superior*. MinEducación.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.

MinTransporte. (2020). Red vial nacional *SICETAC: Información de transporte de carga a nivel nacional openrouteservice.org by HeiGIT Map data OpenStreet Map contributors.*

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.3.1. Variable densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)	**UNIDAD DE MEDIDA:** número de habitantes rurales en edad de trabajar / 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 yuca. 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 estableció 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 yuca; 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 por parte de del cultivo de yuca.

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 a la 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 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 esta 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 Terridata.

2. **Precisiones de la Información**

La fuente para la estimación de la Población en edad de trabajar – $PET_{15\text{-}62}$ rural son las proyecciones de población municipal para 2022 por área, sexo y edad. La información se procesa considerando a 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 Terridata.

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:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

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 el resultado es que más del 5 % corresponde a datos atípicos, la decisión es utilizar el método de Dalenuis.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

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 yuca, 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 preparación del terreno, siembra y cosecha del cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* C.), lo que lleva a suponer una demanda de 77 jornales al año por hectárea. Así, se estimó como requerimiento técnico de mano de obra 21,1 jornales km^2/día. Vale la pena resaltar que en la etapa de cosecha y por algunos días la demanda de mano de obra es más alta, no obstante, en la medición de 21,1 jornales km^2/día se contempla esta alta demanda coyuntural, computada con la demanda de mano de obra en otras etapas del cultivo para para todo el ciclo productivo.

Este 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 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:

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:

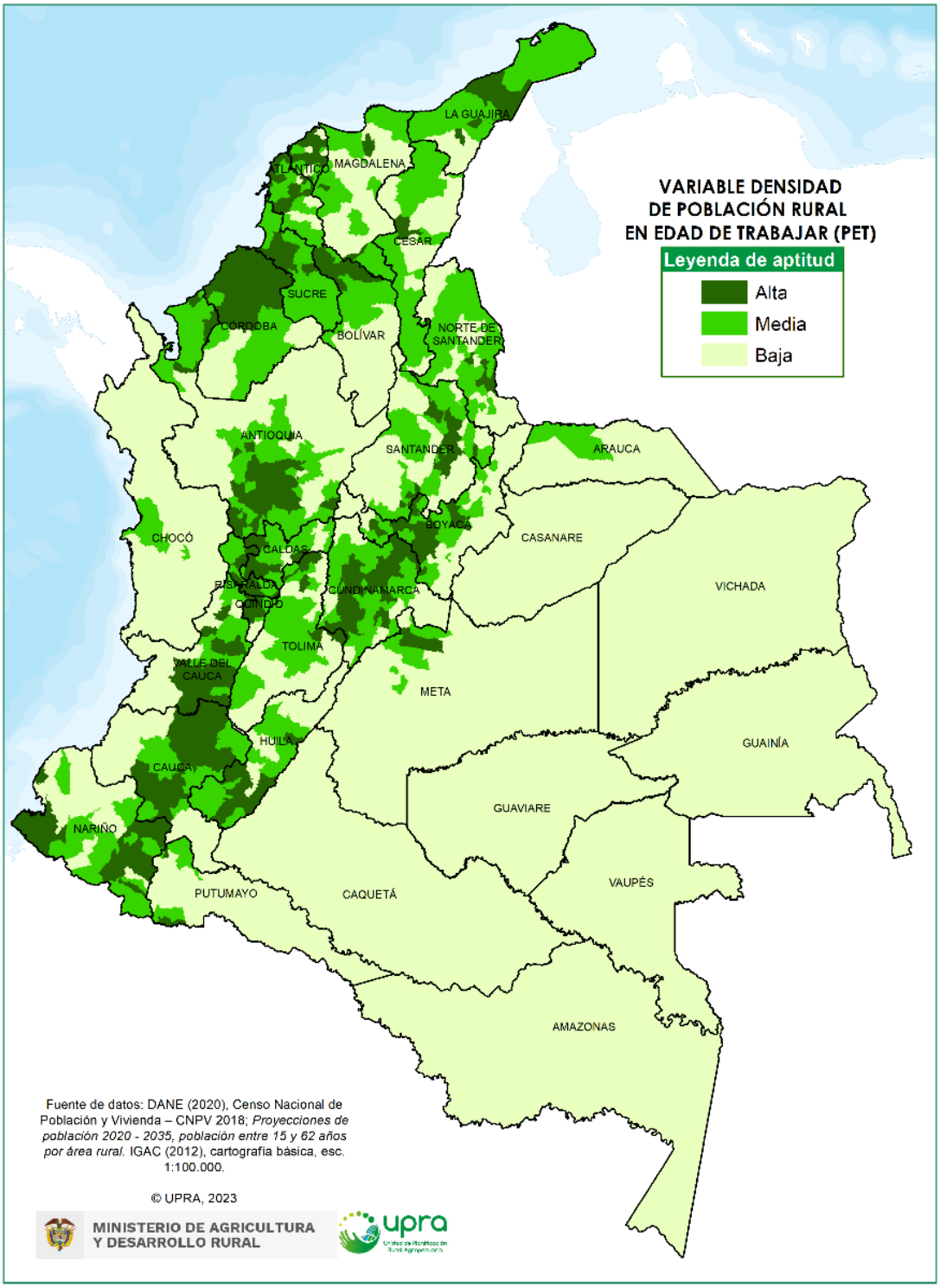
Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	Aptitud
> 21,1	Alta (A1)
8,4 - 21,1	Media (A2)
< 8,4	Baja (A3)

Unidad de análisis	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2

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). DANE
- DNP. (2023). Portal Terridata. Sistema de Estadísticas Territoriales. https://terridata.dnp.gov.co/#/. DNP.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.3.2. Variable oferta educativa técnica y tecnológica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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, cerca de su territorio, a programas de formación técnica y tecnológica para elevar 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 tiene especial importancia en la zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad de que los empresarios agrícolas y población productora campesina disponga de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos y tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola. Para el caso de la variable de oferta educativa técnica y tecnológica, 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. 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 en general. Se incluyeron los programas relacionados con agricultura de precisión. 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, 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 técnicos y tecnológicos relacionados con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta.

2. Precisiones de la información

Programas académicos ofertados relacionados con la actividad agrícola y el cultivo de yuca, reportados en el SNIES del MinEducación. Se tiene en cuenta los programas activos para el año 2023 en el momento de la consulta (marzo). Los programas identificados fueron los siguientes:

- Técnico profesional en manejo de suelos y aguas
- Técnico profesional en manejo y conservación de productos agroindustriales
- Técnico profesional en procesos agroindustriales
- Técnico profesional en producción agrícola
- Técnico profesional en producción agroecológica de cultivos
- Técnico profesional en producción agropecuaria
- 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 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 identificaron 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

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.

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias,

el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento 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 Secetac 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 calculó 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.

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:

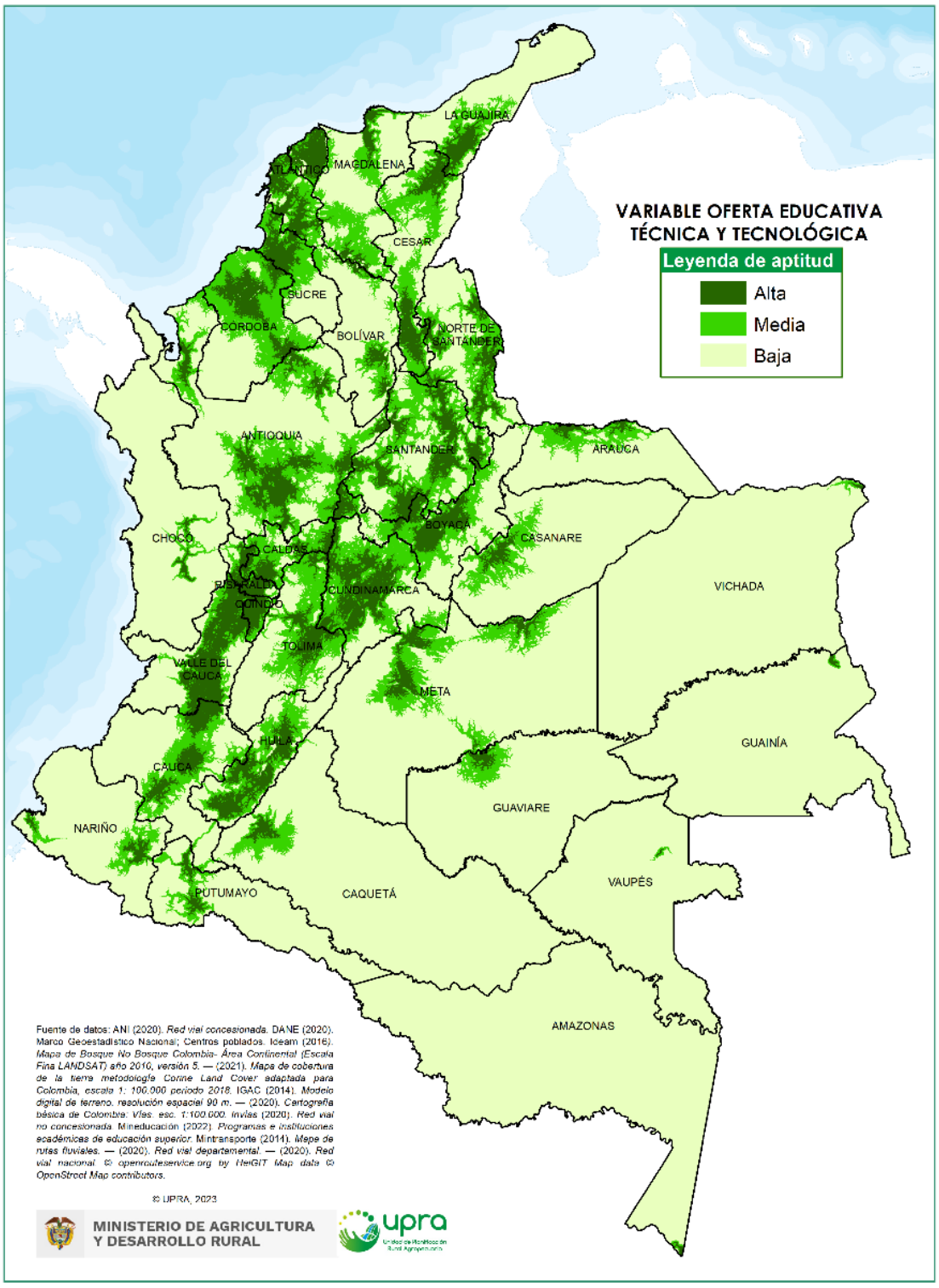
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 – 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionaria*. ANI
- DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*. DANE.
- DNP. (2022). *Portal Territata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. https://territata.dnp.gov.co/#/. DNP.
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. IGAC*
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada. Invías*.
- MinEducación. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior. MinEducación*.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.3.3. Variable oferta educativa universitaria

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 representa especial importancia en la zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los empresarios agrícolas y 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 puedan incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola. 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.		

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. Los territorios donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a estos programas de formación académica son más aptos 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 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 la consulta (marzo de 2023).

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
- 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

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.

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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.

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:

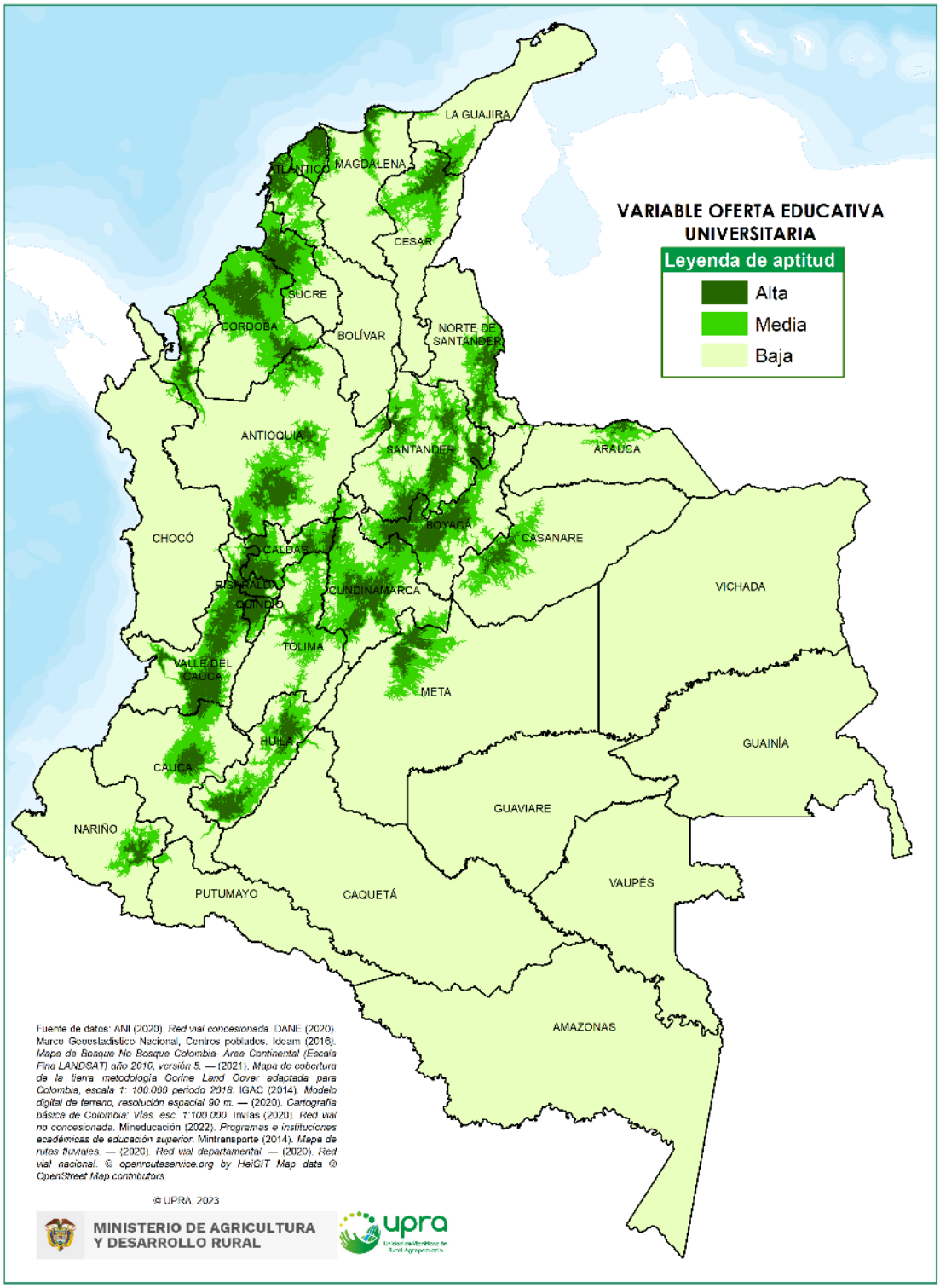
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionaria*. ANI.
- DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*. DANE.
- DNP. (2022). *Portal Terridata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. https://terridata.dnp.gov.co/#/. DNP.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. IGAC*.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada. Invías*.
- MinEducación. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior. MinEducación*.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.4. Criterio dinámica del mercado de tierras

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 hectárea (ha).
- Arriendo rural, expresado en miles de COP /ha/año.
- Avalúo catastral rural, expresado en millones de COP/ha.
- Tendencia a la formalidad, expresada en predio.

DEFINICIÓN

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 de yuca, al mostrar el impacto del tamaño, la estimación del arriendo y el precio de los predios 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» (Res. 128/2017 art.5 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 que permitió dejar todos los municipios en la vigencia 2020, parte de información desactualizada en la mayoría de ellos.

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 ser interrelacionados 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 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	Tamaño	Arriendo	Avalúo	Tendencia a la formalidad	Ponderación de las variables (%)
Dinámica mercado de tierras	Tamaño	1				54,0
	Arriendo	1/3	1			27,5
	Avalúo	1/5	1/3	1		12,3
	Tendencia a la formalidad	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**			

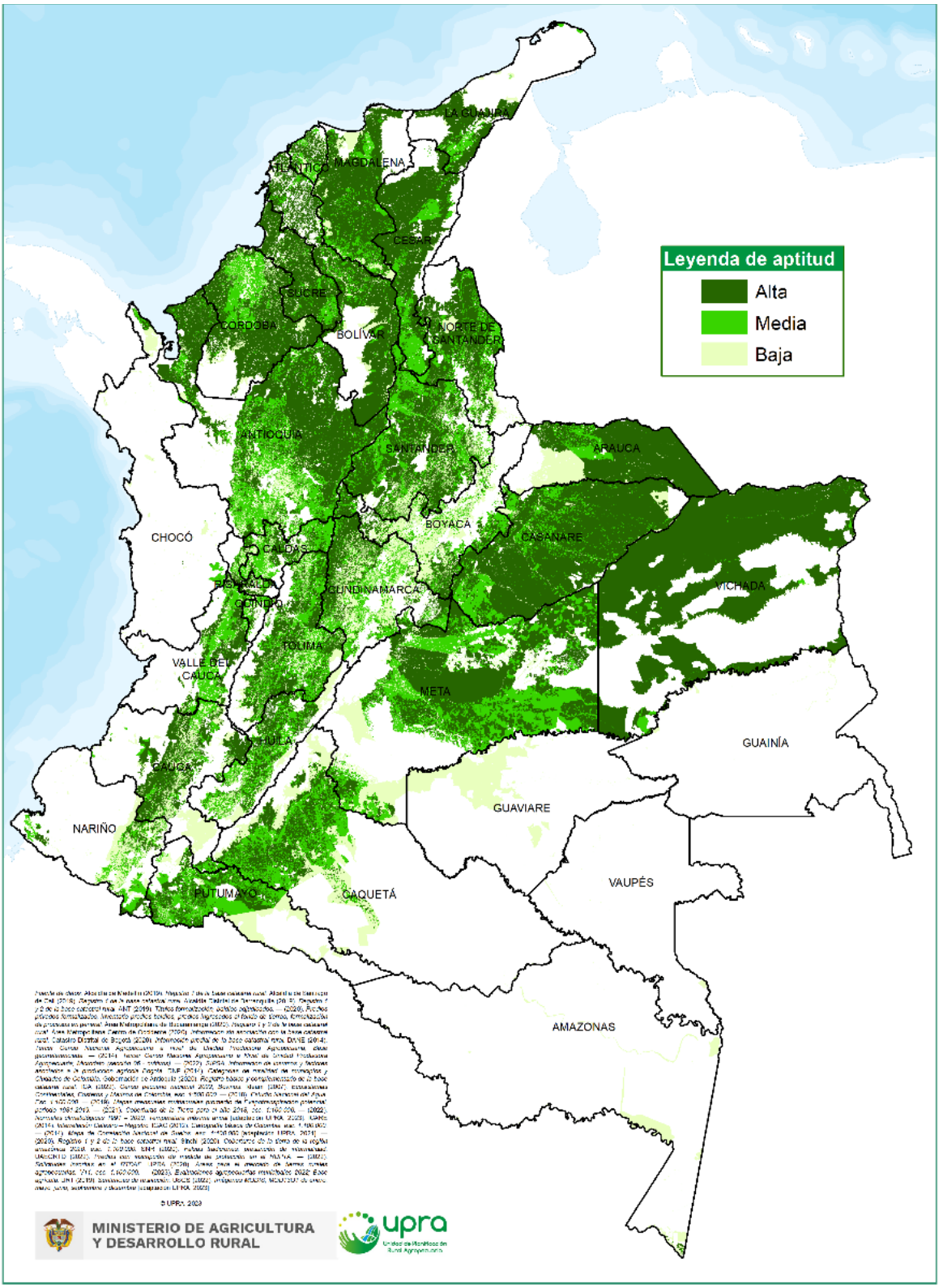
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Tamaño predial rural	Hectárea (ha)	> 9,0	6,7 – 9,0	< 6,7
Arriendo rural	Miles de COP /ha/año	< 400	400 – 900	> 900
Avalúo catastral rural	Millones COP /ha	< 3,5	3,5 – 12,0	> 12 y predios en propiedad horizontal (pH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.
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.

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*.
- ANT. (2019), *Títulos formalización, baldíos adjudicados*. ANT.
- ANT. (2020), *predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general*.
- 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. (2020). SIPSA. *Sistema de información de precios*. Datos de arriendo para actividades pecuarias. DANE.
- 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*. IGAC.
- IGAC. (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*.
- IGAC. (2019). *Base catastral, Registros 1 y 2*.
- IGAC. (2014). ICARE, *Interrelación catastro registro*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (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. 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*. SNR
- 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.
- UPRA. (2015). Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. UPRA.
- UPRA. (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias -V11*. UPRA.
- UPRA. (2023). *Mapa de apropiación de agua para yuca*.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.4.1. Variable tamaño predial rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: tamaño predial rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** hectáreas (ha)	
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 yuca y las dimensiones consideradas apropiadas 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, evidencie sitios donde los tamaños prediales podrían ser apropiados para el desarrollo de la actividad productiva, y otros dónde se dificultaría. Esta actividad requiere de extensiones prediales medianas con relación a la distribución predial general del país, por lo que podría haber 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 están desactualizadas en muchos municipios del país están y 80 de ellos no cuentan 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 esta actividad agrícola se realice de manera productiva, que además se comportan de manera representativa en el actual desarrollo de la actividad en el país, para lo cual se contó con el concepto de profesionales vinculados al sector de la producción de yuca 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 donde se reportan cultivos, para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados, posteriormente 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, clasificándolos 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 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 de 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

4. Clasificación por aptitud

El tamaño de los predios rurales se definió de acuerdo con los siguientes rangos de aptitud:

Predios (ha)	Aptitud
> 9,0	Alta (A1)
6,7 – 9,0	Media (A2)
< 6,7	Baja (A3)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Hectárea (ha)	Aptitud
> 9,0	Alta (A1)
6,7 – 9,0	Media (A3)
< 6,7	Baja (A3)

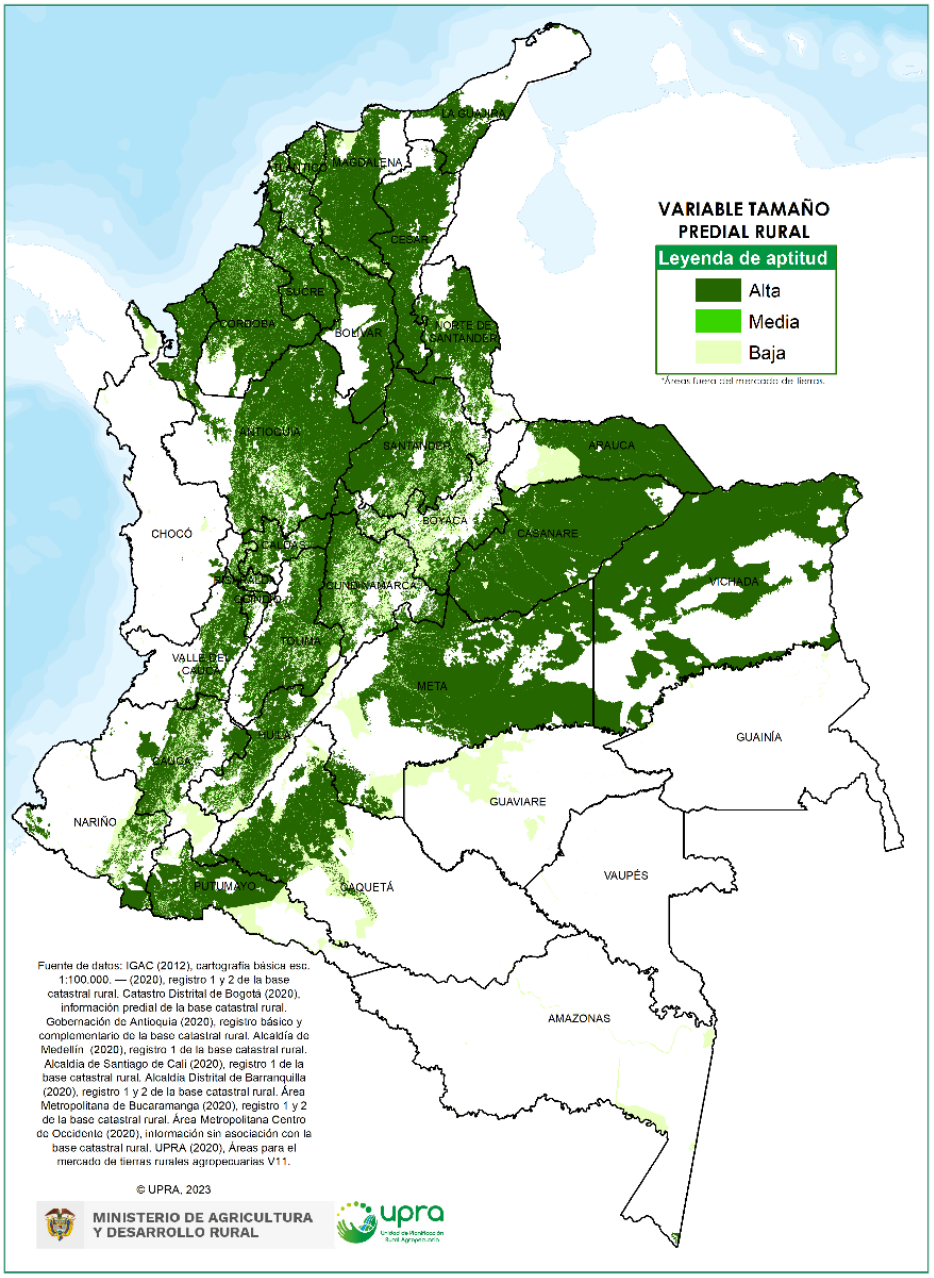
Unidad de análisis	Predios

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*. IGAC.
- IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- UPRA. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V11*. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.4.2. Variable arriendo rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Arriendo rural	**Unidad de medida:** miles de COP /ha/año	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

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

El DANE tiene como una de sus funciones, brindar información básica para la toma de decisiones en todos los sectores de la economía. El SIPSA es el encargado de informar los precios mayoristas de los productos agroalimentarios que se comercializan en el país, así como la información de insumos y factores asociados a la producción pecuaria y el nivel de abastecimiento de alimentos en las ciudades.

