



UPRA



Zonificación de aptitud para el
cultivo de
ahuyama o zapallo
en Colombia

Escala 1:100.000





Zonificación de aptitud para el
Cultivo de ahuyama o zapallo
en Colombia, escala 1:100.000

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

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

Dora Inés Rey Martínez
Directora general (e)

Juan Carlos López Gómez
Secretario general

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

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

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

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

Dora Inés Rey Martínez
Alexander Rodríguez Romero

Directores temáticos

Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera

Coordinación técnica

Autores

Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Fernando Andrés Amado Páez
Edinson Chacón Pardo
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Helmer Alexis Guzmán López
Luis Eduardo García Castellanos
Luisa María Lagos Riaño
Katherine Gómez Rodríguez
Ruth Natalia Becerra Vargas
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín

Compiladores

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

Carlos Andres Ruiz
Nancy Milena Alarcón
Edward Alejandro Moreno
Pablo Daniel Díaz
Katherine Alba Rodríguez
Equipo Oficina TIC
Representación cartográfica

Coordinación equipo de publicaciones

Johana Trujillo Moya

Corrección de estilo

John Machado

Diseño y diagramación

Lorena Rodríguez

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., Guzmán, H., García, L., Lagos, L., Gómez, K., Becerra, R., y Rodríguez, H. (2025). Zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama o zapallo (*Cucurbita maxima* D., *Cucurbita moschata* D. y sus híbridos) en Colombia a escala 1:100.000. Bogotá: UPRA. Recuperado de <URL de ubicación del documento>.

ISBN:

UPRA© 2025

Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos) para el mercado nacional, 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 las generalidades del cultivo que incluye antecedentes, y la importancia internacional y nacional; en la segunda se aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente; en la tercera se describe 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) y la socialización y validación de los rangos y salidas cartográficas; en la cuarta se muestran los resultados de la zonificación, representados en el mapa de aptitud para el cultivo de ahuyama o zapallo (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos), las conclusiones y las fuentes de información bibliográfica.



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

Se identificaron ocho criterios físicos, seis socioecosistémicos y ocho socioeconómicos y 68 variables, a partir de los cuales se obtuvo el mapa de aptitud para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos) en Colombia, escala 1:100.000.

En el mapa se identificó que Colombia tiene 28.264.466 hectáreas aptas para el cultivo de ahuyama o zapallo (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos), equivalente al 65,8 % de la frontera agrícola nacional. De las áreas aptas, 9.960.536 hectáreas corresponden a aptitud alta (A1), 6.195.031 a aptitud media (A2) y 12.108.899 a aptitud baja (A3).

Palabras clave: ahuyama, zapallo, ahuyamín, zonificación, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud.



Tabla de contenido

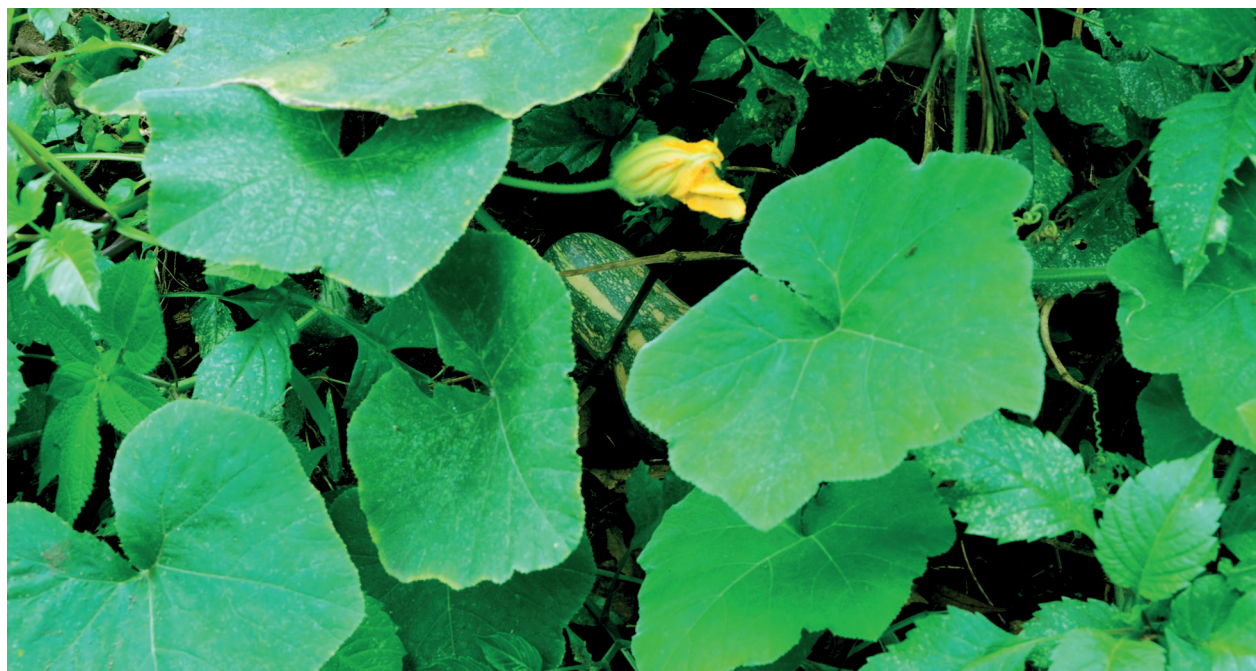
Resumen	6
Índice de tablas	10
Índice de figuras	12
Lista de siglas y abreviaturas	13
Lista de símbolos	15
Glosario	16
Introducción	19

01

Generalidades	23
1.1. Antecedentes	24
1.2. Contextos mundial y nacional	25

02

Marco conceptual	27
-------------------------	-----------



03

Marco metodológico	31		
3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT)	34	3.3.2. Rangos de criterios y variables del componente socioecosistémico	49
3.2. Criterios de análisis jerárquico	35	3.3.3. Rangos de criterios y variables del componente socioeconómico	54
3.2.1. Componente físico	35	3.4. Frontera agrícola nacional (FAN)	56
3.2.2. Componente socioecosistémico	38	3.5. Análisis multicriterio	58
3.2.3. Componente socioeconómico	41	3.5.1. Proceso analítico jerárquico	59
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas	47	3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico	60
3.3.1. Rangos de criterios y variables del componente físico	48	3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico	62
		3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas	65
		3.7.1 Socialización y visitas de campo	65
		3.7.2 Validación de rangos y mapas de aptitud	67

04

Resultados	69
Conclusiones	75
Bibliografía	77
Anexo	83





Índice de tablas

Tabla 1.	Exportaciones de ahuyama desde Colombia. Periodo 2019-2023	26
Tabla 2.	Principios de la evaluación de tierras	30
Tabla 3.	Definición de criterios y variables del componente físico, subcomponente climático	36
Tabla 4.	Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico	36
Tabla 5.	Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico	39
Tabla 6.	Definición de criterios y variables del componente socioeconómico	43
Tabla 7.	Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama.	47
Tabla 8.	Rangos de aptitud definidos desde el componente físico para el cultivo de ahuyama	48
Tabla 9.	Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para el cultivo de ahuyama	50