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 serán los precios de arriendo, comportamiento que no se relaciona directamente con el precio de la tierra sino con la rentabilidad del producto para la cual se requiere.

En el país es común que se dé la figura del arrendamiento para cultivos transitorios o semipermanentes como el cultivo de yuca; sin embargo, dada la dificultad de acceso a tierra y especialmente por sus elevados costos de adquisición, se observa esta forma de acceso, 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 la actividad productiva de manera rentable para ambos.

4. Clasificación por aptitud

El proceso para la clasificación por aptitud se realizó de la siguiente manera. Se tomó como base de 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 agrícola. 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, construyendo como resultado del análisis, 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	Mayor que 200.000	Hasta 300.000
1.2.1	Mayor que 300.000	Hasta 400.000
1.2.2	Mayor que 400.000	Hasta 500.000
2.1.1	Mayor que 500.000	Hasta 600.000
2.1.2	Mayor que 600.000	Hasta 700.000
2.1.3	Mayor que 700.000	Hasta 800.000
2.1.4	Mayor que 800.000	Hasta 900.000
2.1.5	Mayor que 900.000	Hasta 1.000.000
2.2.1	Mayor que 1.000.000	Hasta 1.200.000
2.2.2	Mayor que 1.200.000	Hasta 1.500.000
3.1.1	Mayor que 1.500.000	Hasta 2.000.000
3.1.2	Mayor que 2.000.000	Hasta 2.500.000
3.2.1	Mayor que 2.500.000	Hasta 3.000.000
3.2.2	Mayor que 3.000.000	Hasta 3.500.000
4.1.1	Mayor que 3.500.000	Hasta 4.000.000
4.1.2	Mayor que 4.000.000	Hasta 4.500.000
4.1.3	Mayor que 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 estandarizó la clasificación de SIPSA con la del IGAC, para tener su equivalencia con las fases de pendiente del mapa correlacionado de suelos del IGAC (IGAC, 2014) de la siguiente manera:

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 yuca, realizado por el equipo del componente socioecosistémico del grupo de Evaluación de Tierras Nacional de la UPRA (UPRA, 2023) 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 yuca, 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 fue tomada 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).

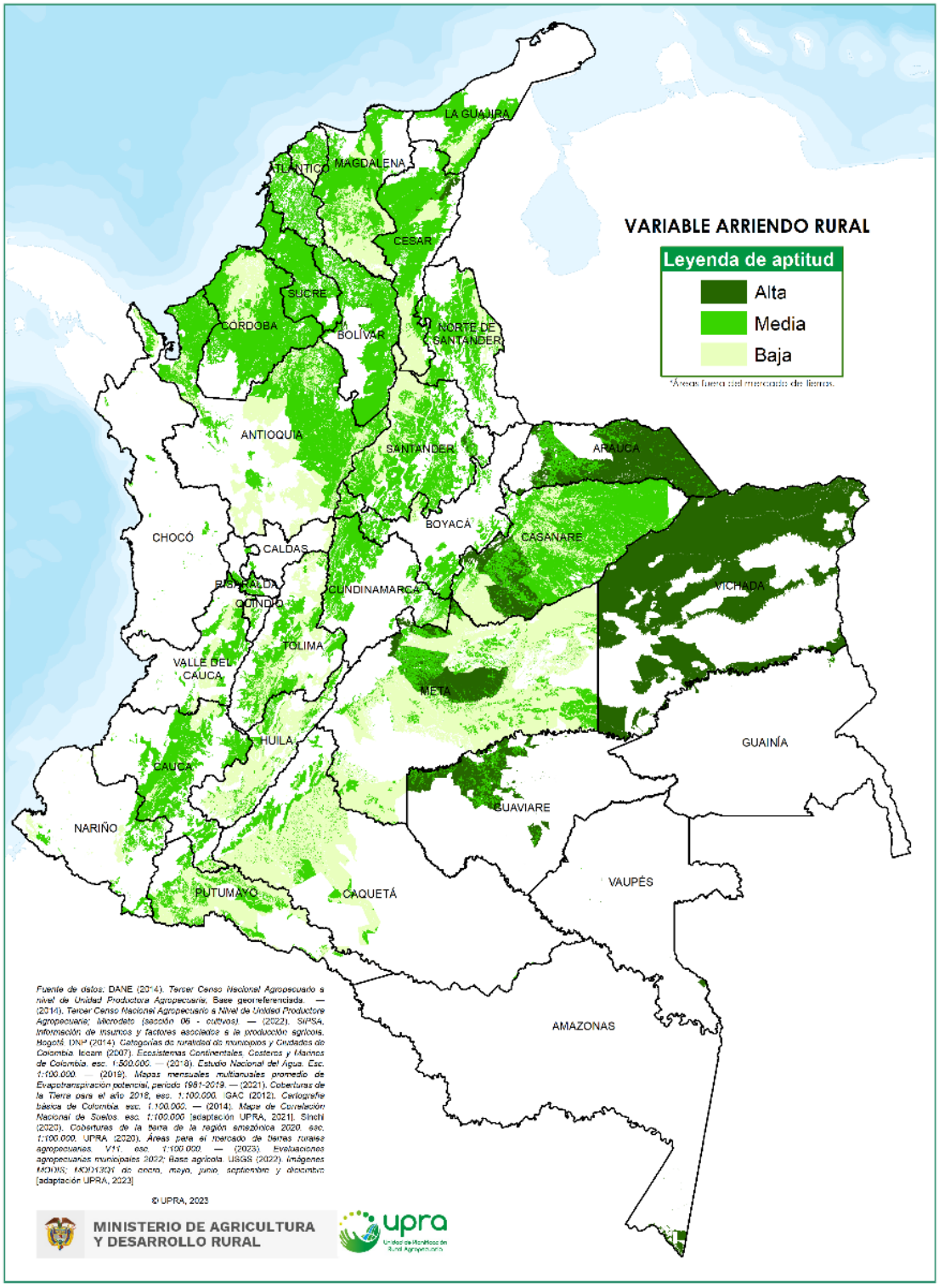
Miles de COP/ha/año	Aptitud
< 400	Alta (A1)
400 – 900	Media (A3)
> 900	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de COP/ha/año

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*. DANE.
- DNP. (2014). El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Informe detallado de la Misión para la Transformación del Campo. DNP.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala* 1:100.000. IGAC.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación de suelos. Fases por pendiente*. IGAC
- UPRA. (2023). *Mapa de la variable apropiación de agua anual para yuca*. UPRA.
- UPRA. (2022). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11*. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.4.3. Variable avalúo catastral rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: avalúo catastral rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de 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 (Res. 0070/2011, 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 no pueden dar una información directa de precios, si muestran una tendencia. 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 de yuca 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 información de cultivos de yuca reportados 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 fue expresada en precios comerciales, se asume un porcentaje de correspondencia nacional entre los mismos del 60 %, para proceder a la 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
	Menor a 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
	Mayor que 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, determinan, 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 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

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).

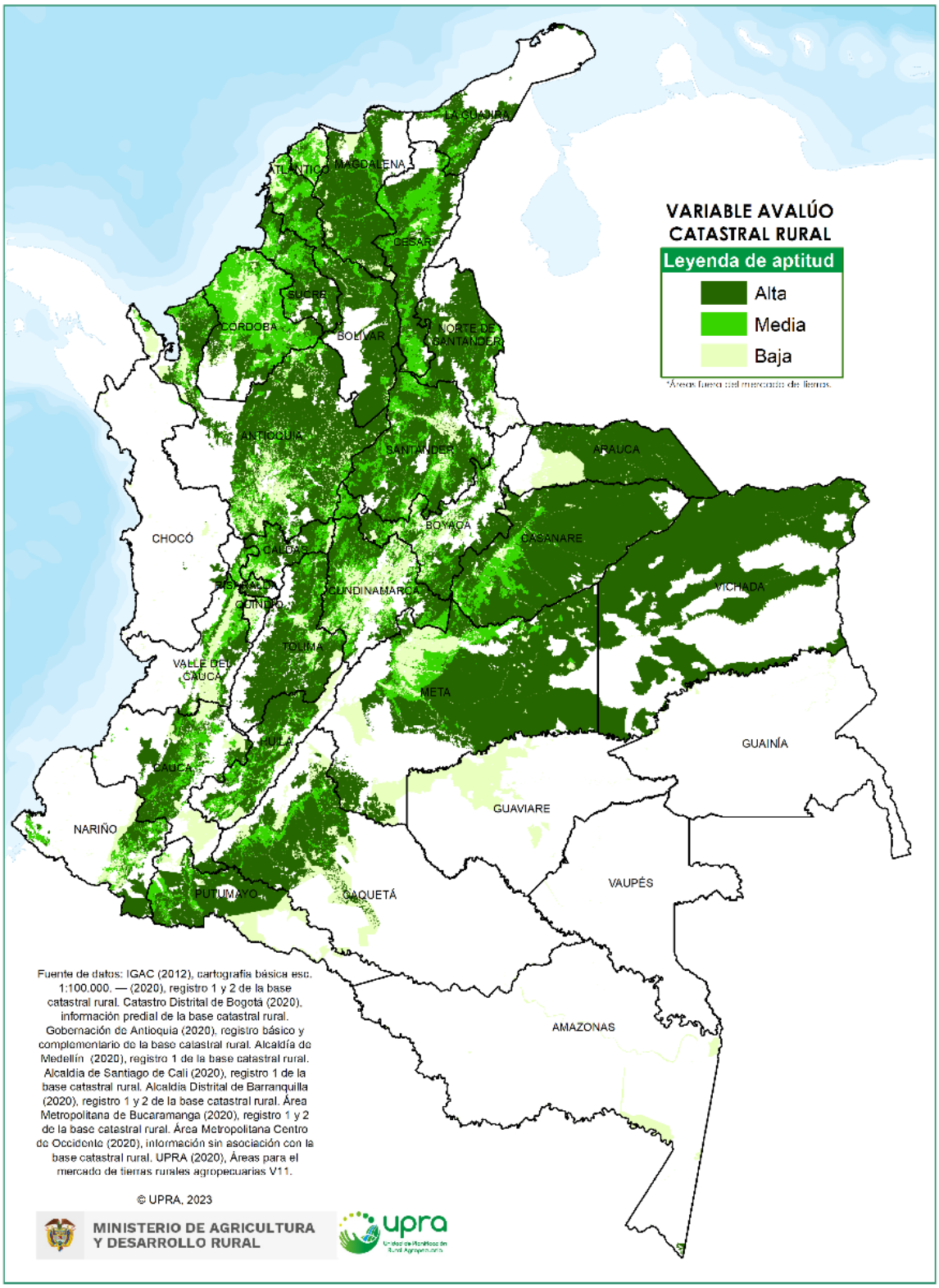
Millones COP/ha	Aptitud
< 3,5	Alta (A1)
3,5 – 12,0	Media (A2)
> 12,0 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones COP /ha

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*. IGAC.
- IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- MinAgricultura. (2017). *Resolución 128 de 2017. Artículo 5, numeral 6*. MinAgricultura.
- UPRA. (2022). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11*. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.4.4. Variable tendencia a la formalidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: tendencia a la formalidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** predio	
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 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).

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
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 para utilizarlas 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.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). 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.
IGAC. (2016). Base catastral, registros 1 y 2.
IGAC. (2019). Base catastral, registros 1 y 2.
SNR. (2019). Falsas tradiciones.
Uaegrtd. (2023). 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 de datos 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 con 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 dos al ocho, mientras por exclusión, los del numeral uno (1) 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 definieron 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 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 aptitud baja (A3), la cual 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 volver a la formalidad y luego se seleccionaron los predios sin matrícula inmobiliaria; 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, clasificándolos 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 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 mencionados se relacionan a continuación:

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva 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

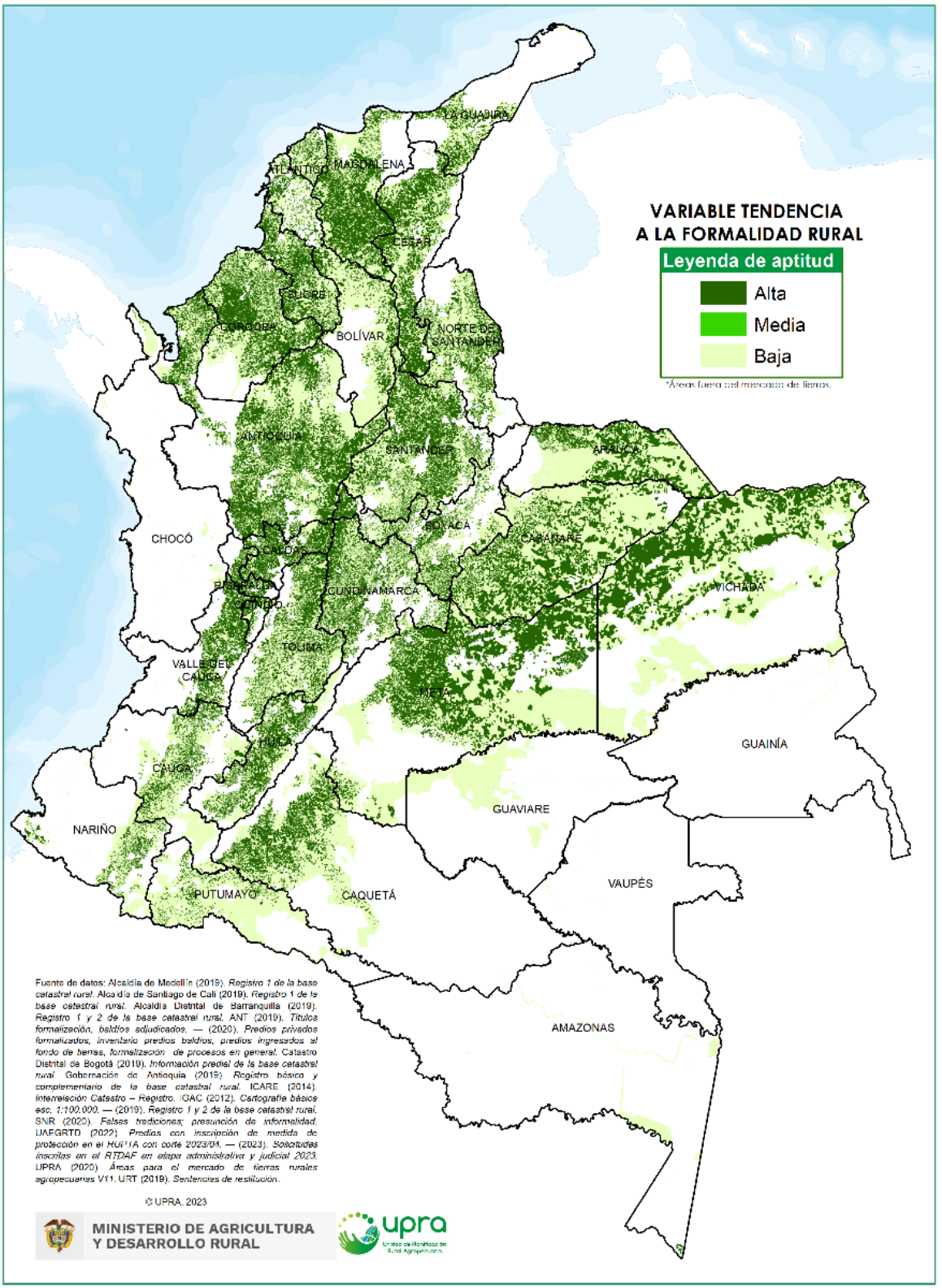
Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Predios sin información catastral, con mejoras, sin interrelación catastro registro, con falsa tradición, con presunción de baldíos, con presunción de informalidad, con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente, y predios con inscripción en el Rupta.	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). Base de datos catastral.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Registro 1 de la base catastral rural.
- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). Registro 1 y 2 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. ANT.
- 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. IGAC.
- IGAC. (2019). Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016. IGAC.
- IGAC. (2014). Predios sin interrelación catastro registro y con falsa tradición. IGAC.
- IGAC. Icare. (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. SNR.
- UAEGRTD. (2023). Puntos de los centroides, de los polígonos de las solicitudes que se encuentran espacializadas 2023 de los polígonos en estado D (definitivos).
- UAEGRTD. (2019). Sentencias de restitución.
- UAEGRTD. Rupta (2023). Predios con inscripción de medida de protección.
- UPRA. (2015). Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. UPRA.
- UPRA. (2020). Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuaria V11. UPRA.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.5. Criterio asociatividad e institucionalidad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 y gremio, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.
- Entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA), expresadas 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 de yuca de uso doméstico y de uso industrial, 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 a nivel municipal, así como la articulación de productores, a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector agrícola comercial en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional más la asociatividad, favorecen el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario y fortalecimiento organizacional del sector. Una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecería mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad del cultivo comercial de yuca.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las variables se calcularon con base en isócronas debido a que es la cercanía la que determina la facilidad de acceso a los servicios que prestan. Sin embargo, los algoritmos utilizados para la estimación de los tiempos de desplazamiento no incluyen los costos.

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 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	Asociaciones y gremio	Agrosavia	EPSEA	ICA	Ponderación de las variables (%)
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones y gremio	1				43,5
	Agrosavia	1/3	1			16,3
	EPSEA	1/5	1/3	1		7,7
	ICA	1/7	1/5	1/3	1	4,5

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

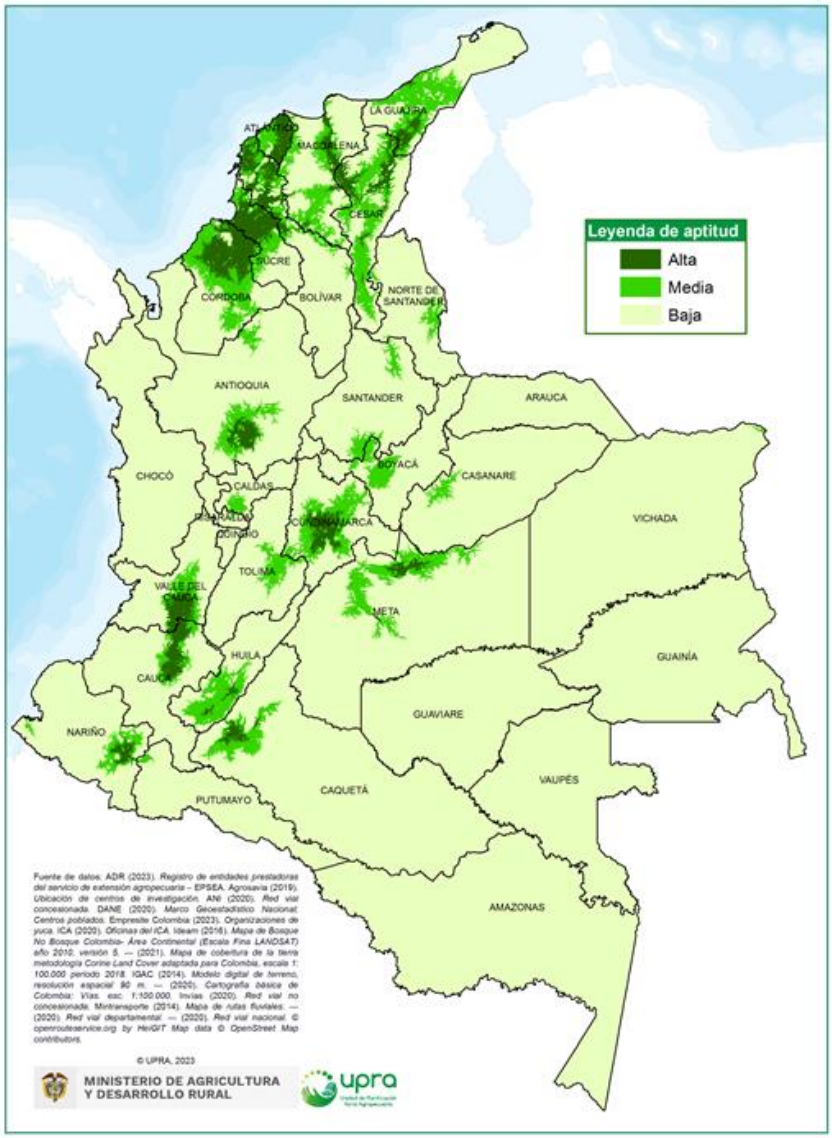
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociaciones y gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
EPSEA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1/2	1/2 – 2	> 2
ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria. Epsea. ADR.