Tabla 10. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico para el cultivo de ahuyama	54	Tabla 17. Validación de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama	67
Tabla 11. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico	59	Tabla 18. Áreas según categorías de aptitud para el cultivo de ahuyama en Colombia, escala 1:100.000	70
Tabla 12. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio	60	Tabla 19. Departamentos con aptitud total, aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)	72
Tabla 13. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama	61	Tabla 20. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo de ahuyama en Colombia	73
Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama	62	Tabla 21. Municipios con mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)	73
Tabla 15. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama	62	Tabla 22. Municipios con mayor aptitud media (A2) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)	74
Tabla 16. Socializaciones de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama	65		

Índice de figuras

Figura 1. Descripción morfológica de la planta de ahuyama	24	Figura 9. Criterios y variables de componente socioeconómico	42
Figura 2. Producción (toneladas) y área cosechada (hectáreas) del cultivo de ahuyama en el mundo. Periodo 2018-2022	25	Figura 10. Mapa de condicionantes legales	57
Figura 3. Área sembrada (ha) y producción (t) del cultivo de ahuyama en el periodo 2019-2022 en Colombia	26	Figura 11. Mapa de restricciones legales	58
Figura 4. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas	28	Figura 12. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud	63
Figura 5. Criterios de zonificación de aptitud	33	Figura 13. Modelo cartográfico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos)	64
Figura 6. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivo de ahuyama (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos)	33	Figura 14. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud	65
Figura 7. Criterios y variables del componente físico	35	Figura 15. Mapa integrado de aptitud para el cultivo de ahuyama en Colombia a escala 1:100.000	71
Figura 8. Criterios y variables del componente socioecosistémico	38	Figura 16. Mapas intermedios biofísico y socioeconómico para el cultivo de ahuyama en Colombia, escala 1:100.000	74

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	Proceso analítico jerárquico (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)
AICAS	Áreas de importancia para la conservación de aves
ANT	Agencia Nacional de Tierras
APC	Áreas prioritarias de conservación
Asofrucol	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
COP	Peso colombiano
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DHR	<i>Disponibilidad hídrica real</i>
DMI	Distritos de manejo integrado
DRMI	Distritos regionales de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENA	Estudio nacional del agua
ETR	Evapotranspiración real
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>)
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FNFH	Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola
FOB	Libre a bordo (<i>Free on Board</i>). 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
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
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones de Colombia
MinTransporte	Ministerio de Transporte
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
PDET	Programas de desarrollo con enfoque territorial
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
SIG	Sistemas de información geográfica
TUT	Tipo de utilización de la tierra
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)
Zidres	Zonas de interés de desarrollo rural, económico y social
Zomac	Zonas más afectadas por el conflicto armado
ZRFN	Zonas de reserva forestal nacional

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
cm	centímetro
cmol⁺/kg	centimol/kilogramo
dS	deciSiemens (10^{-1} S)
ha	hectárea
km	kilómetro
km²	kilómetro cuadrado
kPa	kilopascales
L	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
m²	metro cuadrado
m³	metro cúbico
m s. n. m.	metros sobre el nivel del mar
mm	milímetro
Mm³	millones de metros cúbicos
Mt	millones de toneladas
ppm	partes por millón
t	toneladas

Glosario

Actividad agropecuaria: Actividad productiva primaria de bienes económicos, basada en recursos naturales renovables que hace uso de la tierra con cultivos y especies animales, mediante la combinación del esfuerzo del hombre y la naturaleza, para favorecer la actividad biológica de plantas y animales incluyendo su reproducción, mejoramiento y/o crecimiento. Dicha actividad productiva incluye las siguientes subcategorías: agricultura, forestal, pecuaria, pesca y acuicultura (<https://upra.gov.co/atenci%C3%B3n-al-ciudadano/glosario>).

Agricultura familiar: Sistema social, económico y cultural sostenible, desarrollado por comunidades agrarias, bien sea campesinas, colonas, indígenas, afrodescendientes o de otra índole en sus respectivos territorios, en los que se realizan actividades agrícolas, pecuarias, silvícolas, acuícolas y pesqueras. El sistema está bajo la dirección y mano de obra predominantemente familiar o de una comunidad de familias rurales, con una relación de tenencia y tamaño de la tierra heterogénea, y su sistema de producción le permite, cubrir parcialmente necesidades de autoconsumo, y generar ingresos por su comercialización, de forma esporádica o constante, en búsqueda de condiciones estables de vida, aportando a la seguridad alimentaria (<https://upra.gov.co/atenci%C3%B3n-al-ciudadano/glosario>).

Álgebra de mapas: Incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas ráster con el propósito de producir una nueva capa ráster de salida. El uso de operadores lógicos y/o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo ráster (Siraj et al., 2013).

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

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

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

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

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

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

Enfoque ecosistémico: Uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas y el mantenimiento de la integridad ecológica como paradigma de conservación para el bienestar humano, en cuya visión, las estrategias de gestión deben considerar tanto la dinámica en las diferentes escalas de la organización biológica como las relaciones e interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales (UPRA, 2014).

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

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

Frontera agrícola: Es el límite del suelo rural donde se permiten y promueven las actividades agropecuarias (entiéndase: agrícola, pecuaria, acuícola, pesquera y forestal) y reconoce aquellas áreas en las que, por consideraciones legales, políticas y técnicas, están restringidas. Adaptado de la Resolución 261 del 2018 (MinAgricultura, 2018).

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

Integridad ecológica: Medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Ciontescu, 2012).

Isócronas: Áreas que se encuentran a un igual tiempo de distancia de un punto, línea o zona de referencia, teniendo en cuenta los medios de transporte disponibles para llegar a los destinos.

Restricciones legales: Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de la actividad productiva.

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

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

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

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

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



Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 «Colombia potencia mundial de la vida», Ley 2294 de 2023, en el Título III, artículos 32, 36 y 61, resalta las funciones de la UPRA en la protección del derecho humano a la alimentación de los habitantes del territorio nacional en las áreas de especial interés localizadas dentro de la frontera agrícola, en particular, en las incluidas en las Áreas de Protección para la Producción de Alimentos (APPA) declaradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (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.

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

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

Teniendo en cuenta que en el proyecto formulado y al cual se le asignaron recursos de inversión, para la vigencia 2020 del Presupuesto General de la Nación (PGN), se enmarca en los programas del nuevo catálogo de cuentas del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda) y Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en la alineación del Presupuesto Orientado a Resultados del programa: 1704. Ordenamiento social y uso productivo del territorio rural, orientado a aquellas intervenciones para mejorar el acceso, uso y aprovechamiento adecuado de las tierras rurales, el cual tiene como elementos constitutivos la planificación del ordenamiento

productivo para el uso eficiente del suelo rural, el ordenamiento social de la propiedad rural y el desarrollo y aplicación de lineamientos e instrumentos para la regulación del mercado de tierras, la Dirección de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras de la UPRA propuso desarrollar estudios que tienen como propósito fundamental, generar instrumentos técnicos para la definición de políticas públicas a cargo del MinAgricultura y sus entidades adscritas y vinculadas.

En Colombia, el análisis de las problemáticas de las zonas rurales y la definición de alternativas de manejo espacial a partir de la integración de múltiples factores han sido limitados. Esto se debe a que el énfasis se ha centrado en los aspectos climáticos y edáficos, relegando 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, la UPRA identificó la necesidad de proponer diferentes zonificaciones para los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero, abordadas desde un enfoque interdisciplinario. Esta propuesta parte de la premisa de que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas que combinan características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden interpretarse en términos de objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes procesos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos, que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz-Lozano y Granados-Barba, 2009).