- Agrosavia. (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Agrosavia.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. DANE.
- Empresite Colombia (2023). Organizaciones de yuca. https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/ORGANIZACIONES-DE-YUCA/
- ICA. (2020). *Oficinas del ICA*. ICA
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.5.1. Variable asociaciones y gremio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO ASOCIADO: asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: asociaciones y gremio	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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.

Las asociaciones, se encuentran, en buena parte, en los municipios donde se ubica la producción del cultivo de yuca.

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

No se cuenta con una amplia información.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

Informa. (2022). Asociaciones de productores de yuca y gremio.

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 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

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 calculó 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 donde se encuentra la asociación.

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).

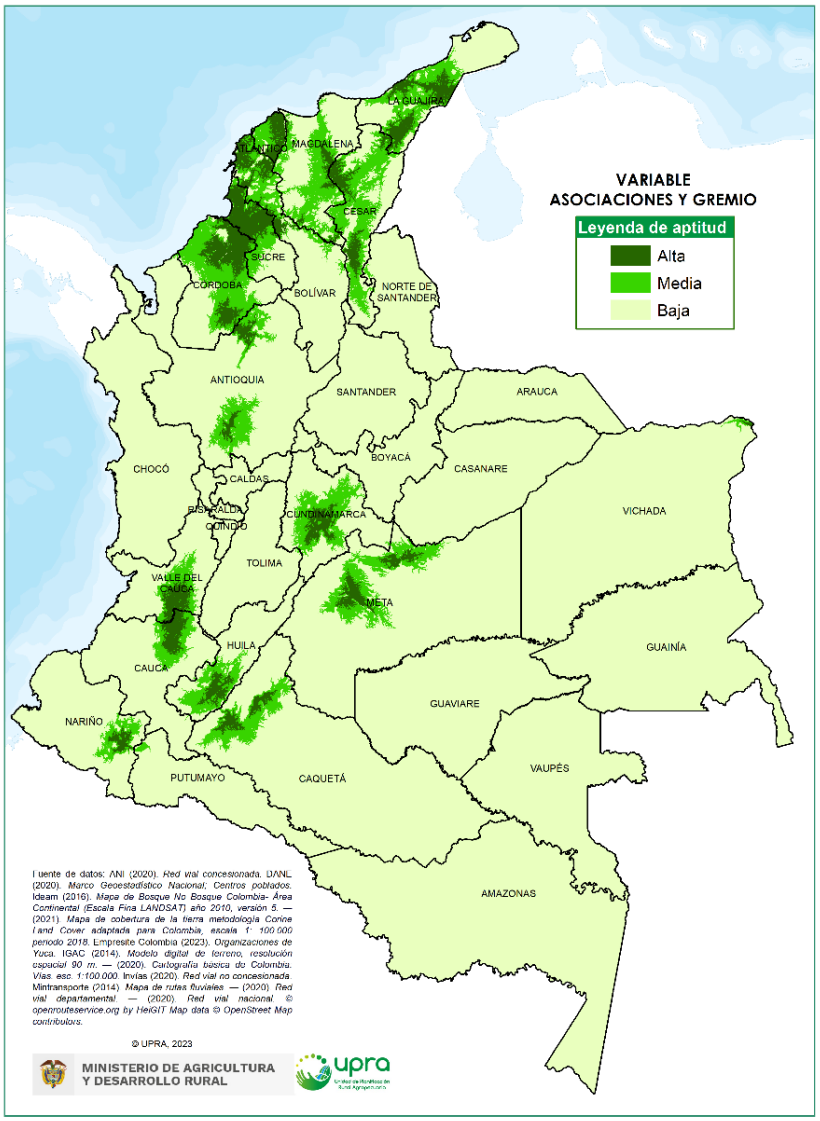
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. DANE.
- Empresite Colombia (2023). Organizaciones de yuca. https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/ORGANIZACIONES-DE-YUCA/
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.5.2. Variable Agrosavia

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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.		
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 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

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 calculó 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).

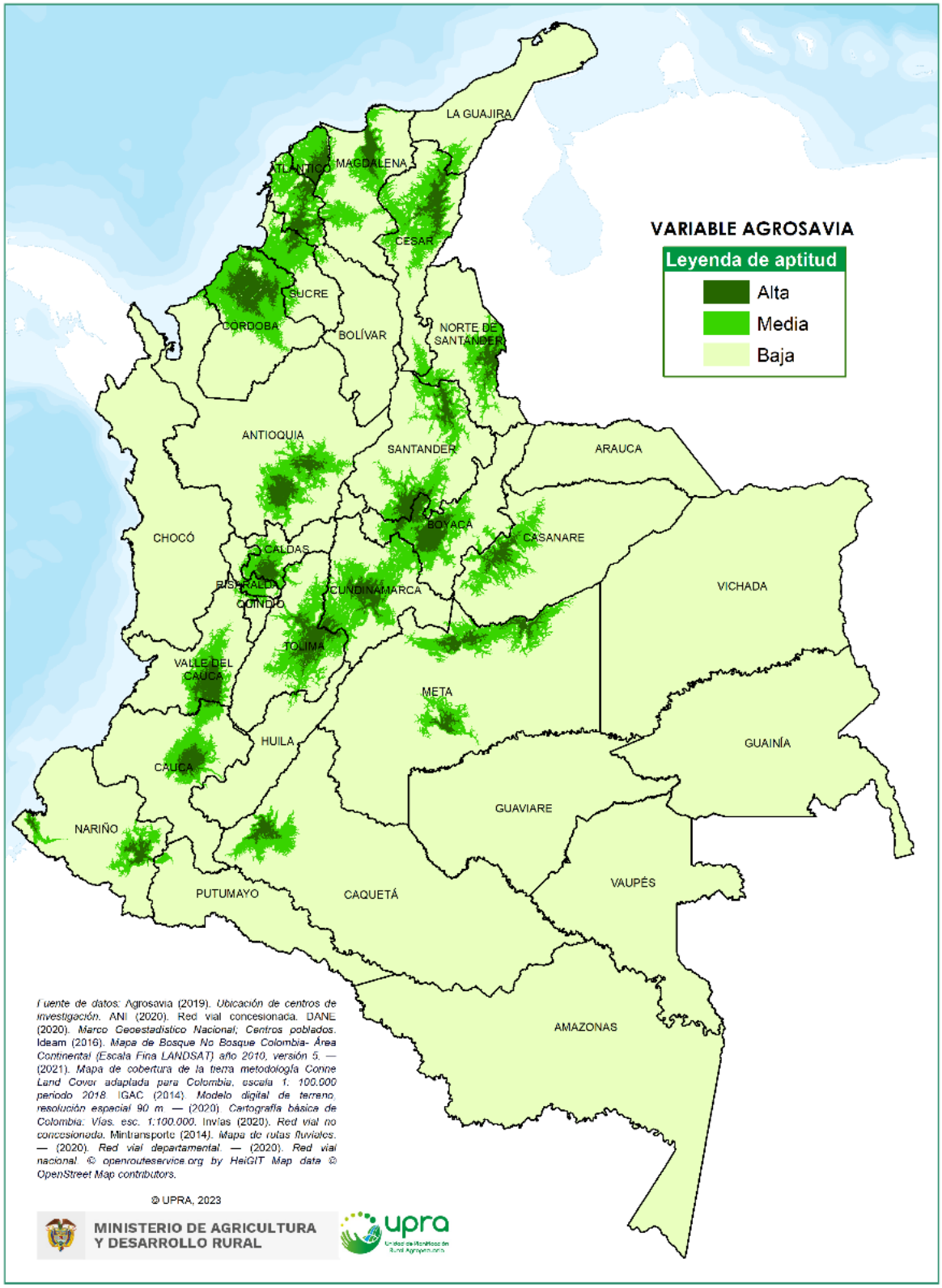
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1- 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Agrosavia.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- DANE. (2020). Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. DANE.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFCA DE LA VARIABLE



3.5.3. Variable entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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 otras, que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación que trata el artículo 33 de la Ley 1876 de 2017.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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, permitiendo un acompañamiento integral a los productores, facilitando el incremento de sus índices de productividad y competitividad.

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

No se cuenta con información actualizada.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

ADR. (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria- Epsea.

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 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

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 calculó 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 59 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
< 1/2	Alta (A1)
1/2 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

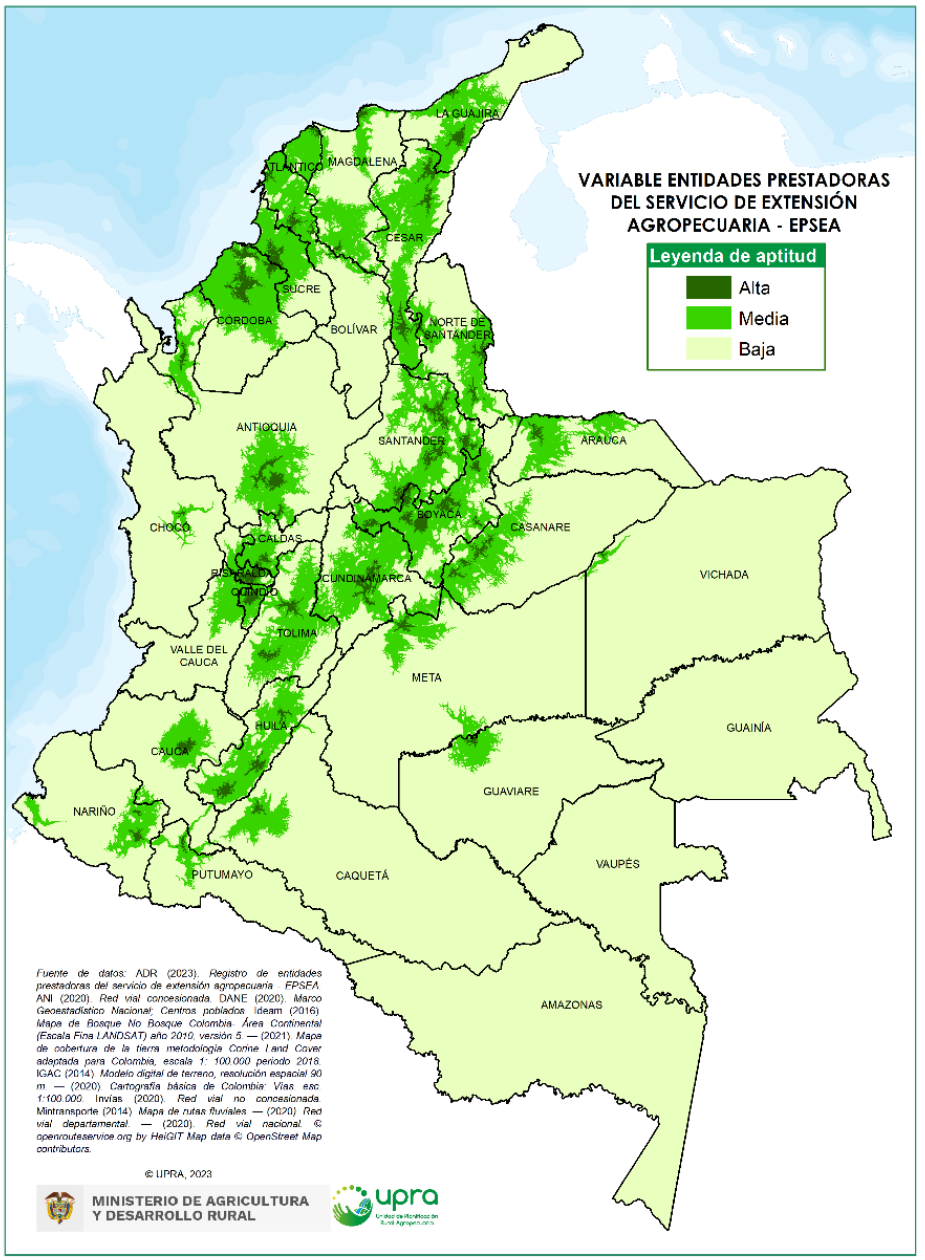
FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria – EPSEA. ADR.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- Congreso de la República de Colombia, artículo 33 de la Ley 1876 de 2017. "*Por medio de la cual se crea el sistema nacional de innovación agropecuaria y se dictan otras*

disposiciones".

- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. DANE.
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC.
- IGAC (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*.
- Invías. (2020). *Red vial no concesionada*. Invías.
- MinTransporte (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.5.4. Variable ICA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

El ICA 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, la solicitud de la guía de movilización y control fitosanitario de los cultivos agrícolas pueden obtener mayores productividades lo cual se traduce en una producción más competitiva.

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

No hay sedes del ICA cerca de las zonas productoras.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. **Información**

ICA 2020. Oficinas del ICA.

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 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

Las vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias 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 calculó 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)

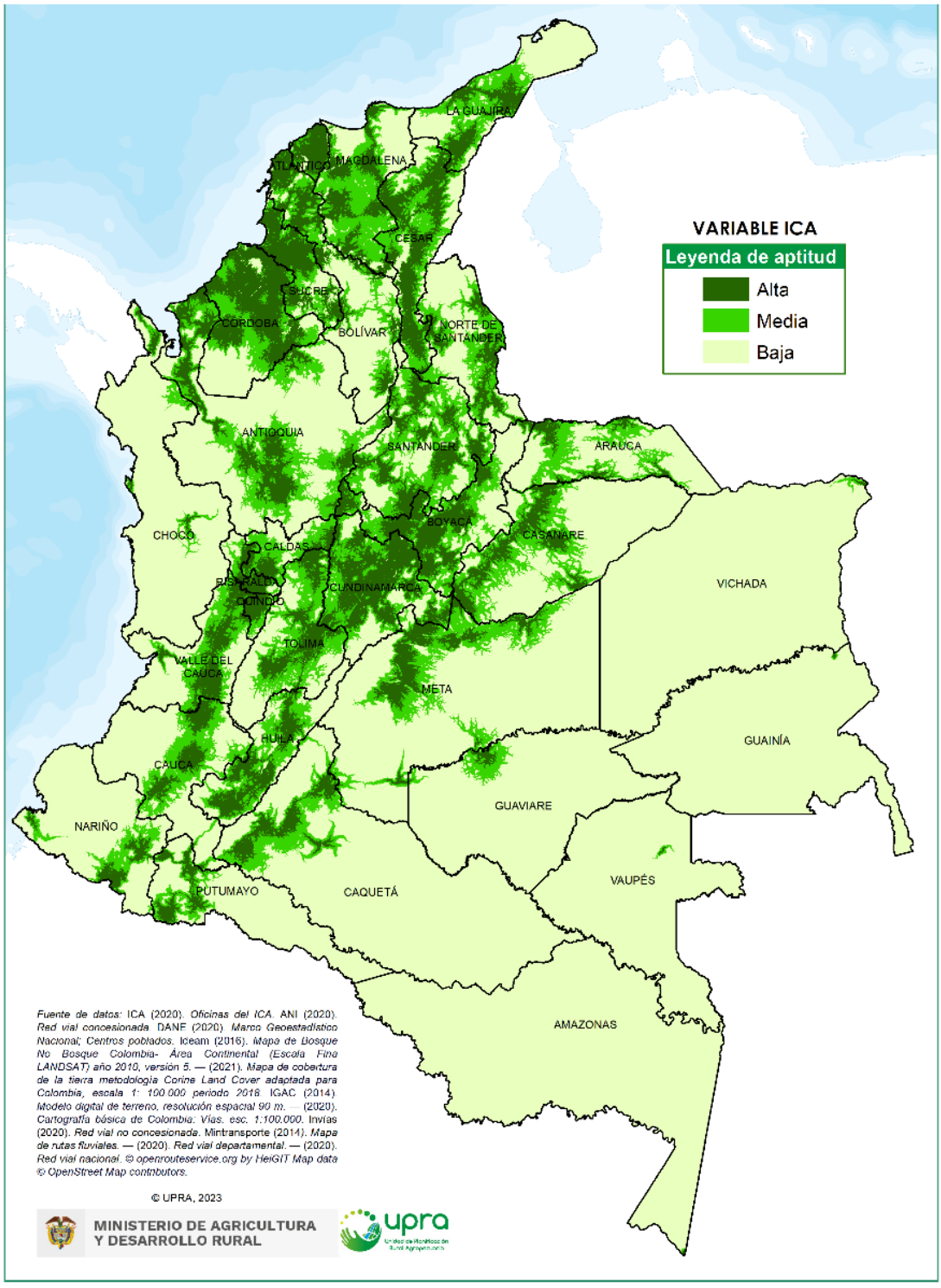
Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionada*. ANI.
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. DANE.
- ICA. (2020). *Oficinas del ICA*. ICA
- IGAC (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. IGAC
- Invias. (2020). *Red vial no concesionada*. Invias.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. MinTransporte.

MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. MinTransporte.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.6. Criterio seguridad ciudadana

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 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	Ponderación de las variables (%)
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 importante				**Igual de importante**	**Más importante**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

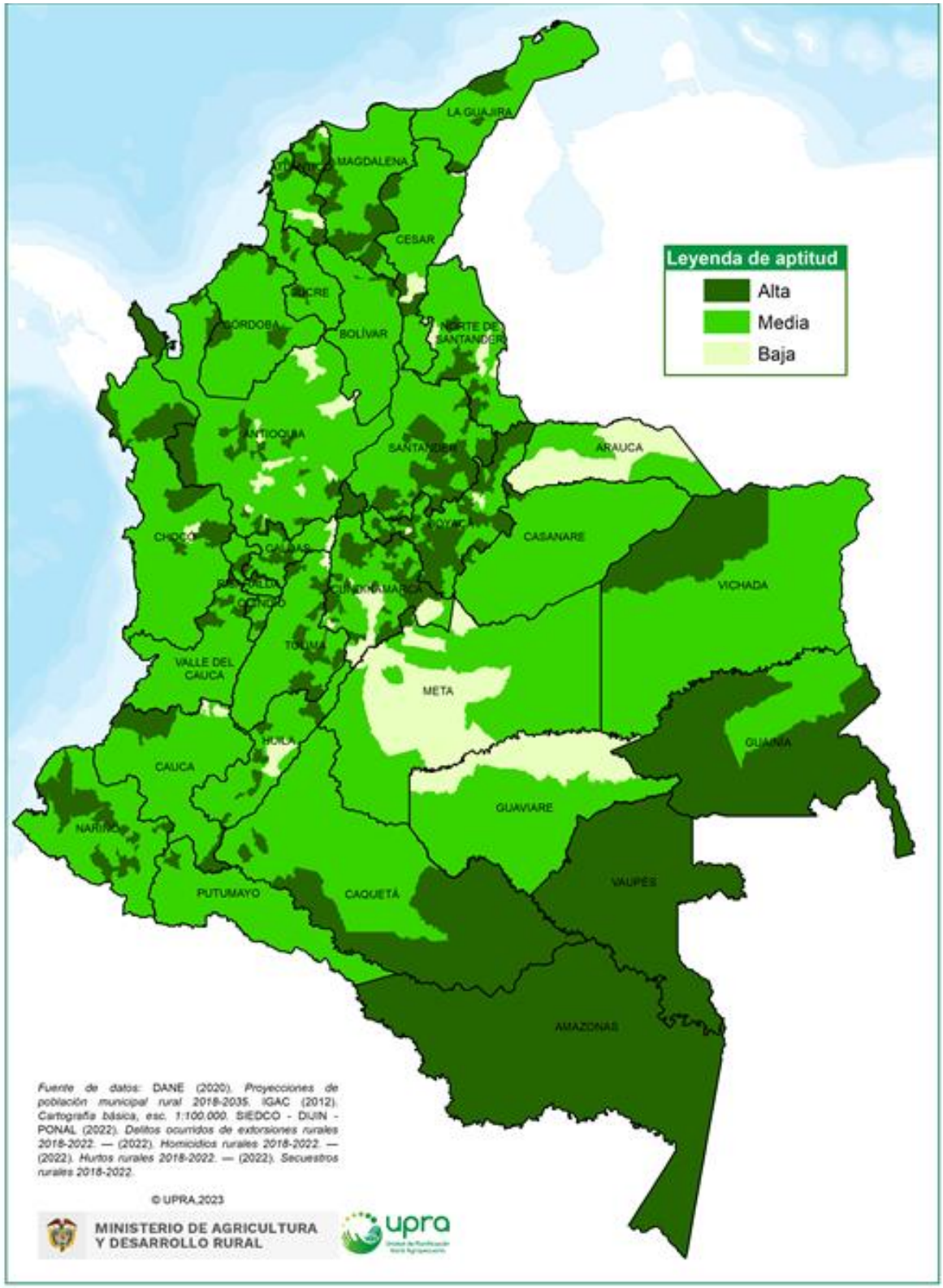
Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018 – 2035. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.*
- SIEDCO – DIGIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2017 – 2022. PONAL.
- SIEDCO – DIGIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de homicidios rurales 2017 – 2022. PONAL.
- SIEDCO – DIGIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de secuestros rurales 2017 – 2022. PONAL.
- SIEDCO – DIGIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de hurtos rurales 2017 – 2022. PONAL.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.6.1. Variable extorsiones rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: seguridad ciudadana		
VARIABLE: extorsiones rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO	**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; 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”.

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. (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:

a. 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 2017-2022.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los Microdatos del Censo CNPV -2018, para el país, se tomó la población por municipio, proyectada para el año 2021, 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.
c. 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, se les asignó aptitud alta (A1) y al 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 intra-clústeres 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 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) 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 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 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).

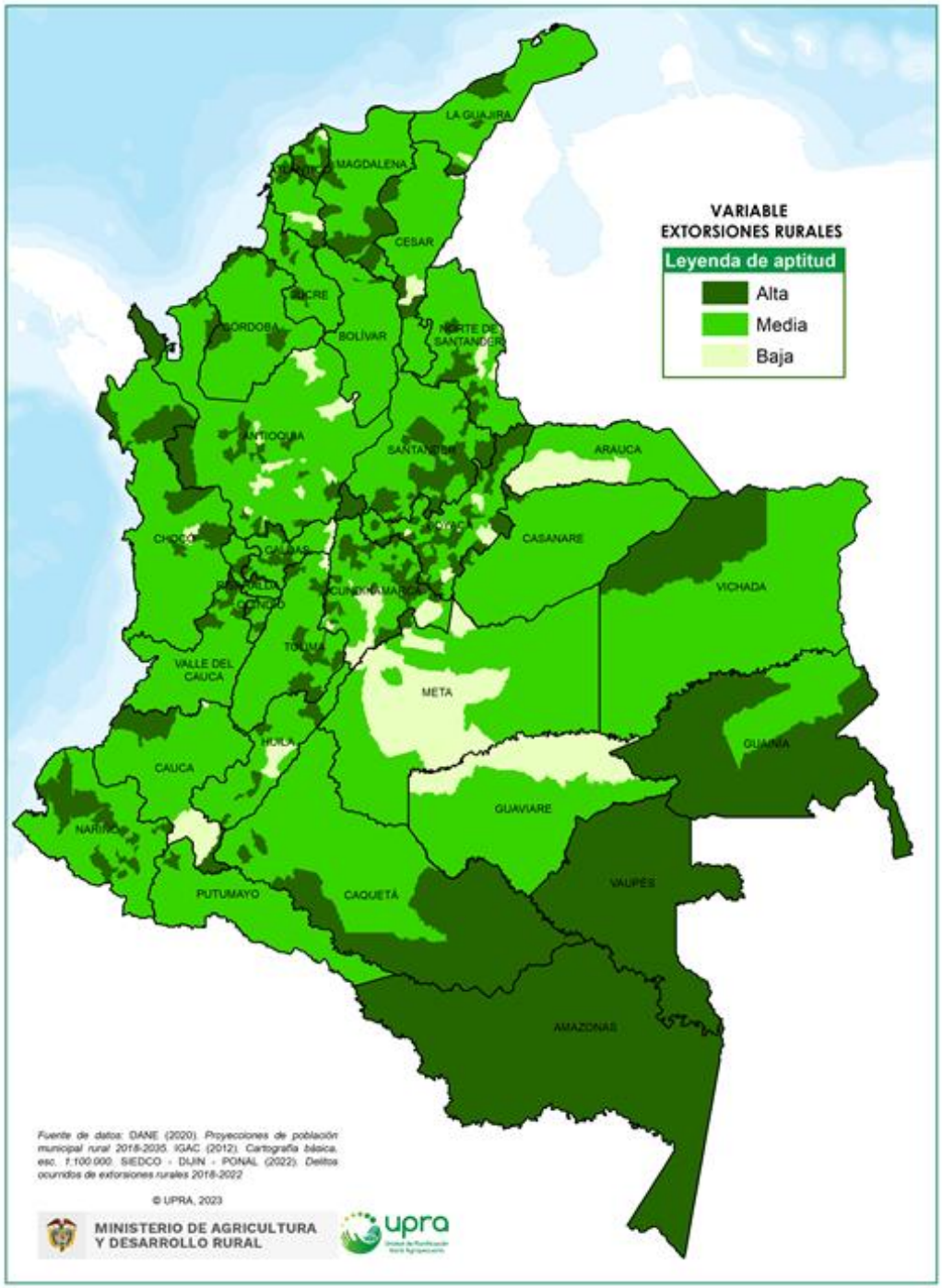
Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,2205	Media (A2)
> 0,2205	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018 – 2035. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.*
- SIEDCO – DIJIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2017 – 2022. PONAL.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.6.2. Variable homicidios rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (culpabilidad)». (INMLCF, 2013).

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 2017 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. A partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zona rural para el período 2017-2022 se realizó la sumatoria de los cinco años.
B. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), 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.
C. 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 intra-clústeres 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 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 la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio.
2. De manera inicial se divide en 2 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 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 éste 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 clósster, 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 esten 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 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).

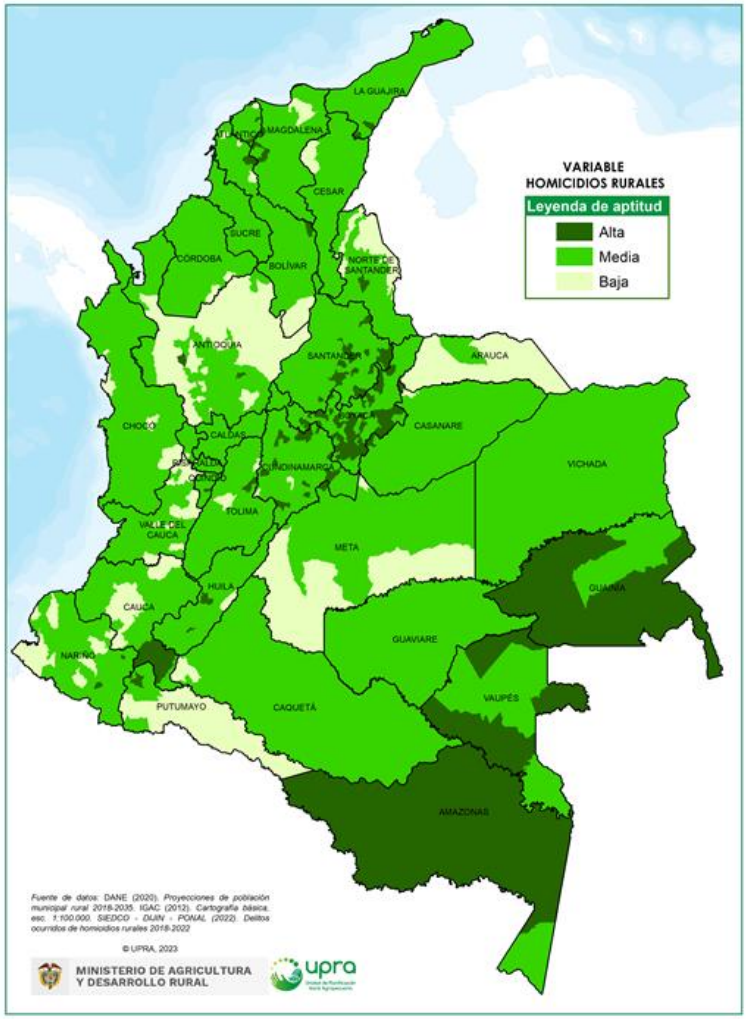
Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,7429	Media (A2)
> 0,7429	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018 – 2035. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.*
- Instituto Nacional de Medicina Legal (INMLCF). (2013). *Homicidio Colombia 2008*
- Instituto Nacional de Medicina Legal (INMLCF). *Comportamiento del Homicidio en Colombia* 2013. INMLCF.
- SIEDCO – DIJIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de homicidios rurales 2017 – 2022. PONAL.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.6.3 Variable secuestros rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

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 (L 599/2000, art. 168).

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: 2017 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. A partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2018-2022, se realizó la sumatoria de los cinco años.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), 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.
c. 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 intra-clústeres 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) 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 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 éste con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) 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 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 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)

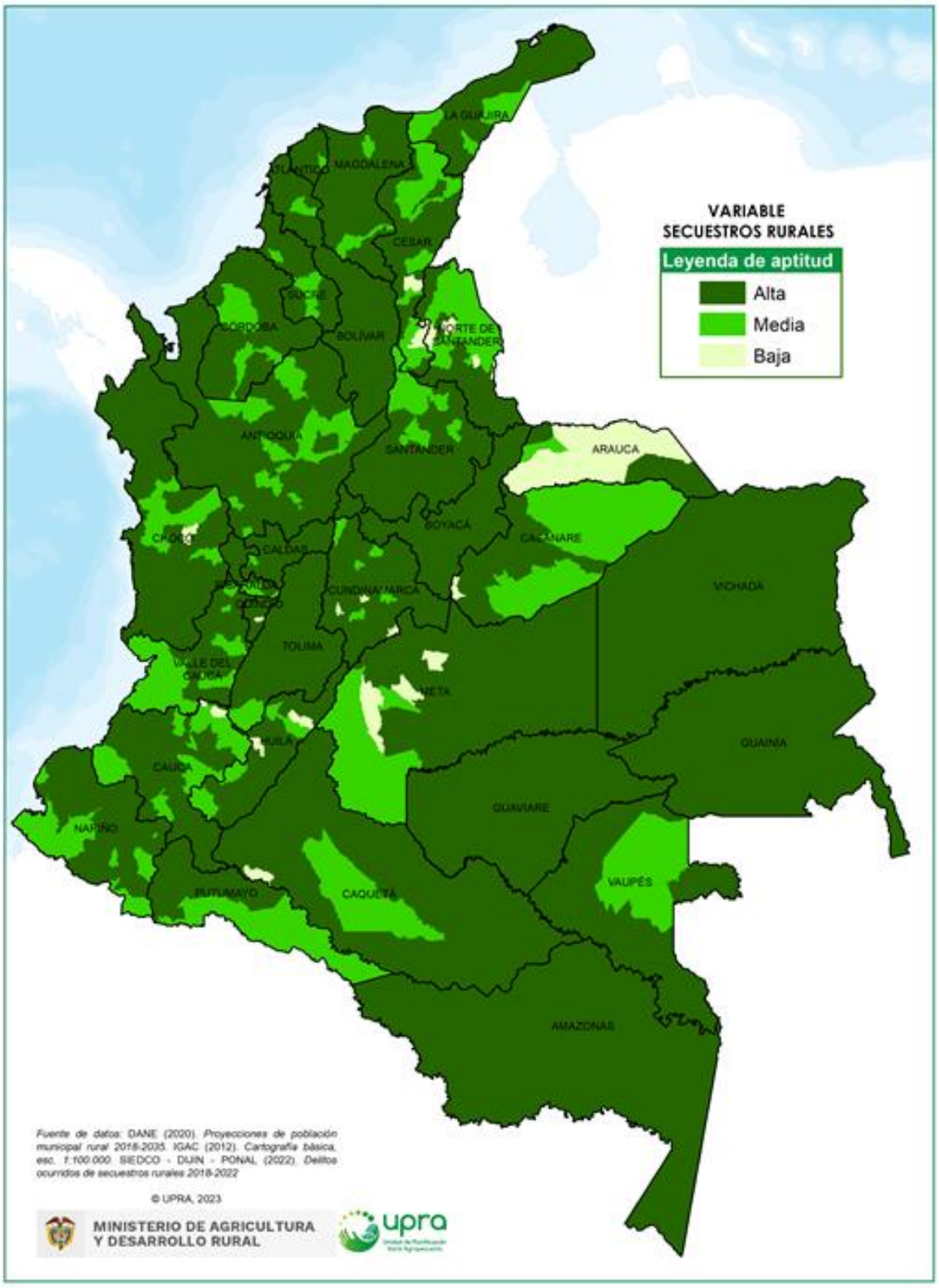
Unidad de análisis	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Congreso de la República de Colombia. Ley 599 de 2000. *Código Penal Colombiano. Artículo 168*. http://www.secretariasenado.gov.co/senado.
- DANE (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018 – 2035. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

SIEDCO – DIJIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de secuestros rurales 2017 – 2022. PONAL.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.6.4. Variable hurtos rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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, el hurto, es apoderarse de un bien ajeno, con el propósito de obtener provecho para sí o para otro (L 599/2000, art. 239 y 240).

Se considera hurto calificado cuando se cometiere:
- 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. 2017 a 2022.

2. Precisiones de la información

Se analizó el número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en la 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. A partir de las series históricas del número de hurtos registrados en la zona rural para el período 2017-2022 (remitidas por la Policía Nacional), se realizó la sumatoria de los cinco años.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2020), 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.
c. 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, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron hurtos y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de hurtos 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 intra-clústeres 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 en 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) 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 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 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).

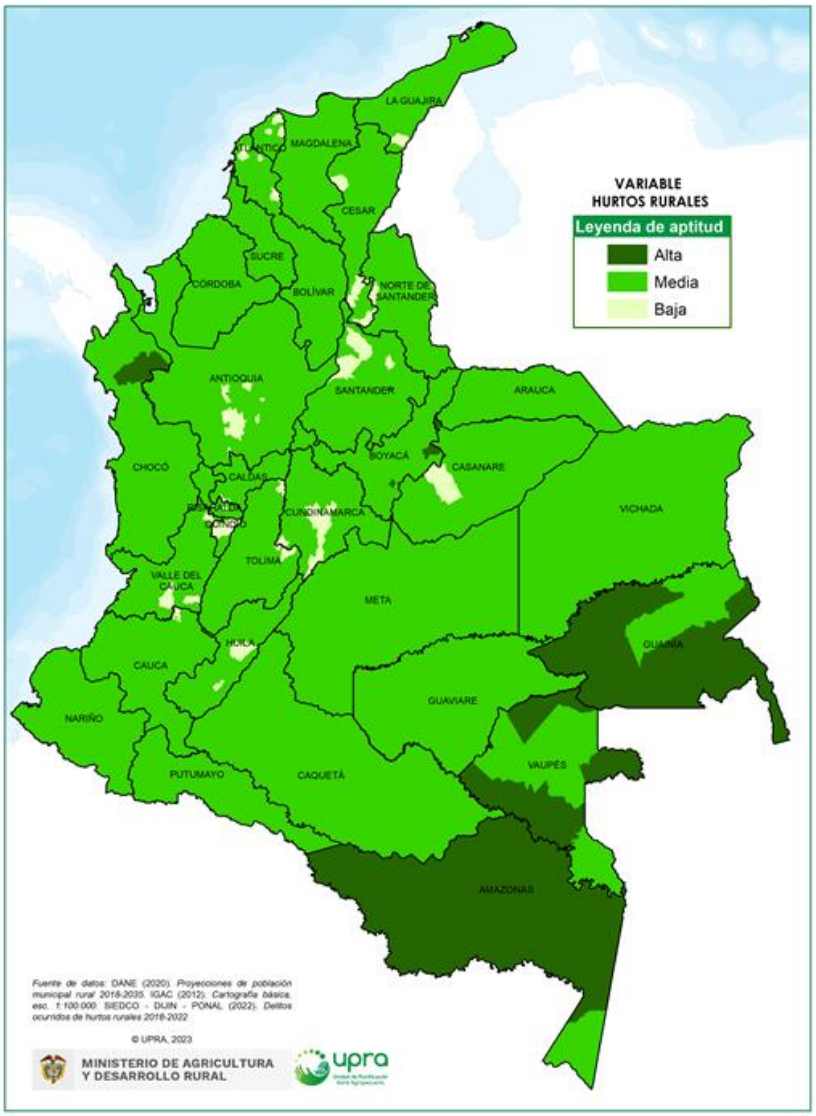
Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 6,1507	Media (A2)
> 6,1507	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Congreso de la República de Colombia, Ley 599 de 2000, artículos 239 y 240.
- DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018 – 2035. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- SIEDCO – DIJIN – PONAL. (2020). Delitos ocurridos de hurtos rurales 2017 – 2022. PONAL.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.7. Criterio indicadores económicos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 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 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 del DNP.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Muestra desde una perspectiva económica la relevancia productiva agrícola en los territorios; evidenciando la demanda de los factores necesarios para la producción de yuca (en este caso capital), 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 los territorios dónde los agentes han emprendido el cultivo comercial de yuca, tomando la decisión de inversión, previendo la viabilidad financiera de los proyectos productivos, su flujo de caja y la capacidad de apalancamiento.

Una aptitud alta en este criterio 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 aptitud alta (A1) se dan las condiciones de mayor facilidad, para el cultivo de yuca.

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 yuca, así la actividad productiva principal del individuo fuese otra.

Para la variable *valor agregado agrícola municipal* y debido a que en el país no existe una publicación del PIB municipal, por situaciones de reserva estadística, se utilizaron los valores de esta variable municipal calculadas por el DANE para el 2021, que son aproximaciones basadas en el valor agregado municipal, para actividades de agricultura, pecuarias, pesqueras y de silvicultura, por lo que no es posible determinar cuánto aporta el cultivo de yuca a dicha variable.

Finalmente, la información sobre planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET) y zonas especialmente afectadas por el conflicto armado (Zomac), se incluyeron 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. Sin embargo, la existencia de una posibilidad normativa y de planificación no garantiza el direccionamiento de los recursos que respalden la ejecución de estos proyectos puesto que dependen de decisiones y voluntades políticas que no se recogen con esta 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 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	Seguros agropecuarios	Valor agregado agrícola municipal	Desempeño municipal	ZOMAC	PDET	Ponderación de las variables (%)
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
	ZOMAC	1/5	1/5	1/3	1/3	1		6,2
	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 importante				Igual en importancia	Más importante			

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).

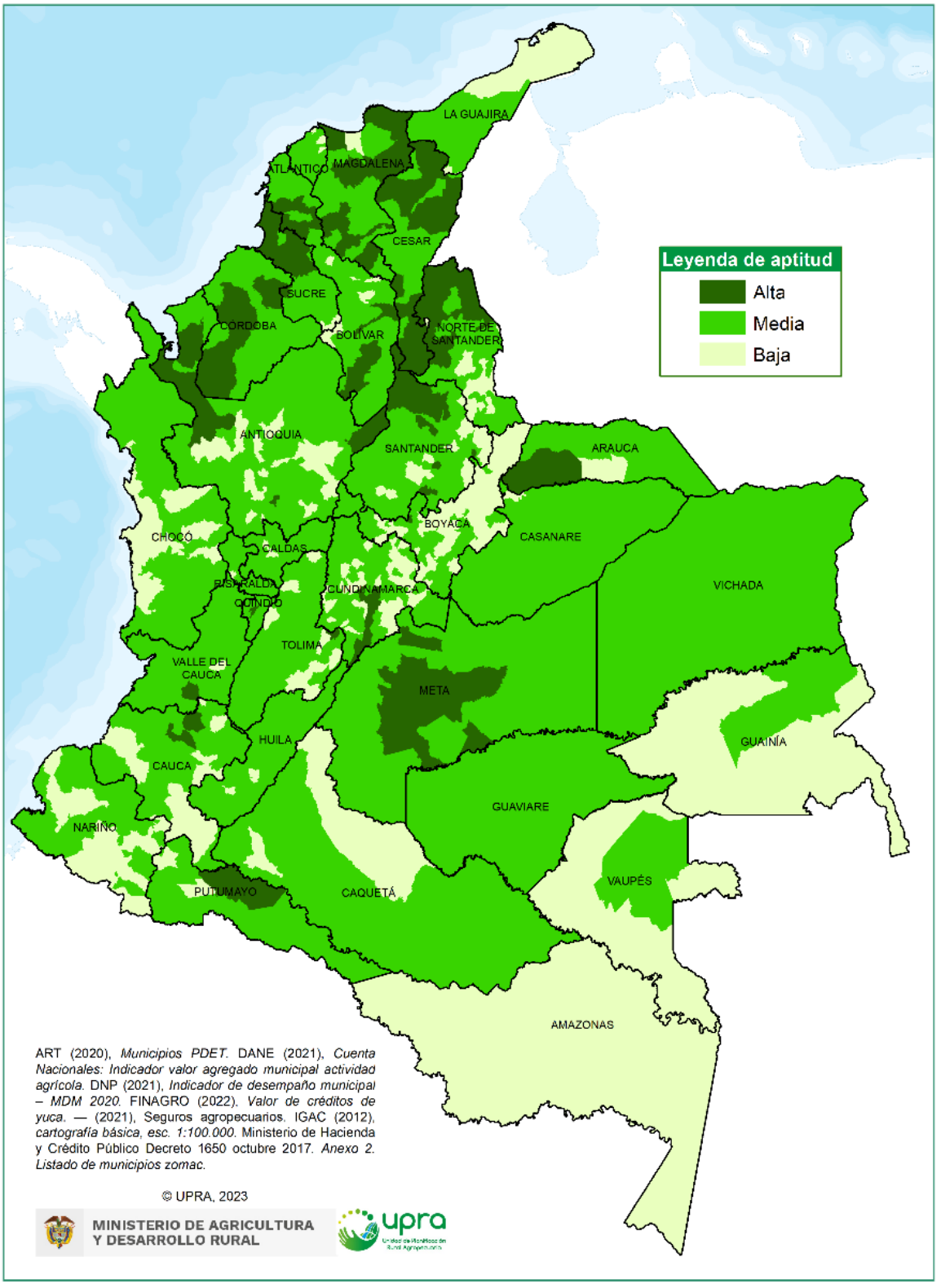
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Créditos otorgados	Millones de COP	> 411.240	< 411.240	Sin créditos otorgados

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	–

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ART. (2020). Municipios PDET. ART
- DANE. (2021). Cuentas Nacionales: *indicador valor agregado municipal actividadagrícolas*. DANE.
- DNP. (2021). Indicador de desempeño municipal – MDM 2020. DNP.
- Finagro. (2022). Valor de *rcreditos otorgados a la actividad de comercialización y cultivo de yuca 2017-2021*. Finagro.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- MinHacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac. MinHacienda*.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.7.1. Variable créditos otorgados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: créditos otorgados	**UNIDAD DE MEDIDA:** 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 el valor a precios de 2022, desde el año 2018 hasta el 2022, a nivel municipal para el cultivo de yuca y su comercialización.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Busca darle mayor aptitud a aquellas zonas del país que tienen un apalancamiento financiero con recursos públicos relacionado con la producción y comercialización de yuca. Así mismo, señala los lugares donde los agentes económicos, en su lógica racional y de preferencia territorial, toman sus decisiones de inversión, representadas en la solicitud y aprobación de un mayor monto de créditos 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 sólo 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 yuca, 2018-2022.

2. Precisiones de la información

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre 2018 y 2022 traídos 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 entonces consiste en ordenar de mayor a menor los municipios, que, a precios 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 que aportaron el 20 % restante del total el crédito. El tercer grupo está formado por los municipios que no tuvieron ninguna colocación de crédito para actividades de cultivo y comercialización de yuca en el periodo 2018-2022.

De los anteriores agrupamientos se infieren los puntos de corte de la siguiente manera: Aptitud alta (A1): Municipios con más de $411.240 millones en créditos para actividades de cultivo y comercialización de yuca, (pesos constantes de 2022). Aptitud media (A2): municipios con menos de $411.240 millones en créditos para actividades de cultivo y comercialización de yuca (pesos constantes de 2022). Aptitud baja (A3): Municipios sin créditos otorgados para actividades relacionadas con el cultivo y comercialización de yuca.

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).

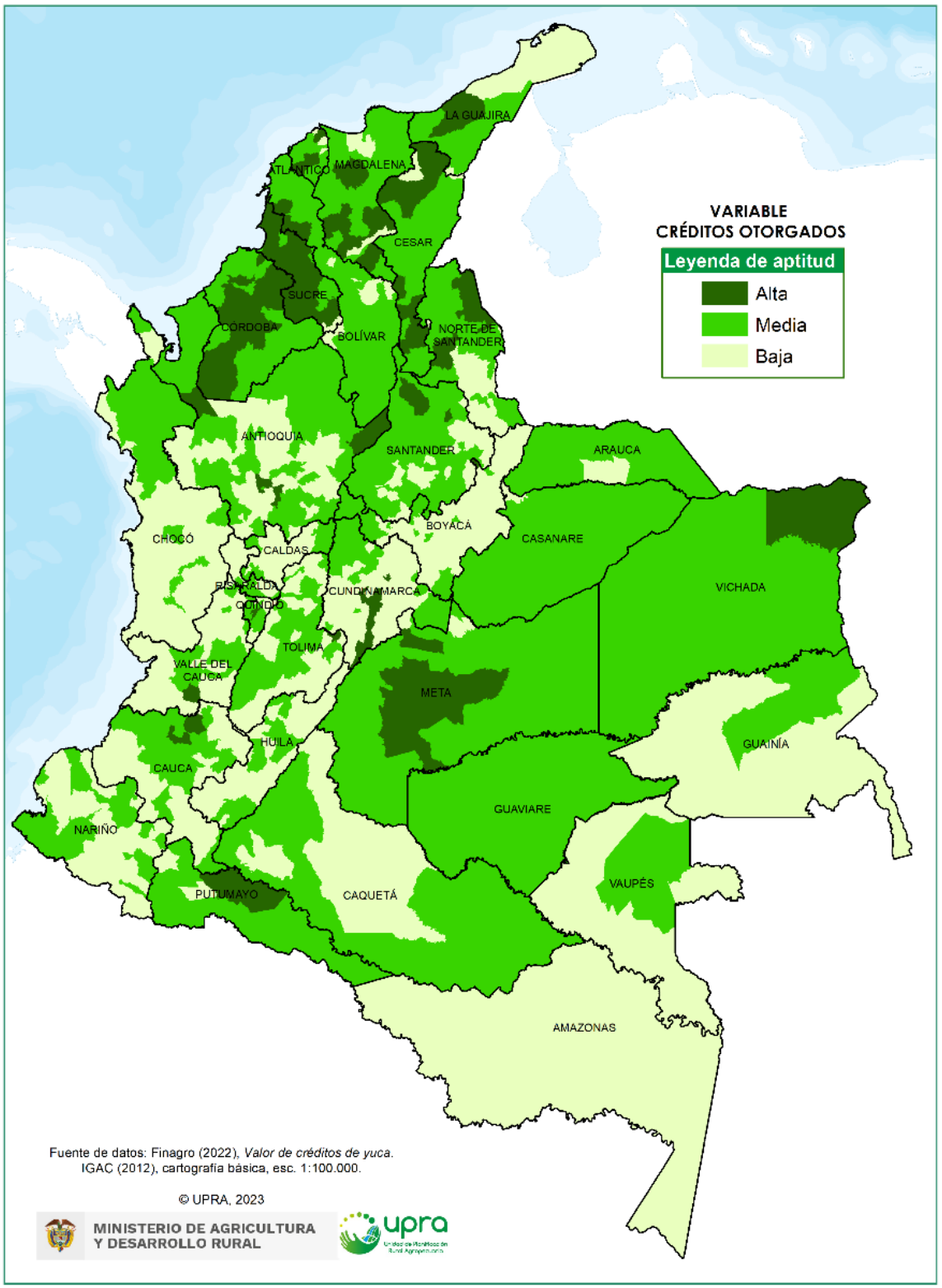
Millones de COP	Aptitud
> 411.240	Alta (A1)
< 411.240	Media (A2)
Sin créditos otorgados	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones de COP

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2023). Índice de Precios al Consumidor (IPC).
- Finagro. (2022). Valor de creditos otorgados para actividades de comercialización y cultivo de yuca 2018-2022.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.7.2. Variable seguros agropecuarios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca, 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 (MinAgricultura) a través de Finagro, para el pago de las primas de estos seguros.