Desde el año 2013, la UPRA viene realizando adaptaciones a la metodología de evaluación de tierras de FAO y se propuso, como un primer instrumento, la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional, escala 1:100.000 (UPRA, 2013). Esta metodología se basa en el enfoque FAO en cuanto a su aplicación, pero incorpora aspectos socioeconómicos (referidos a la competitividad de las áreas), así como los de política y gobernabilidad.

La metodología está fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos y socioecosistémicos se integran en una matriz (biofísica) mientras que los criterios socioeconómicos en otra; los criterios son ponderados de acuerdo con las características propias de una determinada cadena productiva, generando al final, una matriz de paso entre los dos mapas intermedios que permiten obtener las 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 otras

actividades. Desde el año 2014, la UPRA ha realizado zonificaciones de aptitud que suman más de 70 cadenas productivas.

En las zonificaciones de aptitud agrícola se mencionan: cacao, palma de aceite, caucho natural, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón, algodón, banano de exportación, caña de azúcar para la producción de panela, café, maracuyá, gulupa, granadilla, maíz tradicional y soya. Por otra parte, se trabajó en 33 especies forestal maderable contempladas en el certificado de incentivo forestal (ICR), instrumento del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a la que se sumó la identificación de zonas aptas de caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias de la UPRA iniciaron en 2016 con la zonificación de aptitud para la avicultura, seguida del mapa para el sector porcícola colombiano en el año 2018, las zonificaciones de aptitud para la producción de carne y leche bovina en pastoreo y la identificación de zonas potenciales para el establecimiento de ocho grupos de gramíneas para el pastoreo.

Para el 2020 también se inició con la definición de zonas aptas para la producción de búfalos y de ovinos en pastoreo en Colombia, y en el 2021 se realizó la zonificación de caprinos también en pastoreo. En este mismo año, la UPRA tomó como base el trabajo en acuicultura realizado en el año 2016 con la participación de la AUNAP, para la actualización metodológica de la zonificación de aptitud para acuicultura en estanques en tierra de tilapias, cachama, trucha, tres especies ícticas nativas de Colombia (yamú, bocachico y bagre rayado); camarón blanco y pirarucú; y de pesca marina artesanal de camarón y bocachico del río Magdalena; a partir del año 2023 se incorporó la zonificación de aptitud para plátano de los cultivares hartón y dominico hartón; yuca; fríjol y caupí; y apicultura en Colombia, escala 1:100.000.

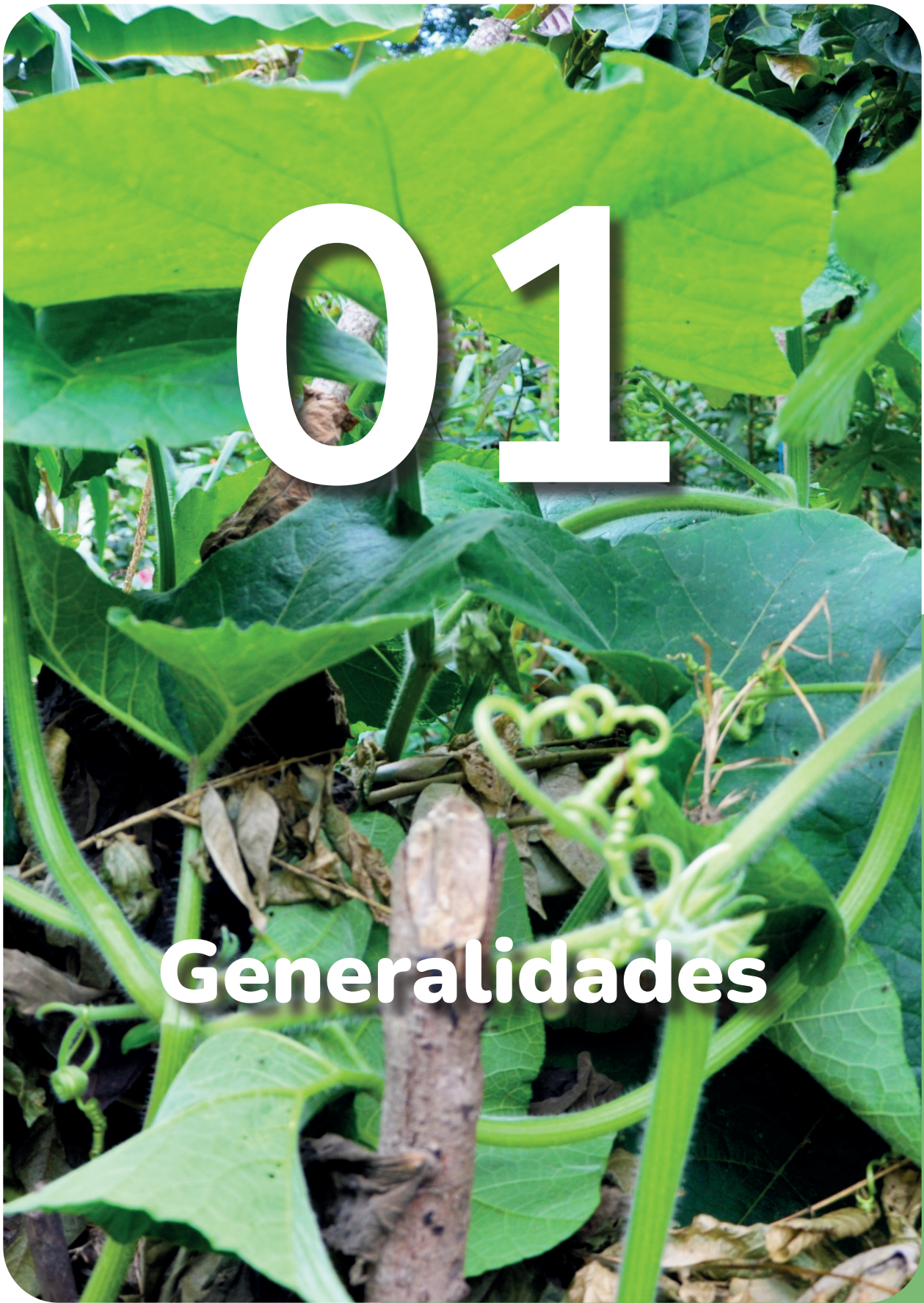


Dentro de los objetivos específicos de la presente zonificación, se encuentran:

- Elaborar los lineamientos técnicos y metodológicos para el cultivo de ahuyama de las especies *C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos en Colombia para el mercado nacional a 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.
- Elaboración del mapa de zonas aptas para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos) en Colombia, escala 1:100.000 con base en la metodología propuesta.

La memoria técnica contiene cuatro secciones: en la primera se desarrolla un contexto general del tema, que incluye una reseña histórica, origen y clasificación taxonómica de la ahuyama, la importancia económica internacional y nacional; la segunda, describe los fundamentos conceptuales de la zonificación de aptitud; la tercera, expone la metodología empleada, incluyendo los criterios usados dentro de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, su evaluación y ponderación, para la obtención del mapa de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas; la cuarta presenta los resultados obtenidos para la identificación de las áreas aptas para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos), y expone las conclusiones y la bibliografía.

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



01

Generalidades

La planta de ahuyama tiene una raíz pivotante de hasta dos metros de profundidad con raíces laterales y ramificaciones que se extienden hasta seis metros de diámetro; presenta un tallo principal y de tres a varias ramas laterales, con tallos huecos, largos, pentagonales, rastreros y trepadores, y en los nudos de los tallos se generan raíces adventicias. Tiene hojas con tricomas suaves; las flores estaminadas son más grandes y numerosas, y aparecen antes que las femeninas. El fruto es una baya unilocular con muchas semillas aovadas u oblongas aplanadas. La superficie del fruto puede ser lisa, verrugosa o cubierta de espinas u otros tipos de formaciones (Hernández, 2018). En la figura 1 se muestra la morfología de la planta de ahuyama.

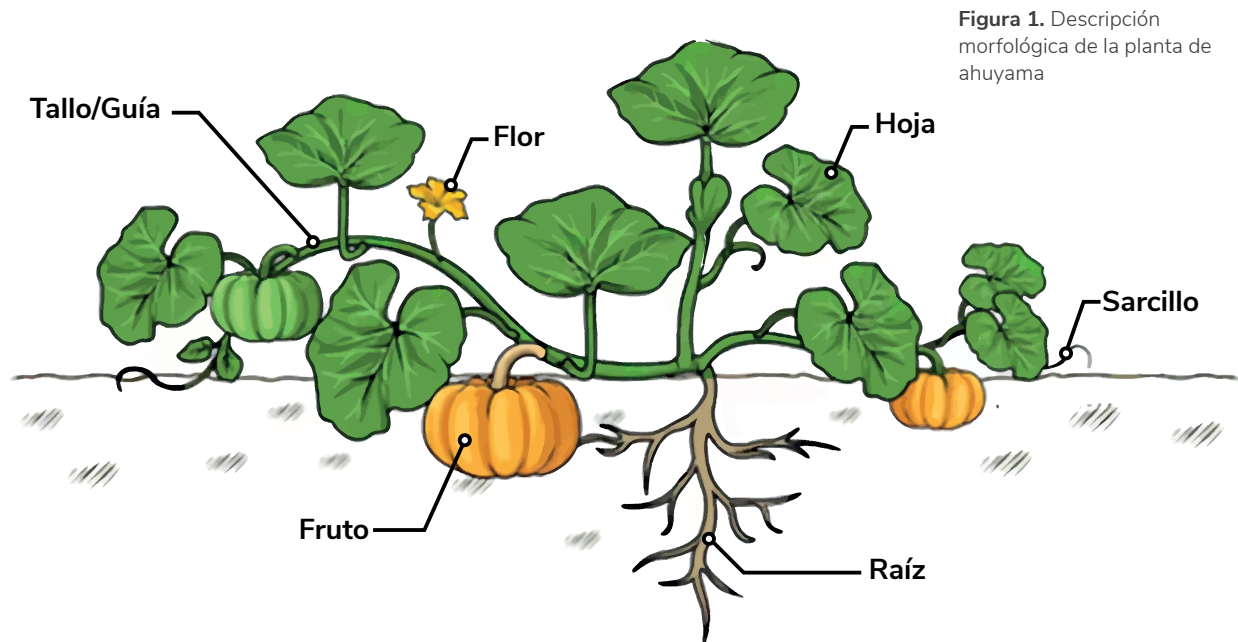


Figura 1. Descripción morfológica de la planta de ahuyama

Fuente: <https://www.freepik.es>, 2024).

La ahuyama pertenece a la clase Magnoliopsida, orden Violales, familia Cucurbitaceae, subfamilia Cucurbitoideae, género Cucurbita; las especies relacionadas son *Cucurbita maxima* D. y *Cucurbita moschata* D. (Velázquez, 2016).

El Caribe colombiano se considera como el epicentro de *C. moschata* y *C. maxima*, conocidas como ahuyamas en esta región, mientras que en el interior se conocen como zapallos (Kates et al., 2017).

La ahuyama es propia de climas cálidos y medios. Aunque se adapta bien a una gran variedad de suelos, su mejor comportamiento se muestra en aquellos de origen aluvial, ricos en materia orgánica, con buen drenaje y un

pH entre 5,5 y 6,5. Los requerimientos hídricos llegan a 350-450 mm por ciclo del cultivo (Agrosavia, 2019).

1.1. Antecedentes

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*C. maxima* y *C. moschata* y sus híbridos) para el mercado nacional, escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA, fortalecer el desarrollo de políticas del sector, priorizar la consolidación de posibles núcleos productivos y orientar inversiones a escala nacional o regional; es decir, la zonificación es parte del proceso de planificación agrícola y constituye una herramienta de carácter indicativo para la toma de decisiones.

La identificación de zonas aptas para el cultivo de ahuyama en Colombia a escala 1:100.000, fortalece el desarrollo de políticas para el sector agrícola, orienta la planificación rural agropecuaria, la gestión del suelo rural agropecuario y el ordenamiento territorial.

Es una herramienta de carácter indicativo que considera la totalidad del territorio colombiano; identifica posibles núcleos productivos; y señala áreas de referencia en instrumentos de planificación y gestión del suelo rural agropecuario. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o de reglamentación de uso del suelo; y tampoco aplica para la toma de decisiones que impacten aspectos económicos, instrumentos financieros y crediticios, o de planificación a nivel predial.

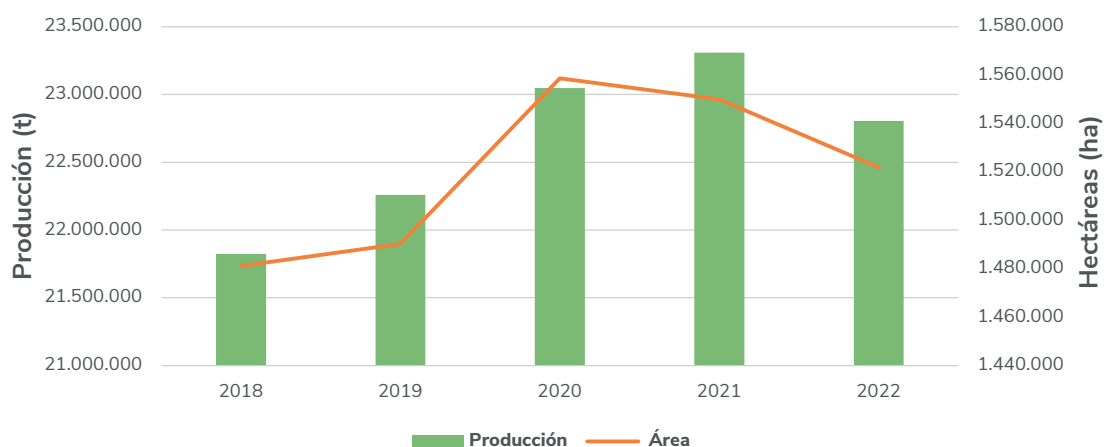
El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama para el mercado nacional, escala 1:100.000, toma como base para su elaboración, la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene

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, mediante un proceso sistemático que facilite esta labor.

1.2 Contextos mundial y nacional

Para el año 2022, la producción mundial de ahuyama se acercó a 22,8 millones de toneladas cosechadas en 1,5 millones de hectáreas (figura 2). China, Ucrania y Rusia lideraron la producción con 7,3; 1,1 y 1,0 millones de toneladas; no obstante, China concentró el 32,1 % de la producción mundial. Este cultivo se reporta en 124 países, de los cuales Colombia ocupó el puesto 30 (FAO, 2024).

Figura 2. Producción (toneladas) y área cosechada (hectáreas) del cultivo de ahuyama en el mundo. Periodo 2018-2022



Fuente: (FAO, 2024).