En el periodo estudiado el apoyo recibido por parte del MinAgricultura para el pago de dichas primas correspondió, dependiendo el tipo de productor (grande, mediano o pequeño), al 50 % o hasta el 85 % del costo de esta; 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 yuca protegiendo 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 ésta 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, promoviendo la incorporación de mayores niveles de tecnología y asistencia técnica agropecuaria; 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, ésta no presentó 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 yuca 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, como tampoco se puede determinar contra qué tipo de riesgos naturales o biológicos se aseguró.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

Finagro. (2021). Municipios en donde se ubican los proyectos productivos que tomaron seguros agrícolas para cultivo de yuca 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 yuca, 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 que 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)

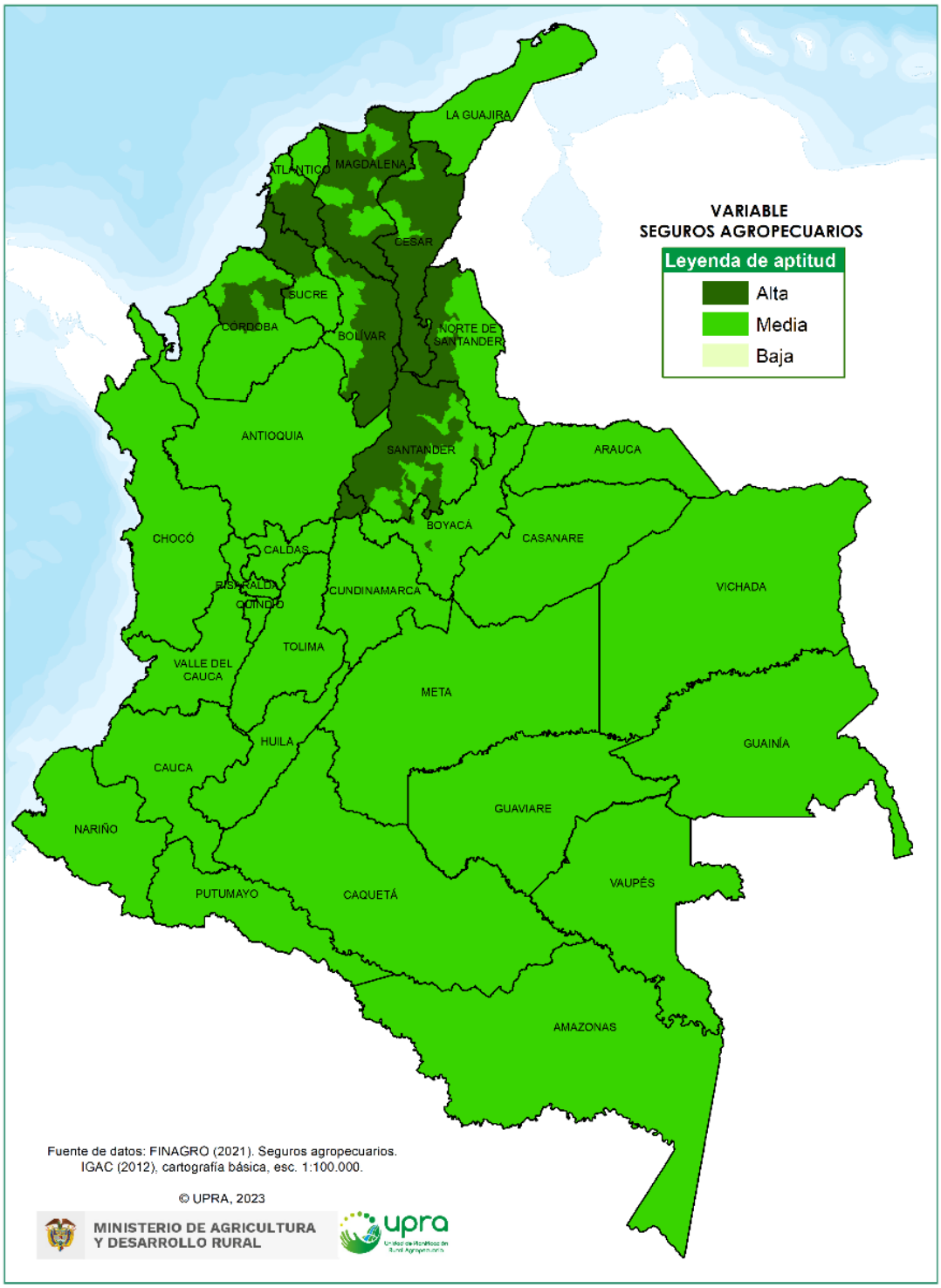
Unidad de análisis	Municipios

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Nacional de Crédito Agropecuario. (2023). Resolución 006 de 2023 de la CNCA: https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca

- Finagro. (2021). Seguros agropecuarios 2017 – 2021.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.7.3. Variable valor agregado agrícola municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: valor agregado agrícola municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** Participación (%)	
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; 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, permitiendo identificar si el municipio se inclina más hacia la generación de valor agregado en agricultura, o hacia los demás rubros del valor agregado agropecuario. Así, se identifican los municipios que dentro de su valor agregado agropecuario tiene una mayor participación de 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 en las actividades de rotación y 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 yuca, su carácter eminentemente agrícola. 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 por un cultivo en particular, de manera que esta variable es transversal para todos los cultivos agrícolas evaluados en su aptitud. Es decir, la mayor inclinación de un municipio hacia la generación de valor agregado en agricultura no necesariamente obedece particular ni mayoritariamente al cultivo de yuca.

Igualmente, los municipios con mayor valor agregado agrícola identificado, no necesariamente registran valores altos por la generación de valor en el cultivo de yuca sino de otros productos agrícolas incluido en este mismo cultivo. Se integra 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 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.
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. 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 Valor Agregado Agrícola Municipal (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. 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 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 clústers (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:

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:

$$Lim\inf Ck = \min\{X(\text{í})\} + (K-1) * \frac{\max\{X(\text{í})\} - \min\{X(\text{í})\}}{J}$$

$$Lim\sup Ck = \min\{X(\text{í})\} + (K) * \frac{\max\{X(\text{í})\} - \min\{X(\text{í})\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase.

$$\text{fí}\ \ \text{íЄ}\{1, \dots, J$$

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.

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)
42,3 - 71,6	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	2456,0	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

Ahora bien, siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey. El resultado es el método multivariado de K-medias (UPRA, 2013).

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 intra-clústeresy 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, 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 clústerde 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 y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
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.
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:

1. Evaluar la existencia de clústerque 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

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

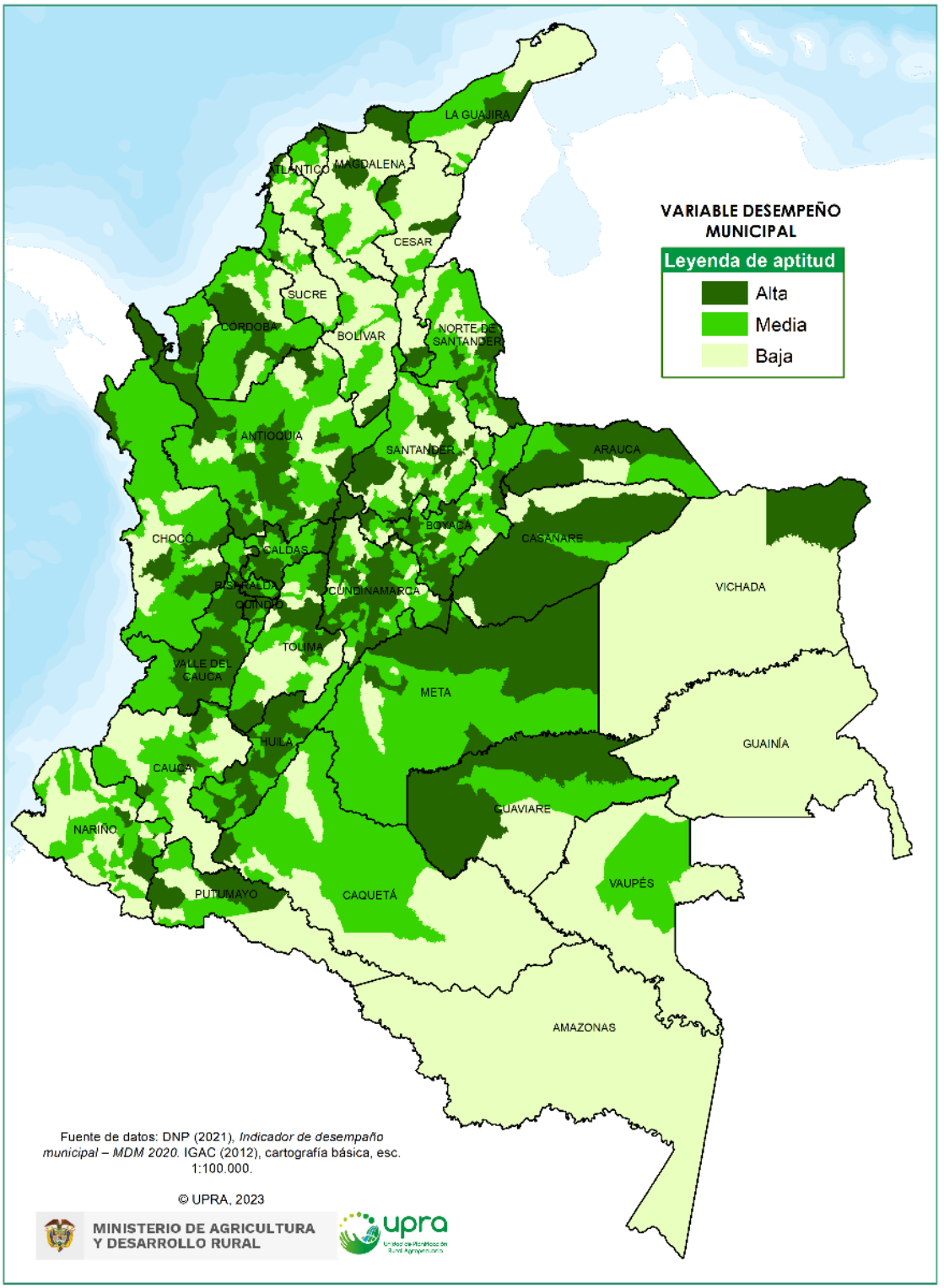
Participación (%)	Aptitud
> 71,6	Alta (A1)
42,3 - 71,6	Media (A2)
< 42,3	Baja (A3)

Unidad de medida	Participación (%)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2021). *Cuentas Nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad agrícola*.
- DNP. (2023). Grupos de clasificación de capacidades iniciales en la Medición de Desempeño Municipal 2021
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



3.7.4. Variable desempeño municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 Departamento Nacional de Planeación (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).

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 el nivel de comparabilidad en el tiempo.

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 de la nueva 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), el indicador MDM cuenta con algunas características y ventajas como:

- 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, p.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 como se muestra tabla continuación:

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, de manera que 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 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: í) 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.

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).

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 y 2023).

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 y 2023).

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 y 2023).

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 y 2023).

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 Terridata
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.	MinSalud2021

Fuente: DNP (2018 y 2023)

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 y 2023).

Seguridad y convivencia

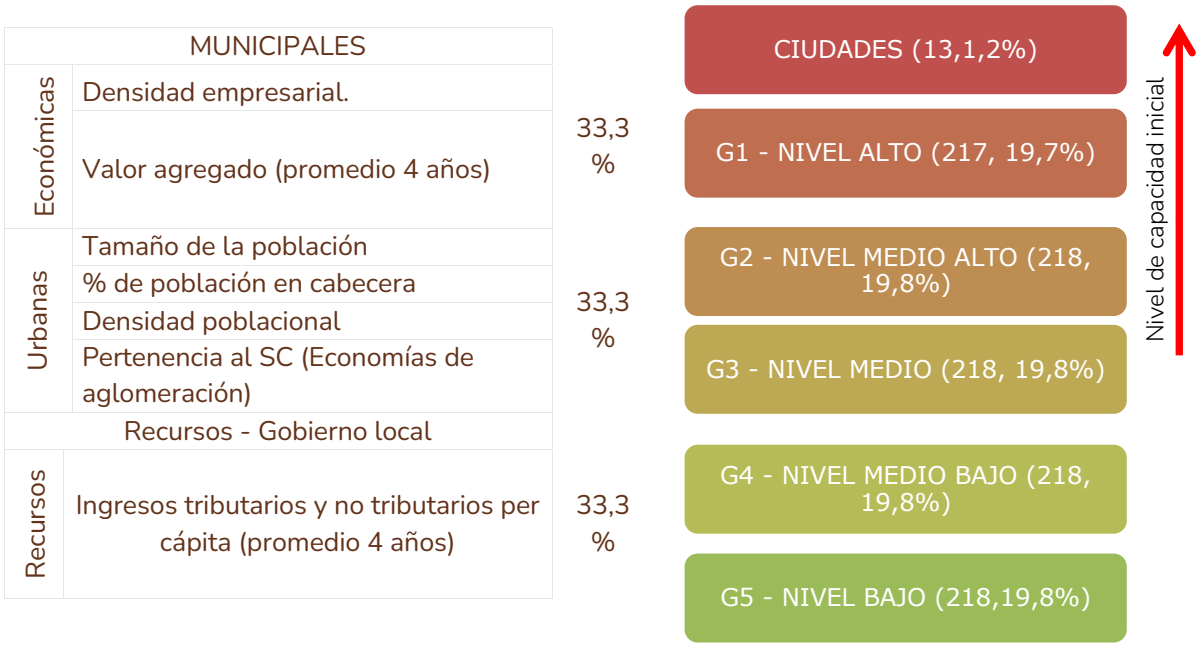
Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes.	MinDefensa, Población DANE.
Homicidios por cada 10.000 habitantes	Casos de homicidios por cada 10.000 habitantes.	
Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes.	

Fuente: DNP (2018 y 2023).

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 de los 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)

Para la estimación de las capacidades iniciales se utiliza el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno (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, en 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 estuvo vigente del 2020 al 2023:

Grupos de capacidades iniciales	% Población en cabecera 2019	Densidad poblacional (personas/km^2). 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 para el ejercicio de evaluación de tierras 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 obtuvo 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 así:

Calificación	Puntaje
Bajo	Menos de 45 puntos
Medio	Entre 45 y 55 puntos
Alto	Más de 55 puntos

Fuente: DNP y DODT.

De acuerdo con lo anterior, el valor del indicador MDM se clasifica los rangos de aptitud según: Aptitud alta (A1): Municipios con un puntaje de más de 55 puntos; aptitud media (A2): Municipios con un puntaje entre 45 y 55 puntos; y aptitud baja (A3): Municipios con un puntaje menor a 45 puntos.

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.

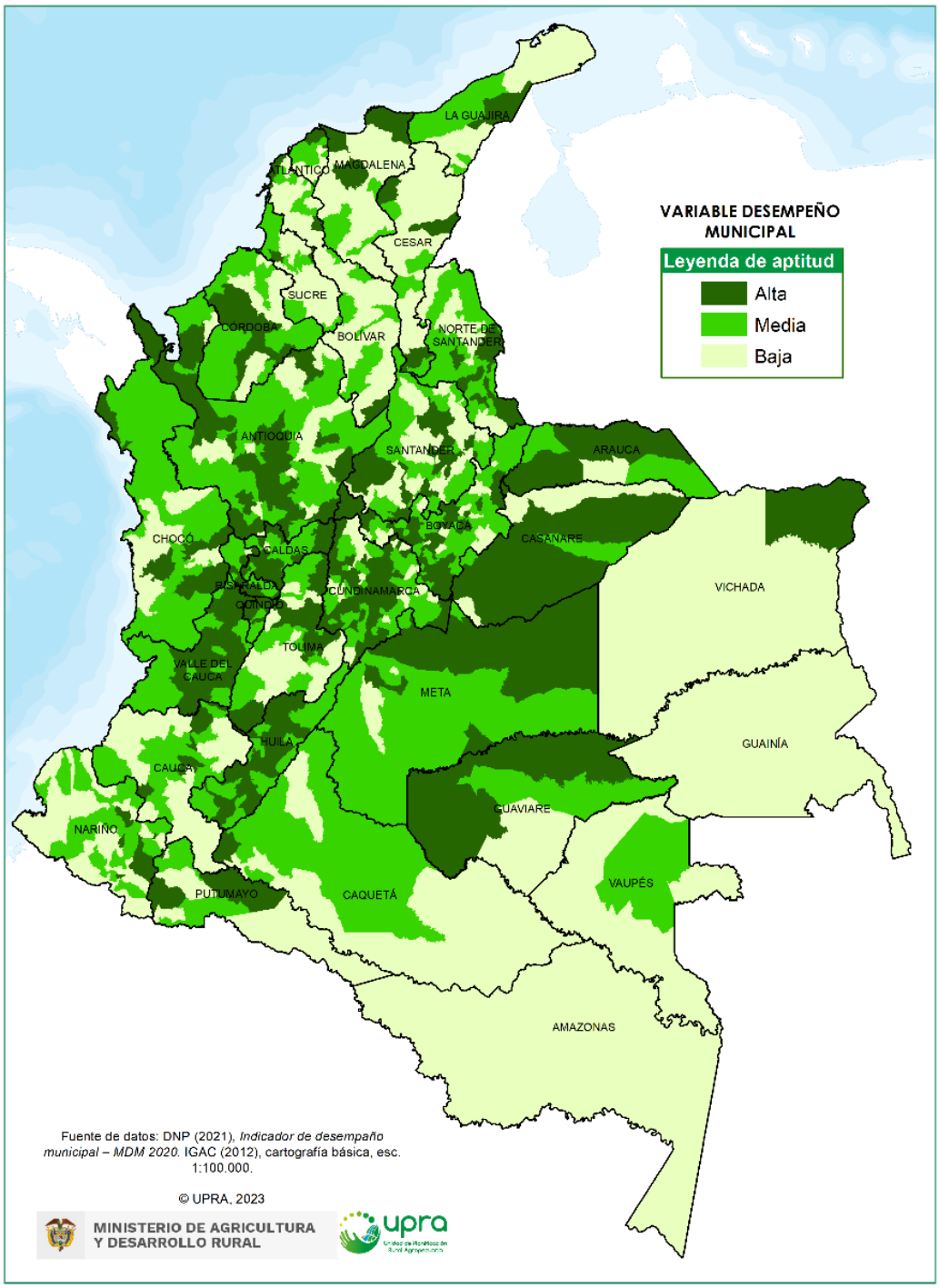
Indicador MDM (puntaje)	Aptitud
≥ 55	Alta (A1)
45 – 55	Media (A2)
< 45	Baja (A3)

Unidad de análisis	Indicador de la medición del desempeño municipal MDM (puntaje)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2021). Indicador de desempeño municipal *MDM 2020.* ANP:
- DNP. (2018). *Nueva Medición del Desempeño Municipal* (MDM).
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (Zomac), 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 para 10 años a partir del año 2017.

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 ellos 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 n.° 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. Se constituye como una base de información dicotómica.

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) y media (A2). Se excluye la posibilidad de que esta variable tome valores de aptitud baja (A3) por considerar que sería un castigo en términos de aptitud para los municipios que no sean beneficiados.

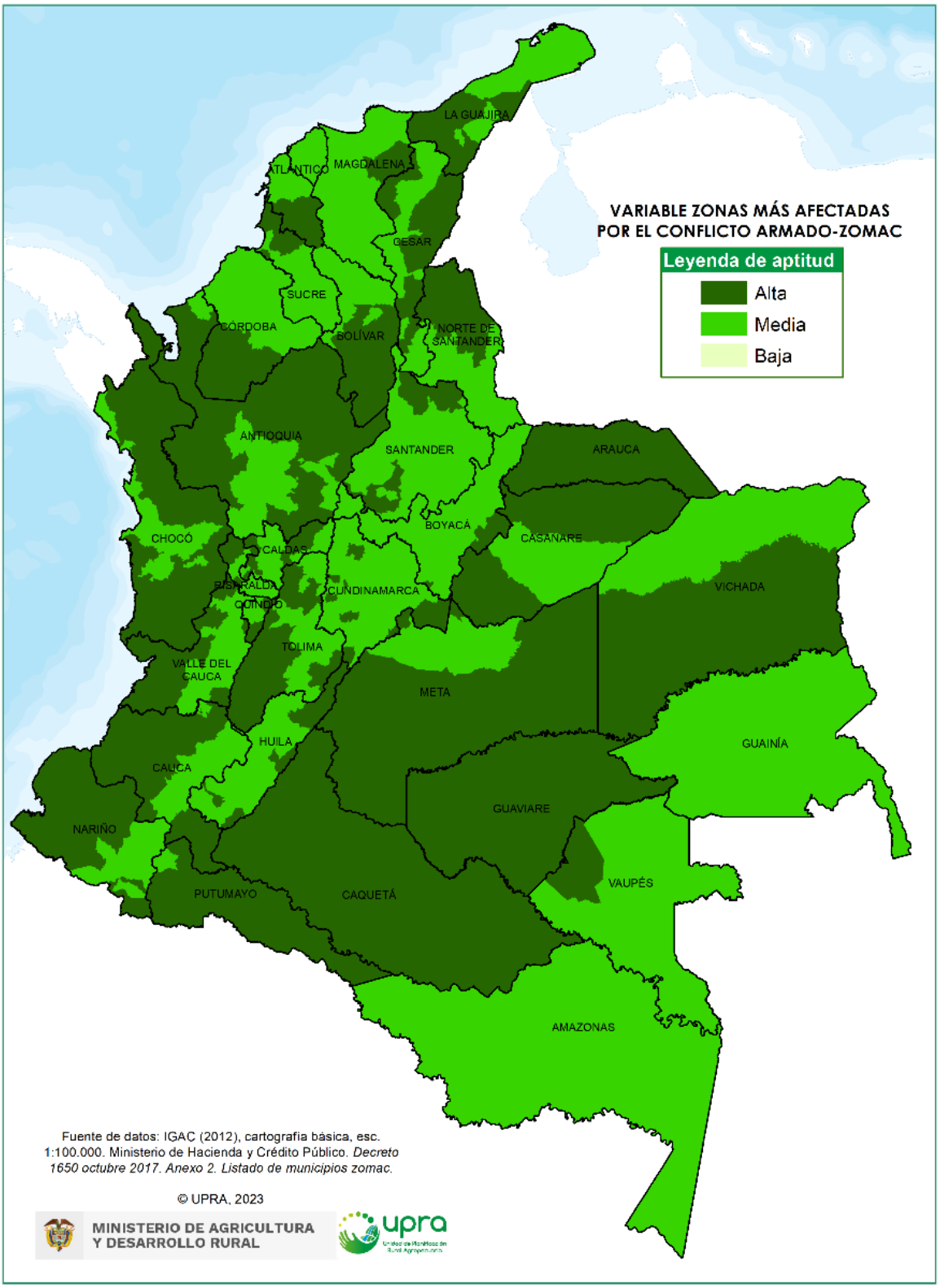
Municipios	Aptitud
Declarados Zomac	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- MinHacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac.*

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 en 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, 16 subregiones. 11.000 veredas. 32.808 iniciativas formuladas por las comunidades para transformar los territorios PDET.		
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 direccionadores 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 estructurada 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. Se constituye como una base de información dicotómica.