La mayor área cosechada para el 2022 la registró China con 396.100 hectáreas, seguida por Camerún con 152.400. China reportó ren-

dimientos cercanos a 50 t/ha, siendo este de los más altos del mundo frente a 14,9 t/ha de promedio mundial (FAO, 2024).

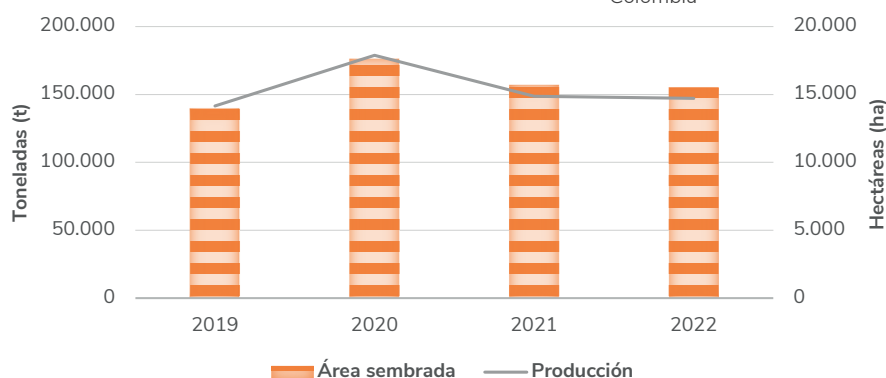
De acuerdo con FAO, para el 2022 las exportaciones mundiales fueron de 1,6 Mt; México fue el mayor exportador con 521.800 toneladas, seguido de España con 400.200 y Turquía con 104.100 (FAO, 2024). Por otro lado, las importaciones para el mismo año fueron de 1,7 millones de toneladas, lideradas por Estados Unidos con 520.500 toneladas, seguido por Francia y Alemania con 162.500 y 114.800 (FAO, 2023).

Para el 2022 en Colombia el área sembrada de ahuyama se estimó en 15.541 hectáreas y una producción de 147.133 toneladas; el cultivo es habitual de economía campesina, como cultivo principal, transitorio o en sistemas intercalados y de rotación con frutales, ornamentales y forestales (Agrosavia, 2019).

La figura 3 muestra el área sembrada y la producción nacional en el periodo de 2019 a 2022, con máximos para el año 2020 (UPRA, 2023).

La región Caribe concentró más del 50 % de la producción nacional, liderada por el departamento de Bolívar con un promedio para el periodo analizado de 30.436 toneladas, seguido de La Guajira con 18.875 toneladas, Cesar con 16.851 toneladas y Magdalena con 16.148 toneladas. El departamento del Meta ocupó el quinto puesto con 755 hectáreas y 10.875 toneladas, seguido por Valle del Cauca, con 8.510 toneladas en 529 hectáreas (UPRA, 2023).

Figura 3. Área sembrada (ha) y producción (t) del cultivo de ahuyama en el periodo 2019-2022 en Colombia



Fuente: (UPRA, 2023)

Valle del Cauca presentó el mejor rendimiento con un máximo de 17 t/ha, seguidos por Meta con 15,4; Bolívar con 11,2; La Guajira, Cesar y Magdalena se ubicaron en 7,6; 11,4 y 8,7 t/ha (UPRA, 2023).

De otra parte, las exportaciones de ahuyama desde Colombia, bajo la partida arancelaria 0709930000, representaron ingresos FOB por 235.000 dólares estadounidenses anuales (Legiscomex, 2024), con un volumen total de 550 toneladas para el año 2023 (tabla 1). Colombia no importa ahuyama, lo que generó una balanza comercial positiva.

Tabla 1 Exportaciones de ahuyama desde Colombia. Periodo 2019-2023

Importadores	Cantidad exportada en toneladas				
	2019	2020	2021	2022	2023
Mundo	407	519	424	334	275
Curazao	225	304	230	182	175
Aruba	107	215	163	152	81
Países bajos	75		31		19

Fuente: (Legiscomex, 2024).

En Colombia no existe en la actualidad la cadena de ahuyama de forma particular, esta se incluye dentro de la cadena de hortalizas a nivel nacional.

A photograph of a person wearing a white hard hat and a dark jacket, crouching in a field of large green leaves. They are holding a large, ripe orange pumpkin. The background shows a blue netting structure. The image has rounded corners and is set against a white background with a green bar at the bottom.

02

**Marco
conceptual**

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en un 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. Esto se debe a que aumentan 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 principal para la dinámica económica del país.

El modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la UPRA parte de un enfoque multidisciplinario que considera para su aplicación los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras en lo referente a la definición y evaluación de la aptitud, adicionándole dos aspectos fundamentales: la integración de los componentes biofísico y socioeconómico. Estos no solo enmarcan las características particulares de un tipo de utilización de tierras desde el punto de vista de la productividad (a partir de los criterios edafoclimáticos que considera el esquema de la FAO), sino que también lo fortalece a partir de la incorporación de criterios de competitividad y sostenibilidad, mediante la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionales (figura 4).

La zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos) se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para su producción, como base para el desarrollo técnico, ambiental y competitivo de esta actividad productiva en Colombia, 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.

Figura 4. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas



Fuente: UPRA (2014).

Para la integración de los componentes, la zonificación emplea un proceso analítico jerárquico como técnica de análisis multicriterio denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP), el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas para el uso del suelo. Este proceso de planificación incluye la participación de diversos actores quienes asignan una calificación a partir de diferentes criterios y de allí se registran los datos en el programa estadístico *Priorty Estimation Tool* (PriEst) para asignar pesos ponderados 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.



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

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

El proceso 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 determinar, mediante el 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 ahuyama, se han precisado algunas características 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 objetivo de la perspectiva socioecosistémica es establecer en el desarrollo productivo estrategias de gestión que consideren la dinámica natural de los ecosistemas; las interacciones sociedad-naturaleza; el uso sostenible de bienes y servicios ecosistémicos; y el mantenimiento de la integridad ecológica como aportantes a la productividad y la competitividad del sistema, en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012; Martín-López et al., 2009, citado por UPRA, 2014).

Desde los criterios socioecosistémicos, 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 se define por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio que otros productores domésticos e internacionales

(Porter, 1980), constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario toda vez que es la condición de viabilidad de los productos en el mercado y genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

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

A continuación, se sintetizan algunos de los lineamientos que Rossiter (2009) plantea contemplar en una evaluación de tierras y que representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas (tabla 2).

Tabla 2. Principios de la evaluación de tierras

Considera para la zonificación de una cadena productiva un enfoque multidisciplinario y sectorial.
Aplica 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.
Define la sostenibilidad de manera amplia para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
Valora la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.

Fuente: Rossiter (2009).

The background of the slide is a photograph of lush green foliage. Large, heart-shaped leaves with prominent veins are visible, along with a small yellow flower in the upper right corner. The image is framed with rounded corners. A solid green rectangular bar is positioned at the bottom right of the slide.

03

**Marco
metodológico**



La zonificación de aptitud para el cultivo de *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos para el mercado nacional en Colombia a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del «Esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque por etapas paralelas de integración y análisis de los componentes físico, socioeconómico y ecológico, propuesto en el *Framework for Land Evaluation* (FAO, 2007).

La evaluación de tierras consiste en la determinación del grado de satisfacción de los requerimientos de cada tipo de uso o actividad proporcionado por el suelo. El proceso central de este esquema es la comparación de las cualidades de cada unidad de tierra con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo mediante diversos procedimientos descritos en publicaciones posteriores (FAO, 1976).

A partir del enfoque de la FAO (1976), en la presente zonificación de aptitud, se incluyó otro tipo de técnicas frecuentemente empleadas para determinar el emplazamiento óptimo para una actividad como lo son los métodos de evaluación multicriterio, los cuales permiten también la obtención de mapas de aptitud.

La evaluación multicriterio es un método que se ha diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios, considerando un criterio como la base para una decisión que puede medirse o evaluarse; los criterios pueden ser de dos tipos: factores y restricciones, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración, mientras que 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 objetivo principal de la evaluación multicriterio es proporcionar 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 se determina si existe o no la restricción o no, lo que admite dos calificaciones; sí o no. Por otra parte, en el caso de factores, se utiliza generalmente la suma lineal ponderada en la que los factores son combinados aplicando un peso a cada uno seguido por una sumatoria de los resultados para así obtener el mapa de aptitud (Eastman et al., 1995).

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

Un criterio es el atributo complejo (conjunto de variables) que agrupa las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre su 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 utilizan 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:

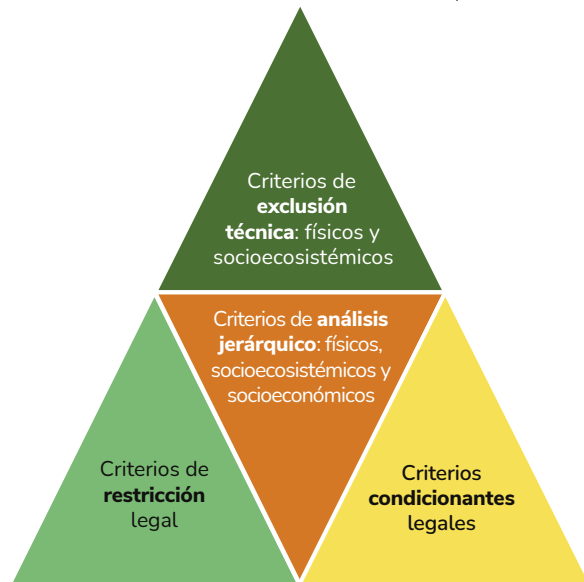
- **Criterios de análisis jerárquico:** Factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud del cultivo de ahuyama en el mercado nacional.
- **Criterios de exclusión técnica:** Zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo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

mentario de tipo social, cultural, ambiental o de bioseguridad para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

En la figura 5 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

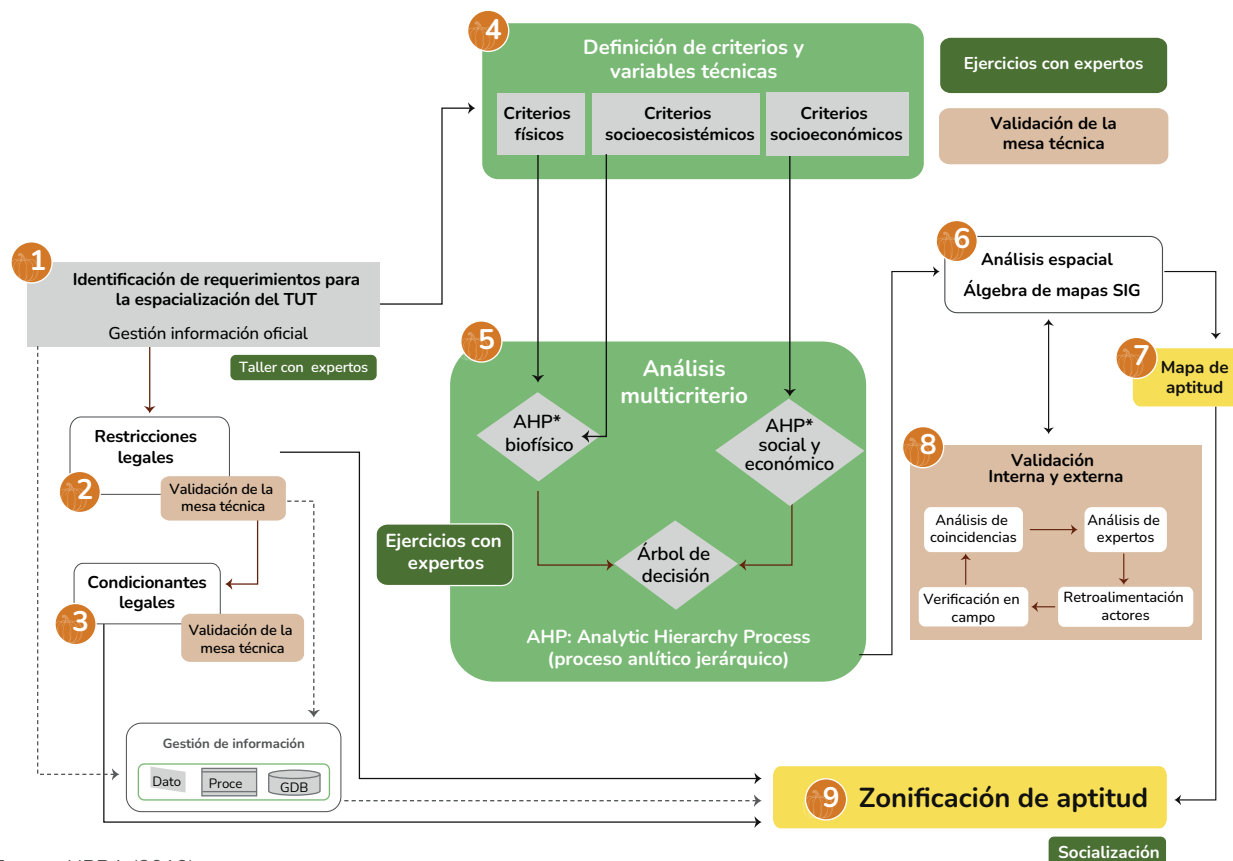
A continuación, se expone cada uno de los pasos del esquema metodológico de la zonificación de aptitud (figura 6); durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con organizaciones de productores de ahuyama y diferentes profesionales, quienes aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, y su importancia dentro de la zonificación de aptitud.

Figura 5. Criterios de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

Figura 6. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos)



Fuente: UPRA (2019).

Seguidamente, se define cada etapa que conforma la metodología de las zonificaciones de aptitud.

- **Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT):** Se definió el tipo de uso de la tierra objeto de la zonificación, con base en los requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos. Así mismo, se determinaron los criterios y las variables objeto de la cartografía.
- **Identificación de restricciones legales:** Con base en la normativa vigente asociada, principalmente al componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que excluyeron la actividad productora.
- **Identificación de condicionantes legales:** Con base en la normativa vigente asociada, principalmente al componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que determinan la actividad productora.
- **Definición y selección de criterios y variables técnicas:** Según el TUT planeado, se seleccionaron los criterios y variables para realizar la zonificación, listado concertado con los expertos.
- **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 un árbol de decisión, denominado *matriz de paso*.
- **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/estandariza-

ción 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 ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos).

- **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 ahuyama en el mercado nacional, sino también los resultados en el orden departamental y municipal.
- **Validación de resultados:** Se socializaron los resultados de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de ahuyama 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 *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos, con las respectivas estadísticas en el orden nacional, departamental y municipal.

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

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

El TUT 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 ahuyama 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 calificables o cuantificables en el país, o que sirven para delimitar las opciones de uso de la tierra.