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 de aptitud baja (A3) por considerar que existen otras fuentes de financiación para municipios afectados.

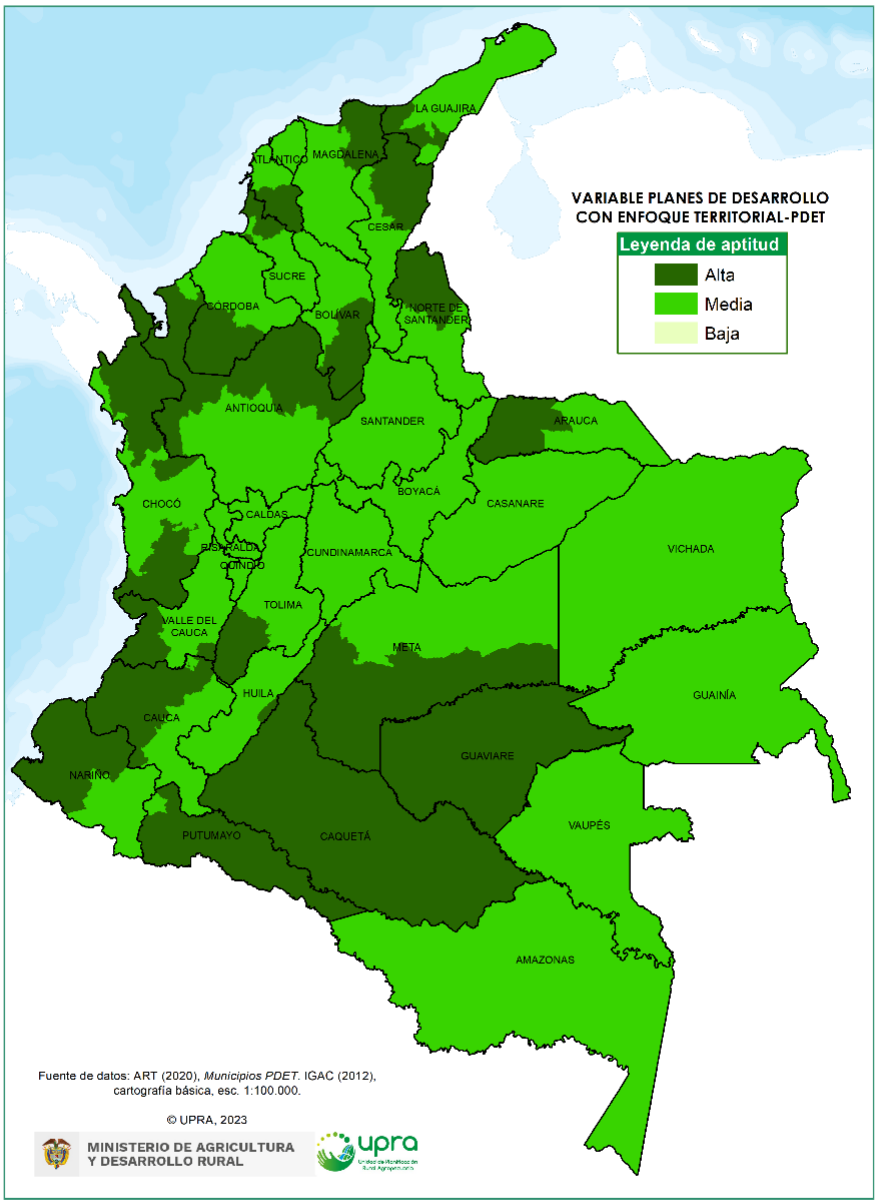
Municipios	Aptitud
Declarados PDET	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia de Renovación del territorio ART. (2020). *Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial*. ART:
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



3.8. Criterio condiciones de vida

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de yuca (Manihot esculenta Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: condiciones de vida</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><th colspan="3">VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="3">• 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.</td></tr>
<tr><th colspan="3">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">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.</td></tr>
<tr><th colspan="3">IMPORTANCIA DEL CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="3">Muestra las privaciones vitales con las que la población desarrolla los procesos productivos. 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</td></tr>
</table>

del municipio. Municipios con mayores niveles de hogares en situación de privación multidimensional (condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la 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 y no en una encuesta regular que permita evaluar los cambios en las condiciones de vida que se generan por la dinámica de los fenómenos socioeconómicos.

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 apto (N1).

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 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. La principal virtud de esta información en el contexto de la zonificación es que se construyó usando la información del CNPV 2018. No se evalúa la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión con fuente censal 2018.

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 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 separó la información de privaciones municipales y se seleccionó lo referente al área de centros poblado y rural disperso. Se agruparon los indicadores por las cinco dimensiones a las que pertenecen. Se calcularon 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 variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Salud	Trabajo	Condiciones de vivienda	Condiciones niñez	Condiciones educativas	Ponderación de las variables (%)
Condiciones de vida	**Salud**	1					44,9
	Trabajo	1/3	1				26,1
	Condiciones de vivienda	1/3	1/3	1			15,2
	Condiciones niñez	1/5	1/3	1/3	1		8,0
	Condiciones educativas	1/5	1/5	1/5	1/3	1	5,8

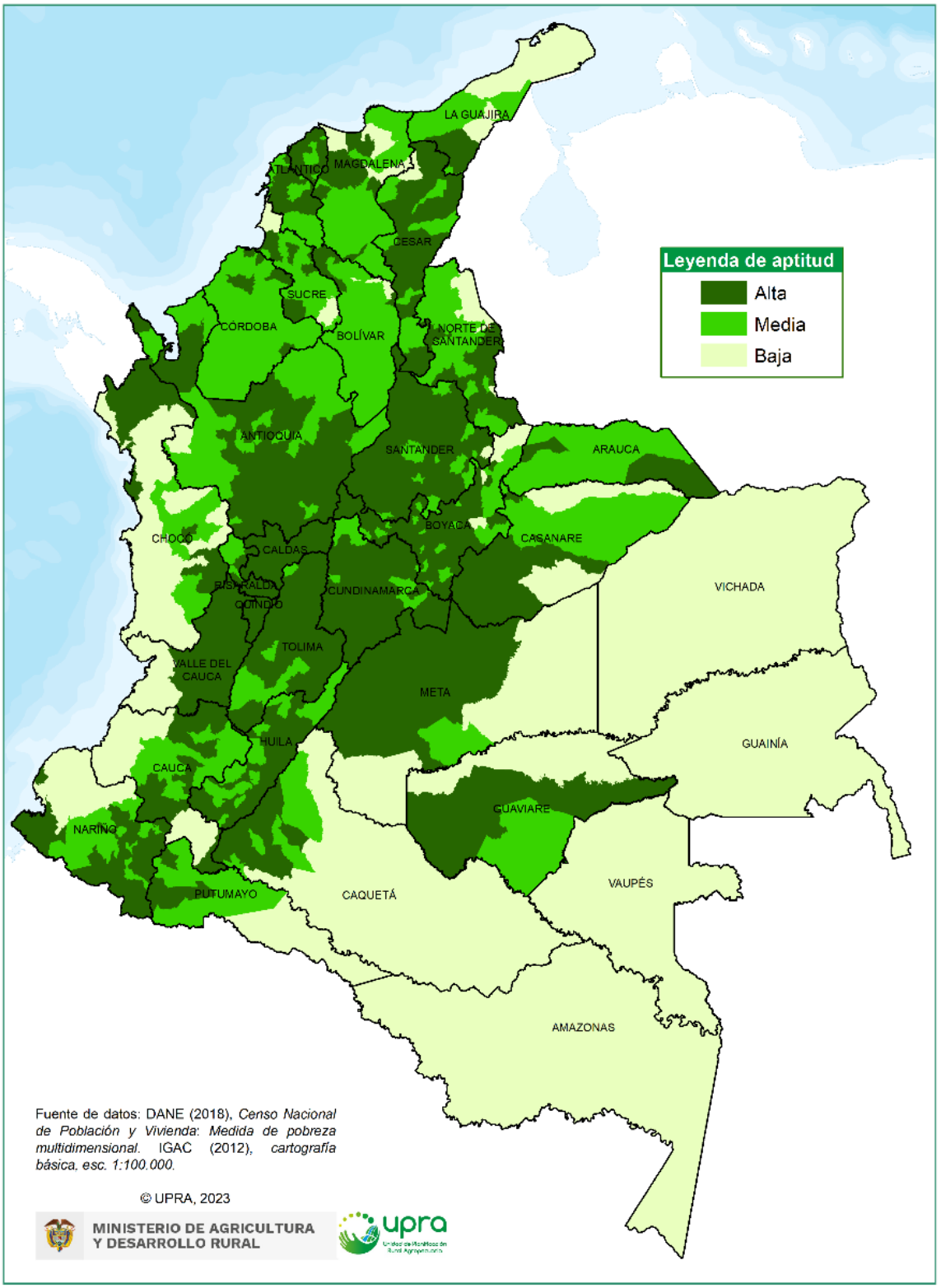
La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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 importante				Igual en importancia	Más importante			

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



3.8.1. Variable salud

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: salud	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%) de hogares con privaciones	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Refleja las limitaciones en las condiciones de salud en las zonas rurales, manifestadas como 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 el estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la salud de los hogares es menos generalizada y en 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.

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 salud 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, 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.

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, 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 donde 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 evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar 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 y Q_3. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió utilizar 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 intra-clústeres 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 en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en tres, para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3), y por tratarse de un agrupamiento multivariado 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 ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, que en este caso está relacionado con privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó 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 calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias de éste con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se

sumaron dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asignó cada elemento al clúster cuyo dato fue el mínimo de los tres posibles y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se actualizaron los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejaron 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 clústeres 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 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

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones en cada subvariable (por ejemplo, barreras de acceso y sin aseguramiento en salud).

A la agrupación de municipios resultante se le calculó el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; la agrupación con menor promedio corresponde a los municipios con aptitud alta(A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio se calificó con aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones correspondió a los municipios con aptitud baja (A3).

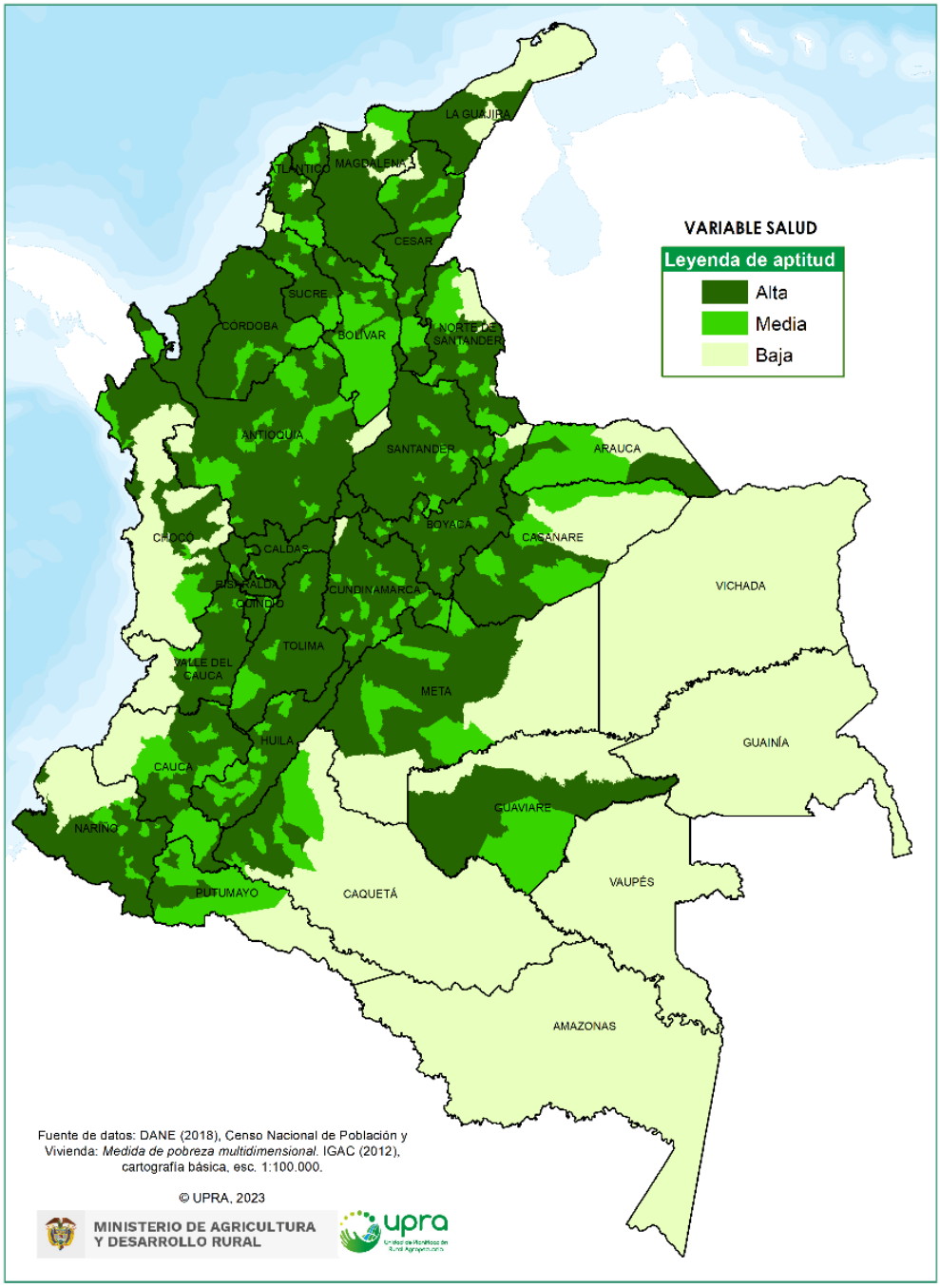
Barreras de acceso a servicios de salud	Sin aseguramiento en salud	Aptitud
3,3	12,7	Alta (A1)
13,5	13,4	Media (A2)
6,6	33,0	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.8.2. Variable trabajo

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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.

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 permitan aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de trabajo (que reflejan menores 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 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 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 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 realizó un análisis de consistencia en donde 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 evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar 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 se decidió utilizar 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 intra-clústeres 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 en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3), y por tratarse de un agrupamiento multivariado 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 la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionado con privaciones que son inversamente proporcionales a los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó 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 calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias de éste con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asignó cada elemento al clúster cuyo dato fue el mínimo de los tres posibles y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se actualizaron los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejaron 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 clústeres 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 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 clústeres (cohesión y separación).

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). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones en cada subvariable (por ejemplo, trabajo informal y tasa de dependencia). A la agrupación de municipios resultante se le calculó el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponde a los municipios con aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio fue la de aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones según el centroide correspondió a los municipios con aptitud baja (A3).

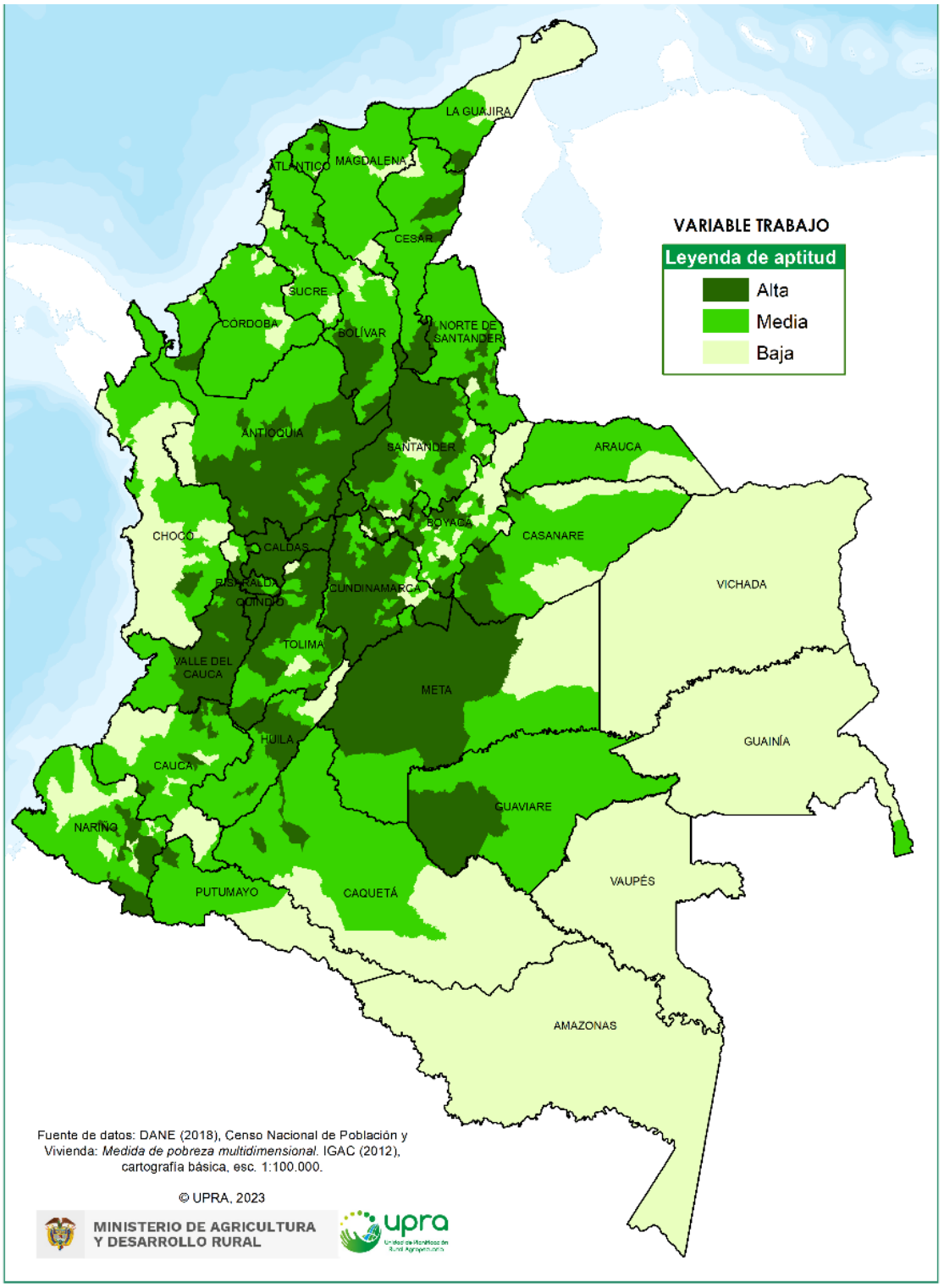
Trabajo informal	Tasa de dependencia	Aptitud
85,3	30,3	Alta (A1)
92,6	45,3	Media (A2)
94,7	69,1	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.8.3. Variable condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 o 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en 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 en 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 de privación en la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios 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.

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, 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, 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 % 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 donde 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 evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar 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 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 intra-clústeres 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 en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en tres para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3), y por tratarse de un agrupamiento multivariado está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clústerde K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionado con privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó 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 calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias de éste con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asignó cada elemento al clúster cuyo dato fue el mínimo de los tres posibles y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, actualizaron los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejaron 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 clústeres 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 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

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones en cada subvariable (por ejemplo, inadecuado material de piso o inadecuada eliminación de excretas, etc.). Así, a la agrupación de municipios resultante se le calculó el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; la agrupación con menor promedio

corresponde a los municipios con aptitud alta (A1), la agrupación con el promedio de centroide intermedio se calificó con aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones correspondió a los municipios con aptitud baja (A3).