El tipo de utilización de la tierra (TUT) evaluado en el presente documento corresponde a: «Cultivo de ahuyama o zapallo (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos) para el mercado nacional».

Para obtener el TUT para el cultivo de *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos se consideraron los tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, con los criterios y variables para cada uno de ellos.

3.2 Criterios de análisis jerárquico

Los criterios de análisis jerárquicos se entienden como factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, donde un factor es un

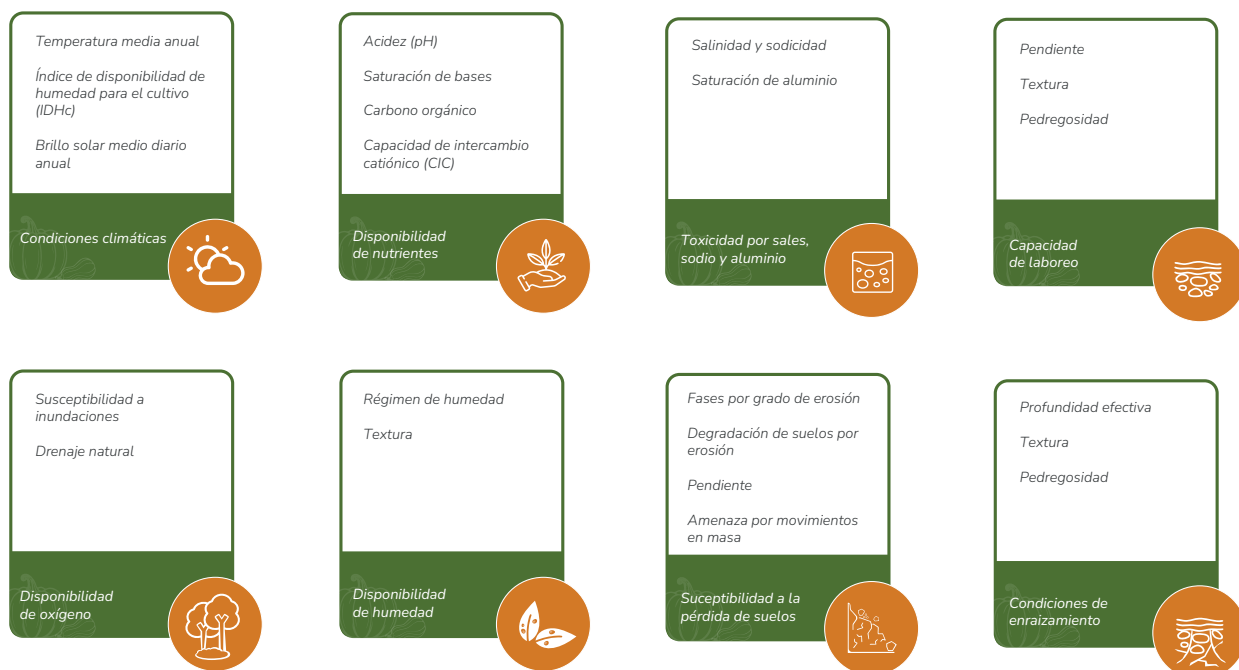
criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción de ahuyama.

A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que generan la aptitud para el cultivo de ahuyama de las especies *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos en Colombia para el mercado nacional a escala 1:100.000, cuya información relacionada con la definición, importancia, rangos de evaluación, limitantes, metodología utilizada para su procesamiento, representación cartográfica y las fuentes de información, se encuentra relacionada en las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico, anexo al presente documento.

3.2.1 Componente físico

Los criterios físicos del territorio consideran los elementos del clima, que, junto con las características de los suelos y la geomorfología de una zona, interactúan dentro de unos rangos para definir el grado de aptitud del área a cultivar. Para el cultivo de ahuyama se definieron ocho criterios y 23 variables (figura 7).

Figura 7. Criterios y variables del componente físico



Fuente: Elaboración propia.

Subcomponente climático: Para la zonificación de aptitud, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en el desarrollo agronómico de la ahuyama tales

como la temperatura, el índice de disponibilidad de humedad para el cultivo y el brillo solar (tabla 3).

Tabla 3. Definición de criterios y variables del componente físico, subcomponente climático

Criterio	Descripción de variables
Condiciones climáticas: Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, y que afectan directamente la fisiología de las plantas (Agrosavia, Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana, 2019).	Temperatura media anual: Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de transmitir calor a su alrededor; depende principalmente de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados.
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc): Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo.
	Brillo solar medio diario anual: La cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre.

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 ahuyama requiere condiciones óptimas para su siembra,

establecimiento, desarrollo y producción, donde las principales cualidades están referidas a la disponibilidad de nutrientes; la capacidad de laboreo; las condiciones de enraizamiento y la disponibilidad de humedad (tabla 4).

Tabla 4. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Descripción de variables
Disponibilidad de nutrientes: Cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades balanceadas y apropiadas para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961). Considera las relaciones químicas en la zona radicular de las plantas, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas.	Acidez (pH): La acidez, pH o «reacción del suelo» es la designación numérica expresada como pH. Con esta notación, un pH 7 es neutral. Valores inferiores a 7 indican acidez y los valores más altos indican alcalinidad (USDA, 1961).
	Saturación de bases: Relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de la base varía según si la capacidad de intercambio catiónico incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez 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, animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón).
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC): De acuerdo con Chapman (Malgón, 1995), los cationes retenidos en la superficie de los 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, 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 compuesto para causar daños temporales o de larga duración a las plantas. El daño puede ser general o limitado a determinadas especies o variedades de plantas.	Salinidad y sodicidad: Contenido alto de sales solubles y sodio intercambiable en el suelo. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de ahuyama.

Criterio	Descripción de variables
	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. 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.
Capacidad de laboreo: Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados, y con unas condiciones que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas).	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 con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).
Disponibilidad de oxígeno: Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros del suelo permiten la libre circulación del CO ₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, determinando condiciones de vida aeróbicas.	Susceptibilidad a inundaciones: Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas. Drenaje natural: Rapidez y el grado de remoción de agua del suelo por la escurritía y el flujo a través del suelo 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 la mayoría de las plantas mesófilas.
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.	Textura: Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la «fracción 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 a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado originando una disminución de la productividad (FAO, 1976).	Fases por grado 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 (USDA, 1961). Degradación de suelos por erosión: Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). Pendiente: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). Amenaza por movimientos en masa: Peligro latente de movimientos en masa de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Servicio Geológico Colombiano, 2016).
Condiciones de enraizamiento: Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo del sistema radicular de las plantas de ahuyama.	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 la profundidad del perfil del suelo que es favorable para 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 con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Componente socioecosistémico

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

Este componente 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 determinada. Por esta razón, la zonificación establece desde este componente una estrecha relación con el potencial de uso del cultivo, sin que esta actividad represente un deterioro frente a los intereses de protección y conservación de la biodiversidad.

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

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

Dentro del componente se evaluaron seis criterios, representados por doce variables que se describen en la figura 8 y la tabla 5.

Figura 8. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 5. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Variables
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 (McArthur y Wilson, 1967, Tischendorf y Fahrig, 2000; Correa, 2009). 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.
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): Establece zonas donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC), o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (AC). De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS).
	Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales: En general, la variable se basa en la evaluación del estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, con el fin de identificar áreas que hacen parte de la estructura ecológica principal, que deben preservarse, conservarse y restaurarse, debido a que brindan una capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población, basados en la reclasificación de las áreas evaluadas en el trabajo de Etter et al. (2017).