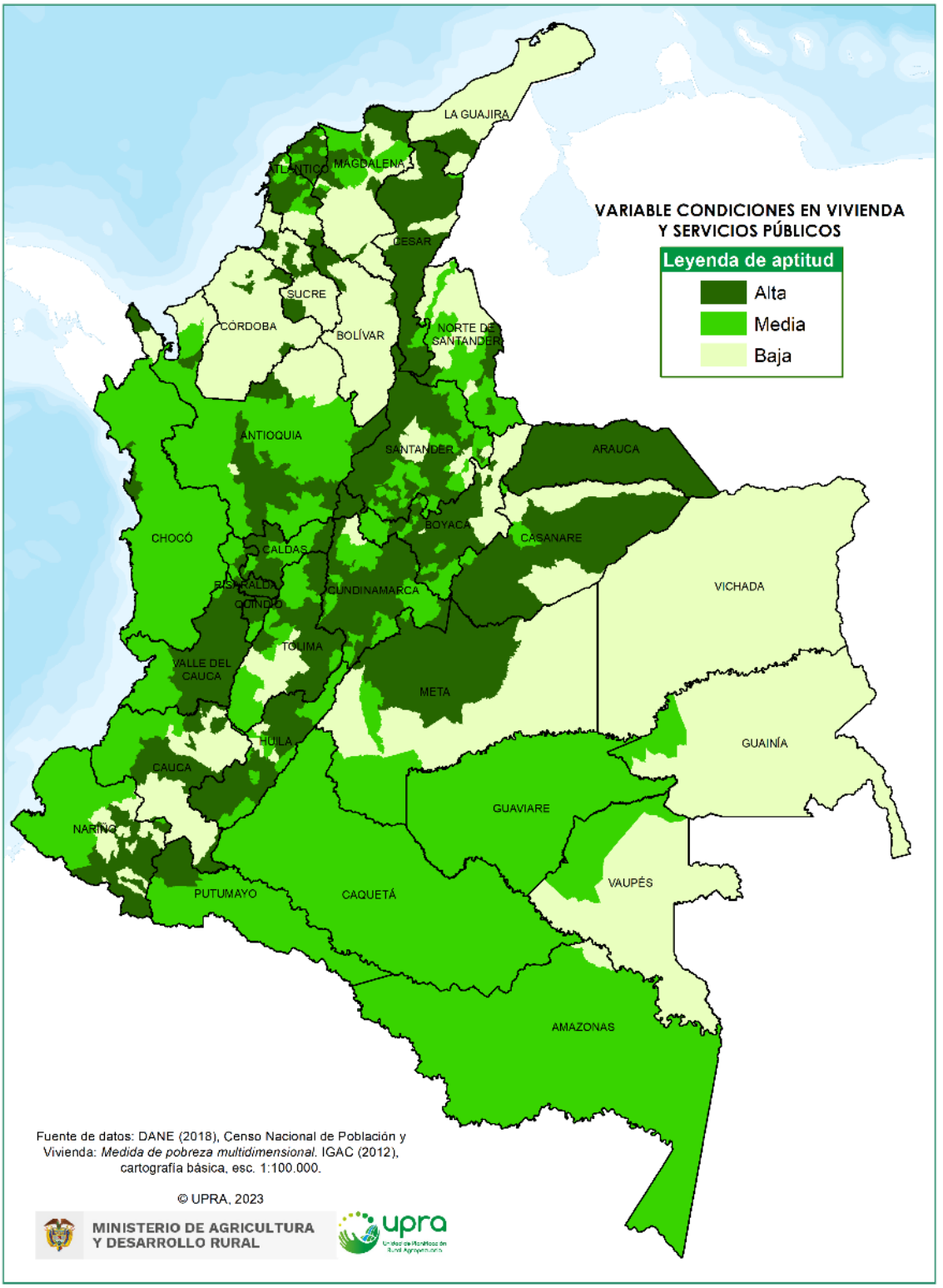
Hacinamiento critico	Inadecuada eliminación de excretas	Inadecuado material de paredes exteriores	Inadecuado material de piso	Sin acceso a fuentes de agua mejorada	Aptitud
6,7	16,3	2,8	13,7	22,7	Alta (A1)
9,0	41,0	3,0	14,7	67,4	Media (A2)
16,7	46,3	8,8	58,3	51,2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz) destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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.

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, 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 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 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 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 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, 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 donde 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 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 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 intra-clústeres 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 en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en tres, para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3), y por tratarse de un agrupamiento multivariado 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 ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, que en este caso está relacionado con privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó 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 calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústereses inicialmente calculados (tres) y se sumaron dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asignó cada elemento al clúster cuyo dato fue el mínimo de los tres posibles y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se actualizaron los centroides en función de las asignaciones de puntos a cada clúster, hasta que los centroides dejaron 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 clústeres 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 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

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

A la agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroíde para cada subvariable (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 centroíde intermedio se calificó con aptitud media (A2) y la de mayor promedio de privaciones corresponde a los municipios con aptitud baja (A3).

Barreras de acceso al cuidado	Trabajo infantil	Inasistencia escolar	Rezago escolar	Aptitud
1,7	1,7	4,2	15,7	Alta (A1)

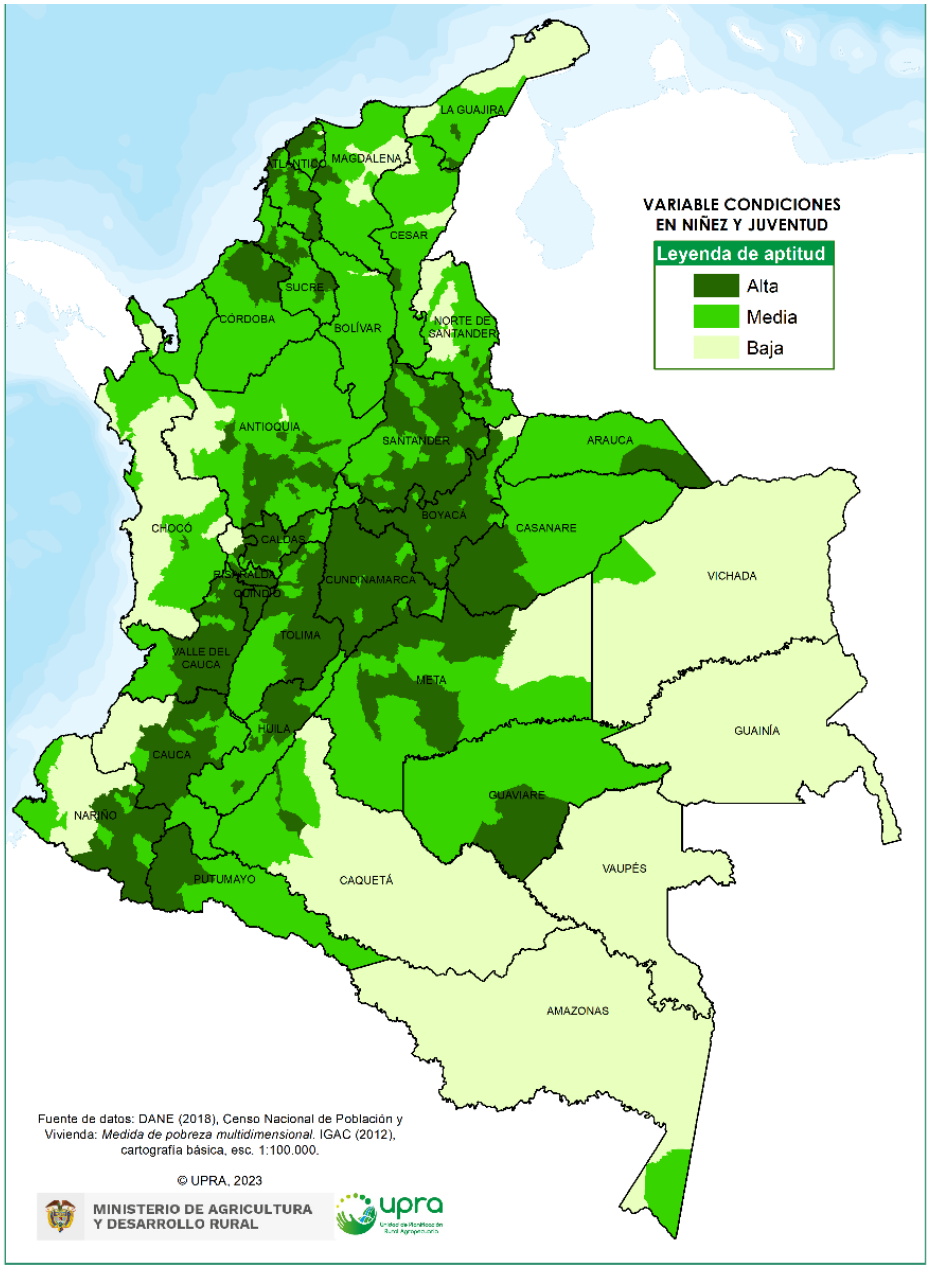
	3,3	3,2	8,0	26,3	Media (A2)
	13,0	3,5	16,4	42,5	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



3.8.5. Variable condiciones educativas del hogar

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 nueve 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 y más que no sabe leer y escribir.

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, 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 condiciones educativas 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 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 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 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 donde 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 evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar 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 se determinó utilizar 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 intra-clústeres 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 en un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en tres, para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3), y por tratarse de un agrupamiento multivariado 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 ordenaron los datos de mayor o menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionado con privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó 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 calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias de éste con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato fue el mínimo de los tres posibles y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se actualizaron los centroides en función de las asignaciones de puntos a cada clúster, hasta que los centroides dejaron 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 clústeres 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 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

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones. A cada agrupamiento de municipios se le calculó el promedio de privaciones (analfabetismo y bajo logro educativo) y la agrupación con menor promedio de privaciones corresponde 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).

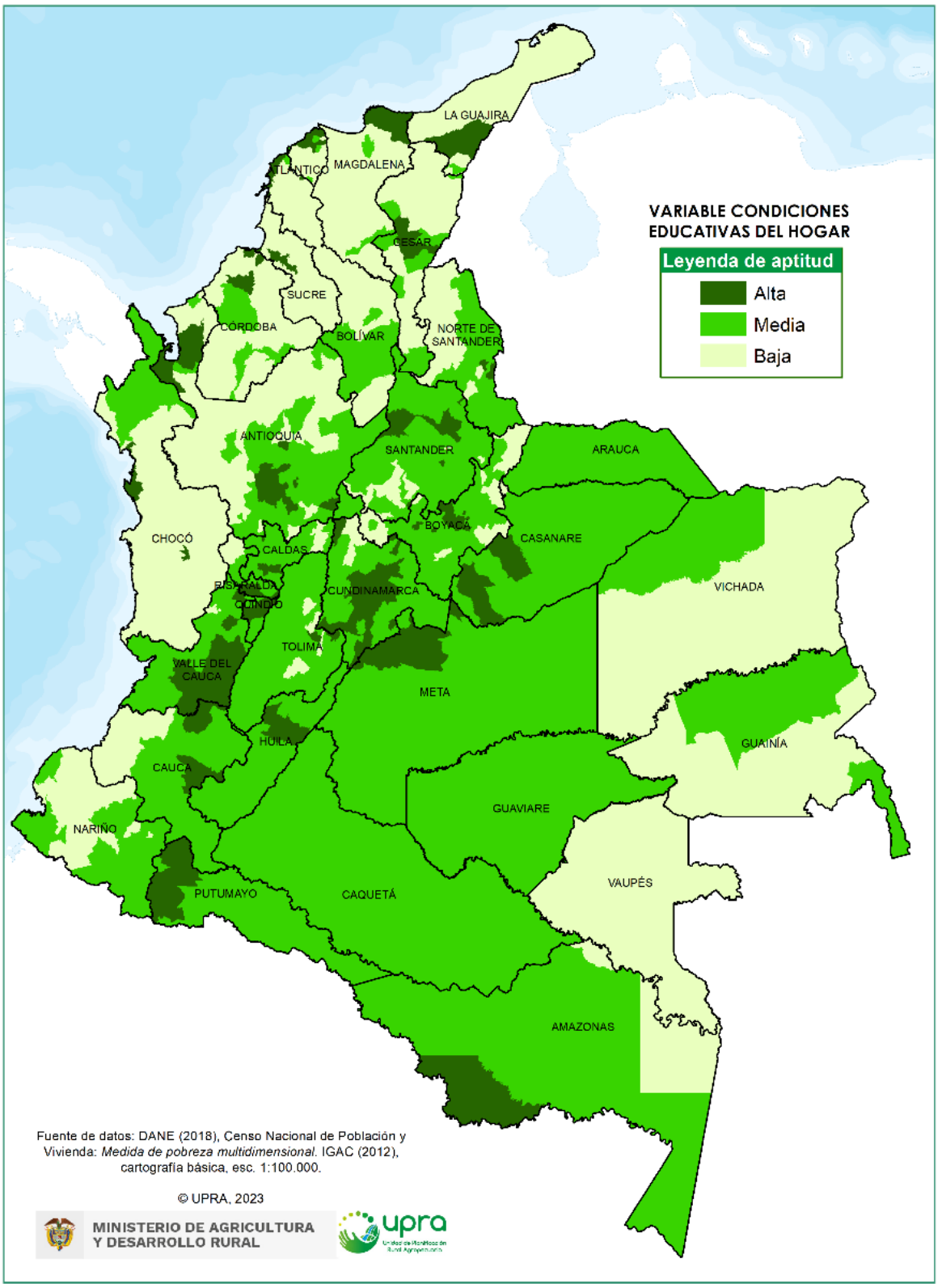
Analfabetismo	Bajo logro educativo	Aptitud
12,2	59,8	Alta (A1)
18,5	81,6	Media (A2)
33,7	82,9	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: medida de pobreza multidimensional. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



4. Fichas metodológicas restricciones legales

4.1. Criterio restricciones legales

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
CRITERIO: restricciones 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 Instituto Colombiano de Antropología e Historia (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 (L 1450/ 2011, art. 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 sólo 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 MinAmbiente 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 aanal 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) 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 exclusión 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 (Res. 1922/2013 MinAmbiente), 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.

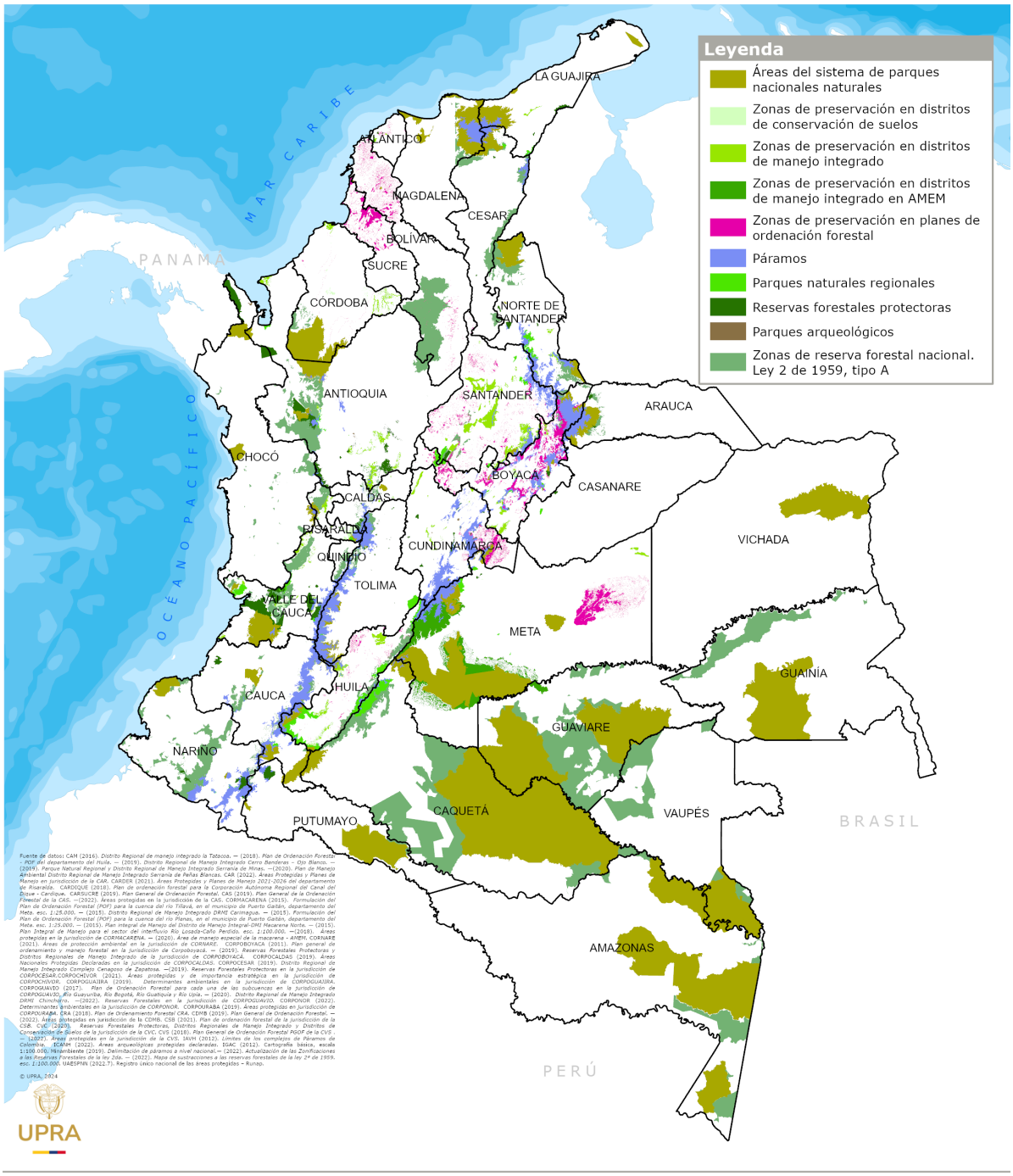
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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), 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 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 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 2, 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. (2024). Frontera agrícola. Actualización V4 1.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (L 1450/2011, art. 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 sólo 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 MinAmbiente n.° 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 yuca, 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

No aplica, por tratarse de una restricción legal (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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAvH. (2019). Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

4.1.2. Variable áreas protegidas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 ~~exclusión~~ 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 (D 1989/1989), 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 yuca, 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 exclusión 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

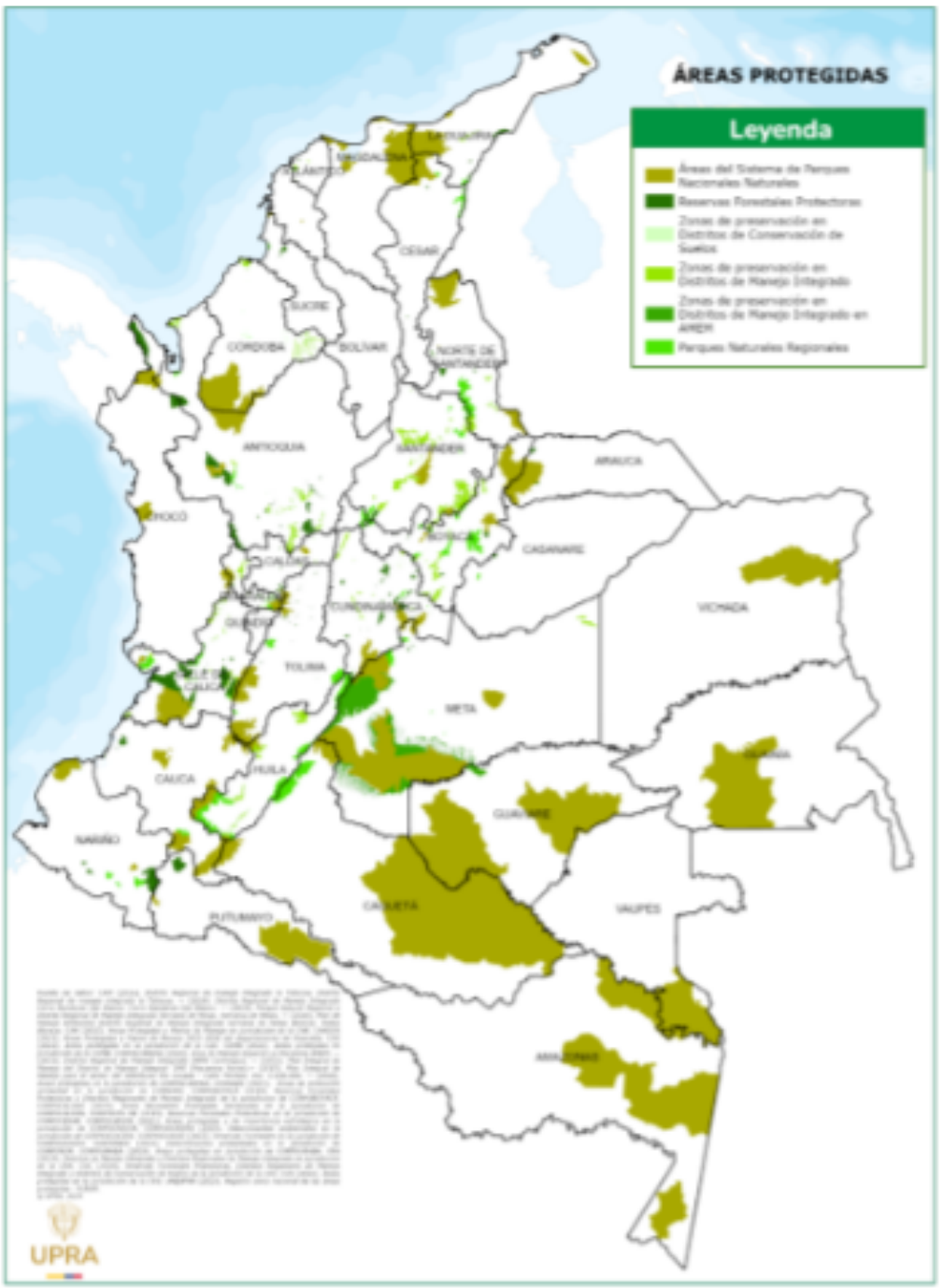
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo n.° 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 n.° 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.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V.6.
- PNN. (2019). Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



4.1.3. Variable planes de ordenación forestal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca, 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

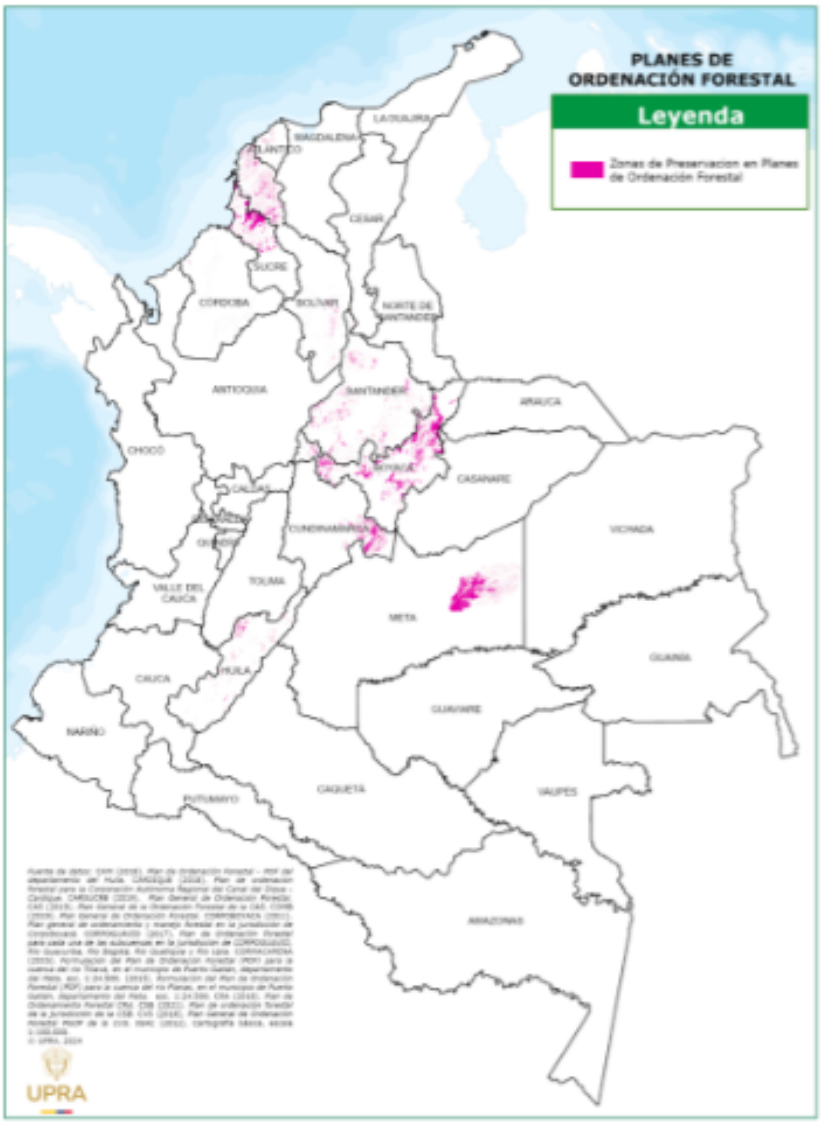
Unidad de análisis	Zonas de protección, preservación y conservación declaradas por los planes de ordenamiento forestal

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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 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.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba el plan de ordenación forestal de la Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre).

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



4.1.4. Variable parques arqueológicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
CRITERIO ASOCIADO: restricciones legales		
VARIABLE: parques arqueológicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Los 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 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 (D 833/2002, art. 1, 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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Icanh. (2019). Parques arqueológicos.
- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 MinAmbiente 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 MinAmbiente adopta la zonificación y ordenamiento de las Reservas Forestales Nacionales, mediante las siguientes resoluciones:

- 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 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.
- 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 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.
- 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 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.
- 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

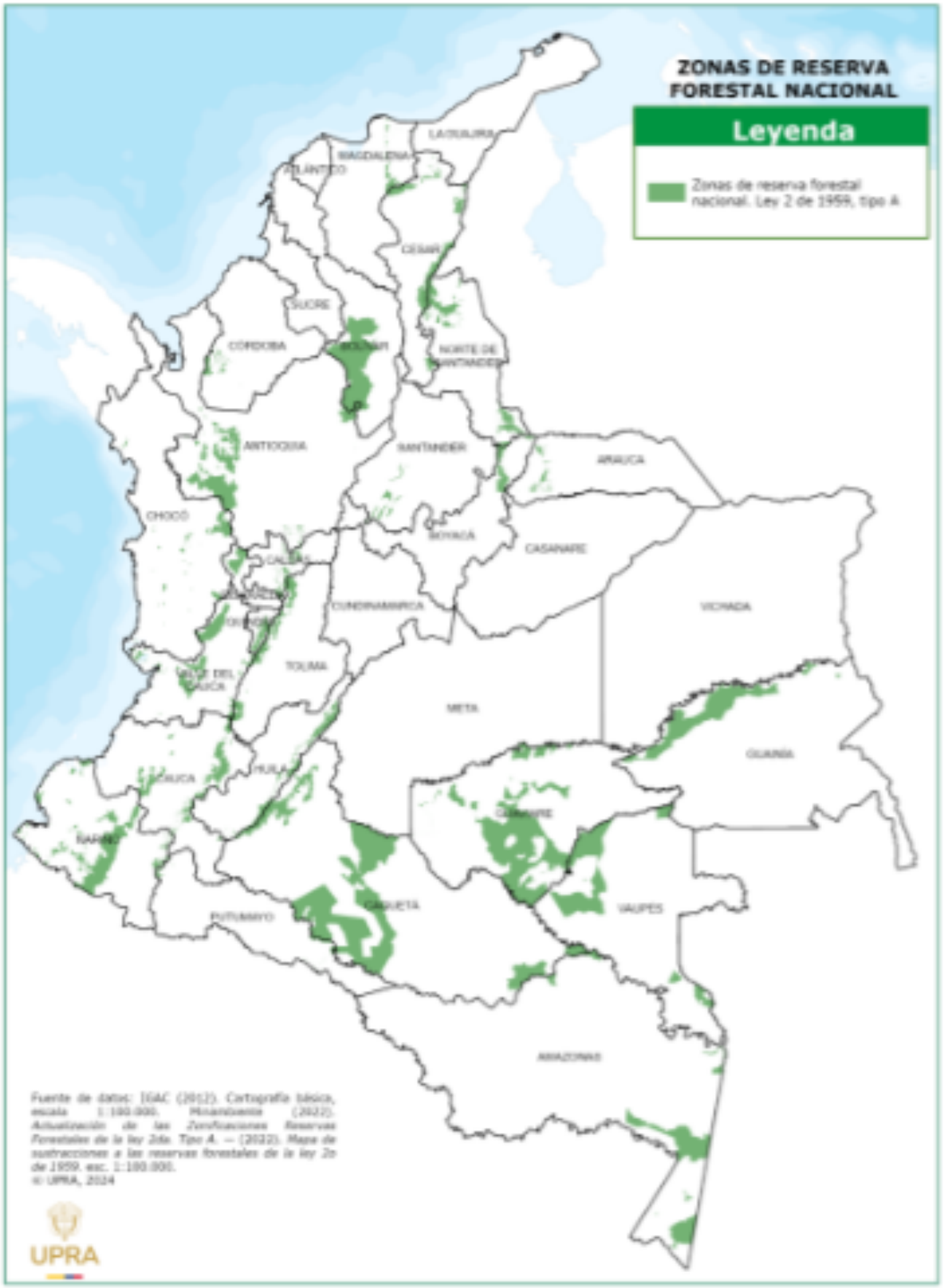
Para la generación de la información cartográfica se parte de las zonificaciones de cada una de las Reservas Forestales Nacionales de Ley 2 de 1959 adelantadas por el MinAmbiente donde se identifican las zonas tipo A.

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden las áreas de reserva forestal nacional tipo A

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2, Tipo A, escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca.

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).

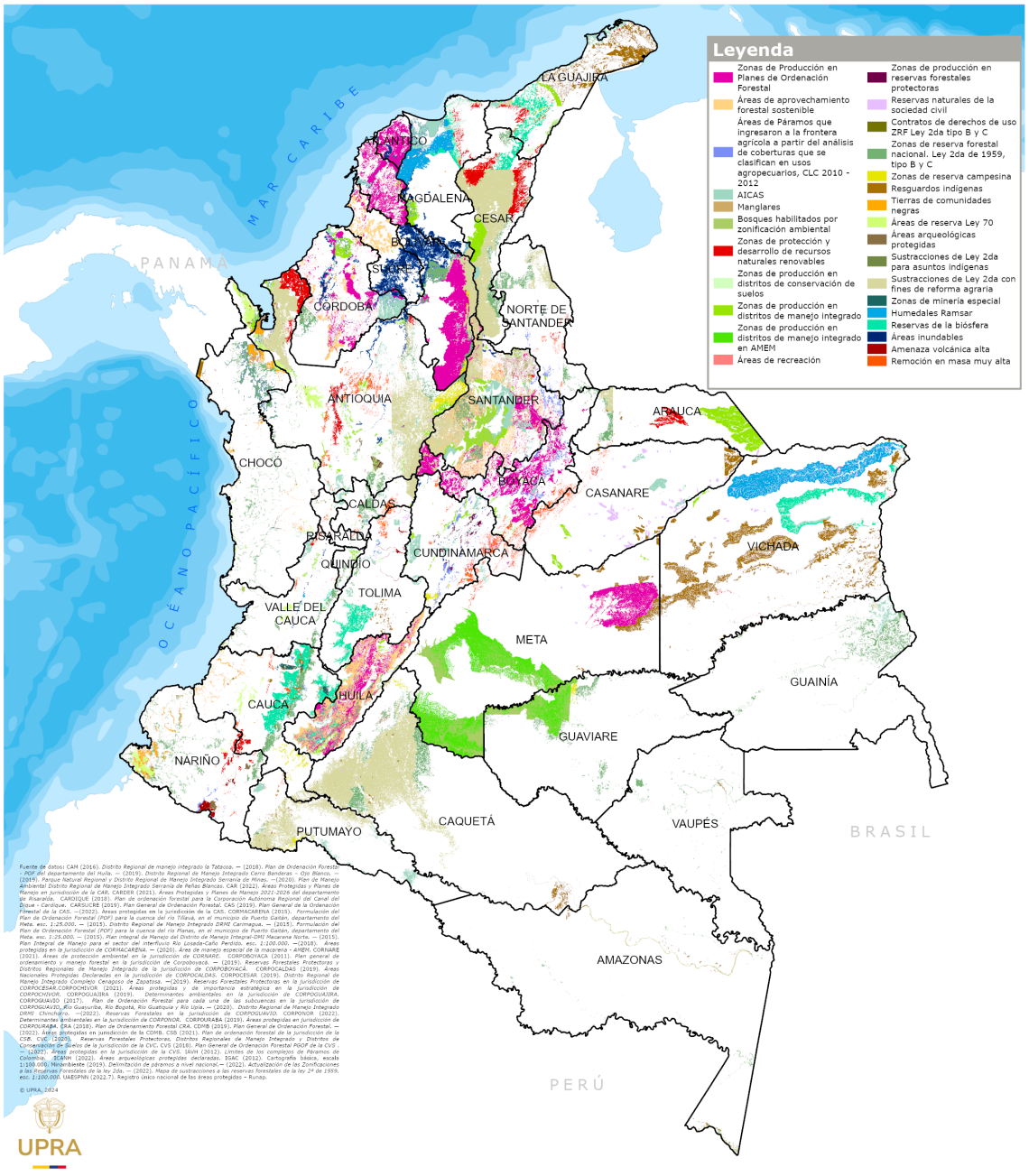
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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.
- ANT. (2018). Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos.
- 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.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000.
- IGAC. (2018). Zonas de reserva campesina legalmente constituidos. Bogotá.
- MinAmbiente. (2015). Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.
- 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.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonas de reserva forestal nacional Ley 2, sustracciones, escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación Zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2. tipos B y C, escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2018). Sitios Ramsar.

- 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.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



5.1. 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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca. 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 yuca.

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 (Res. 1602/1995, 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 (Res. 1602/1995 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 (D 2811/1974).

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" (D 2811/1974).

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 (D 2811/1974), establece una regulación en términos de propiedad en relación con 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 (L 1450/2011).

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAvH. (2014). Bosque seco tropical.
- Ideam. (2008). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

5.1.2. Variable áreas protegidas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 yuca; 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 - 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 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 MinAmbiente, 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 yuca o, en las que, por el contrario, está prohibido el desarrollo de actividades productivas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

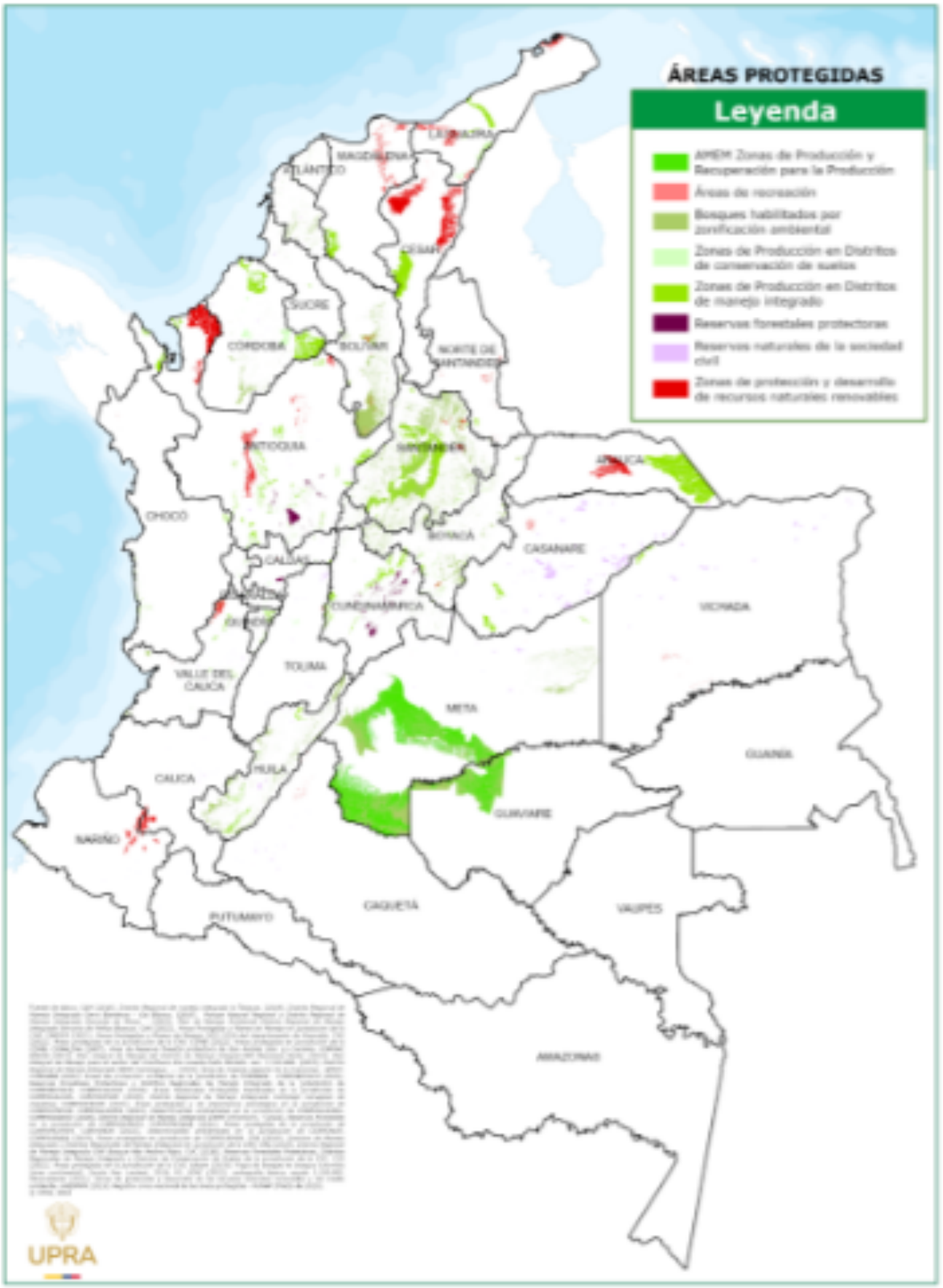
Para la generación de cartografía, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible identificar si en la zona de estudio se localiza alguna de las figuras de protección que integran esta variable.

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

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.
- 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.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V.6.
- PNN. (2019). Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



5.1.3. Variable planes de ordenación forestal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

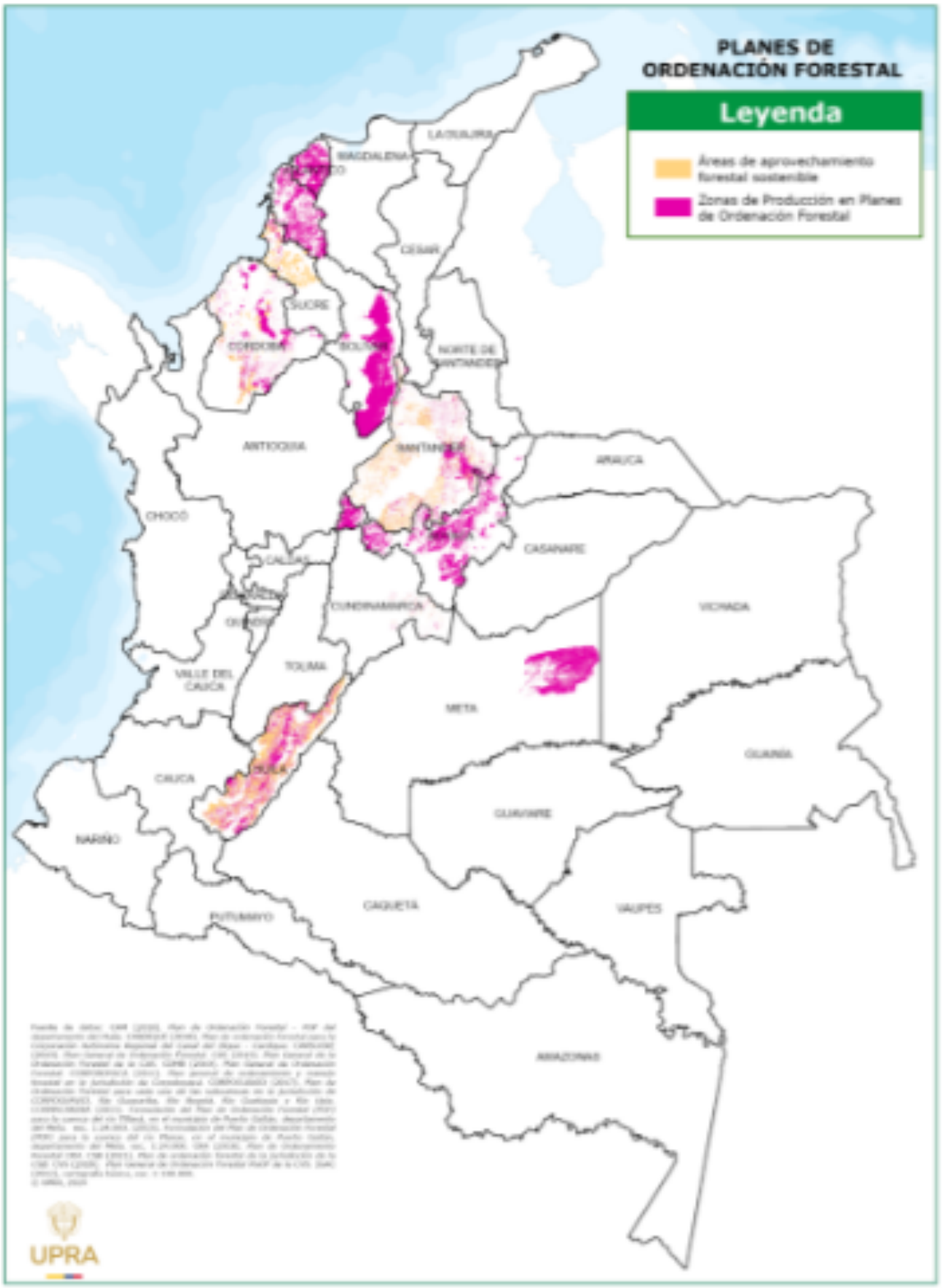
La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección. Adicionalmente, solo se cuenta con los planes de ordenación forestal de once corporaciones

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo n.° 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 n.° 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 n.° 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 n.° 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 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 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.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba plan de ordenación forestal de Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre).

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (Res. 1922/2013, 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 (Res. 1922/2013, 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:

- 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.
- 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.
- 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 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.
- 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.
- 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.
- 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 MinAmbiente 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 2 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 yuca.

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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2012). Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2, escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2, sustracciones, escala 1:100.000.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2, Tipos B y C, escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

5.1.5. Variable distinciones internacionales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 (art. 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

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.
- 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.
- 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). Unesco. http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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 a 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 (L 70/1993).

*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 éste 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 (L 160/1994).

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 (L 685/2001, art 31, modificado por el art 147 del De 019/2012). 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, 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

1. 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.

2. 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 el Chocó, cifra que equivale a 3.065.265 ha 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 ha, seguido del Cauca y Valle del Cauca con 713.445 ha y 447.828 ha, respectivamente. Sin embargo, en departamentos como La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bolívar, también se reportan Consejos Comunitarios de extensiones que no superan las 500 ha.

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 ha. 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 (D 2164/1995, art.21, MinAgricultura).

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 hectáreas.

*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

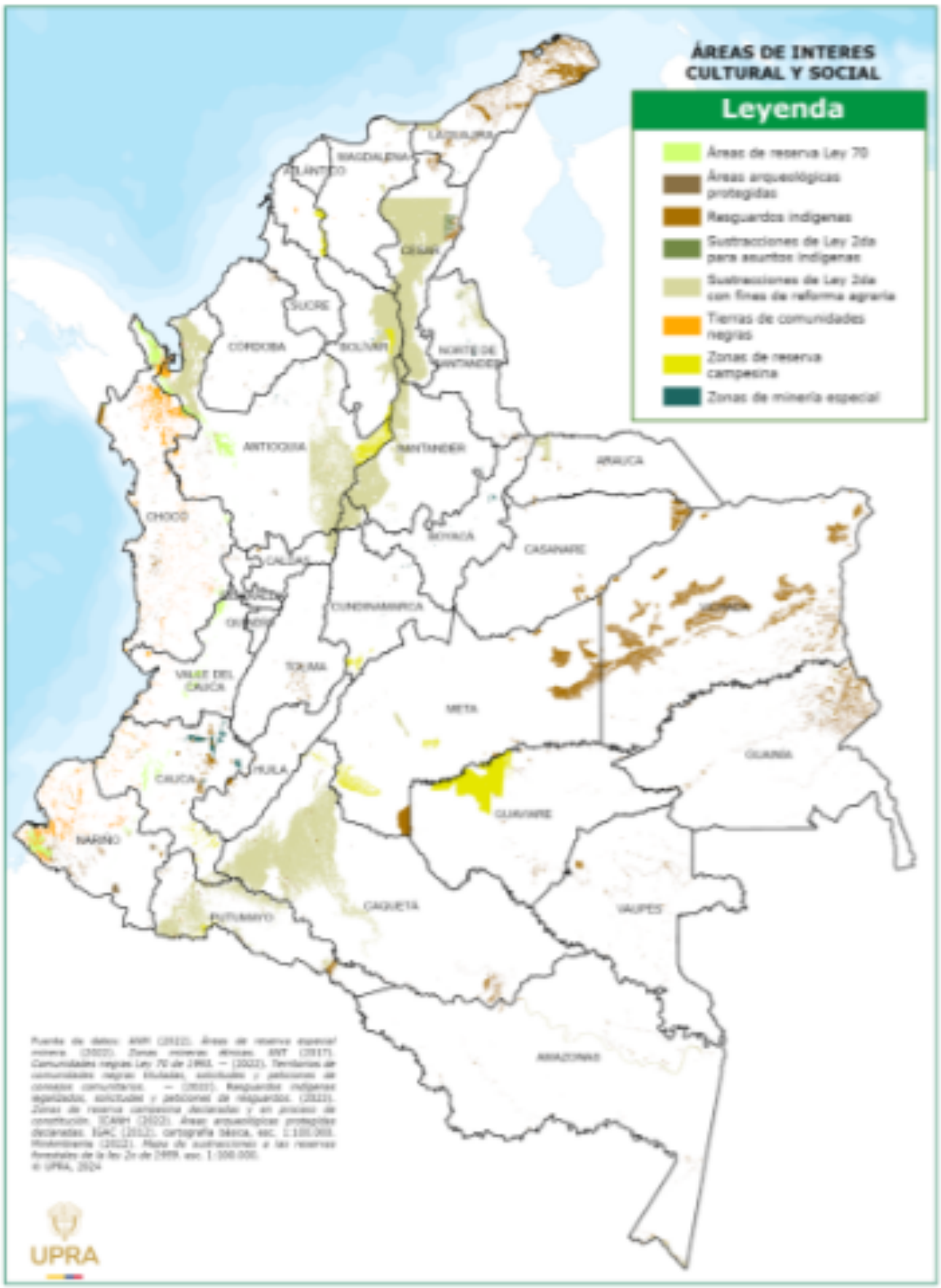
Áreas arqueológicas protegidas	Zona
Piedras del Tunjo	Directa
UPTC Tunja	Directa
Pupiales	Directa
	Área de influencia
Tequendama	Directa
La Mojana	Directa
El Abra	Directa
El Infiernito	Directa
Arboleda	Directa
	Área de influencia
Mogua	Directa
	Área de influencia
Valle alto del Rio Checua	Directa
	Área 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.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANT. (2016). Áreas reservadas para comunidades negras, Ley 70 de 1993.
- ANT. (2018). Consejos Comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos.
- ANT. (2018). Resguardos Indígenas legalmente constituidos.
- ANT. (2018). Zonas de Reserva Campesina legalmente constituidas.
- Icanh. (2019). Áreas Arqueológicas Protegidas.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- 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.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
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

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.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

5.1.8. Variable gestión de riesgo

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), destinado al consumo directo y uso industrial para el mercado nacional**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: gestión de riesgo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción 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 385/2012). 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 MinAgricultura 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

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2017). Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación.
- 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)
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2018). Identificación general de la frontera agrícola en Colombia escala 1:100.000.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

UPRA

Cultivo comercial de yuca

Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000