Criterio	Variables
Potencial de polinización natural por himenópteros: Se ha considerado que las abejas son los principales polinizadores (Cardinal y Danforth, 2013), y estas dependen de las recompensas florales (néctar) en todas sus etapas de vida (Ramello et al., 2024). <i>Apis mellifera</i> L., es el polinizador más extendido; sin embargo, no es necesariamente el mejor para una gran variedad de cultivos (Osterman et al., 2021). Por ejemplo, Serra y Campos (2010) señalan que para <i>Cucurbita maxima</i>, <i>A. mellifera</i> no es el mejor polinizador, pero contribuye en la producción de frutos y mejora el rendimiento del cultivo.	Oferta floral natural y cultivada: Evalúa el potencial de flora natural y flora cultivada que puede ser atrayente para los polinizadores, dada la importancia de la identificación de especies vegetales y los recursos que estas proporcionan para la producción de miel y otros productos apícolas (Velandia et al., 2012).
	Distribución geográfica de polinizadores: Define aquellas zonas donde se puede presentar una alta presencia de <i>Apis mellifera</i> y especies de <i>Bombus</i>, <i>Xylocopa</i> o abejas de la tribu <i>Meliponini</i>, consideradas como los polinizadores nativos más importantes y frecuentes en Colombia (Nates-Parra, 2016) y a una alta probabilidad de uso común de recursos alimenticios provenientes de especies de plantas nativas y cultivadas.
	Áreas de alta presión sobre los polinizadores: Define aquellas zonas en las cuales se presentan aspectos críticos que amenazan las poblaciones de abejas polinizadoras y, en consecuencia, la prestación del servicio ecosistémico de polinización a una región determinada.
	La variable espacializa aquellas áreas con mayor y menor favorabilidad para el desarrollo de las abejas, en relación con factores de estrés antrópicos asociados a cambios del uso del suelo donde se presenta alta utilización de agroquímicos en sistemas agrícolas con predominio de monocultivos y agricultura de alto impacto, cercanía a áreas urbanas y muy transformadas por la acción humana las cuales limitan sitios de nidificación y de vegetación que provea alimento a las abejas, y factores de estrés asociados a condiciones geográficas que limitan la actividad del apiario.
	Aptitud <i>Apis mellifera</i>: Corresponde a las áreas con aptitud potencial para el establecimiento de la producción apícola de <i>Apis mellifera</i>. Dichas áreas corresponden al mapa integrado biofísico elaborado por la UPRA en la Zonificación de aptitud para la producción comercial apícola en el cual se consideran las diferentes variables y criterios de los componentes físico y socioecosistémico. De acuerdo con Agüero et al. (2018), <i>A. mellifera</i> se considera como una de las principales especies invasoras en sistemas mutualistas de polinización, dado que alcanza abundancias superiores en comparación con otros visitantes florales (Aizen et al., 2014).
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 ahuyama tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de las plantas. En el balance hídrico de la cuenca una parte del agua captada por las plantas queda contenida en la biomasa, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento de agua), y otra parte se pierde bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento o por vías evapotranspiración de los cultivos.	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, es decir, para esta variable no se tiene en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos (UPRA, 2016).
	Diferencia de uso del agua: Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda de los cultivos de ahuyama, tanto para su crecimiento, como para materia prima para el sustento del cultivo. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa aérea o por vía de evapotranspiración desde el cultivo.
Variación del contenido estimado de carbono: Contempla el balance entre el contenido de carbono de la biomasa aérea y subterránea de la cobertura vegetal frente al potencial de cambio debido al establecimiento de cultivos de ahuyama, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016).	

Criterio	Variables
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios: La susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal se define como las características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego.	Condiciones de pirogenicidad de las coberturas: Define que tan probable es que un determinado tipo de cobertura vegetal pueda encenderse dada su capacidad de ignición. Las características de combustibilidad de una determinada cobertura están dadas por tres parámetros fundamentales, los cuales son: • Tipo de combustible (Tc): Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica, teniendo en cuenta que los combustibles vegetales son cualquier material vegetal vivo o muerto que puede entrar en combustión al aplicársele calor. • Duración del material combustible (Dc): Evalúa el tiempo en el cual un tipo de combustible en particular puede estar en estado de ignición. • Carga de combustible (Cc): Califica la cantidad de biomasa combustible que la vegetación tiene en un área definida.
	Influencia del fuego sobre los ecosistemas (If): De acuerdo con TNC (2006), citado por Páramo e Ideam (2011), «Los ecosistemas pueden ser descritos en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego». Por lo general, los ecosistemas y los principales tipos de hábitat pueden clasificarse como pertenecientes a categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes, influidos por el fuego, sensibles o independientes del fuego, o como no combustibles.
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.	
Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura producido por el establecimiento del cultivo de ahuyama, definiendo la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios de grado de antropización y transformación de las coberturas, importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características y la importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Componente socioeconómico

El tercer componente de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama es el socioeconómico, el cual comprende ocho criterios, respaldados en 33 variables. En componente agrupa la información en dos grandes temas: el primero, orientado a identificar las condiciones propicias para un ambiente competitivo, mientras que el segundo, analiza el contexto social del territorio.

La competitividad es la capacidad para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio frente a otros productores

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

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

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos), la competitividad se expresa como la capacidad de una región para generar las condiciones que promuevan el desarrollo sostenido de la producción; con ello, es posible mejorar de forma continua las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los productores de la hortaliza.

Es un cultivo que hace parte de la agricultura familiar, esta producción es la base de la alimentación de la familia, y cuando genera excedentes, estos se llevan a mercados locales para obtener ingresos adicionales.

Con fundamento en la definición planteada, la competitividad en el cultivo de ahuyama implica un proceso que considera los requerimientos multidimensionales para desarrollar su producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales que conducen a la competitividad y, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades.

En la Figura 9 y la Tabla 6 se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 9. Criterios y variables de componente socioeconómico



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Definición de criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Variables
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. Siendo aquellos, los que pueden ser utilizados por muchas personas simultáneamente sin que el consumo de uno afecte el de otro. Estos bienes son fundamentales para el desarrollo económico y social.	Centros mayoristas: Son establecimientos comerciales que compran y venden grandes volúmenes de mercancías a precios reducidos, principalmente a minoristas y comerciantes. Su función principal es actuar como intermediarios en la cadena de suministro, facilitando el acceso a una amplia variedad de productos. Los centros mayoristas son cruciales para el comercio, promoviendo la eficiencia en la distribución y la accesibilidad a productos en el mercado. Centros de servicios: Áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo de ahuyama. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes. Conectividad terrestre y fluvial: Se refiere a la capacidad de conexión y acceso que tienen diferentes áreas mediante redes de transporte y vías fluviales. Esta conectividad es crucial para la movilidad de personas y mercancías, y para el desarrollo económico y social de una región. La conectividad terrestre se refiere a la red de infraestructuras que facilita el transporte por tierra. Incluye todos los caminos y rutas que permiten el movimiento de vehículos, personas y mercancías, mientras que la conectividad fluvial se refiere a la red de vías navegables que permite el transporte de bienes y personas a través de ríos, canales y otros cuerpos de agua. Es especialmente importante en regiones donde el transporte terrestre es menos viable o más costoso. Cobertura de internet móvil: Se refiere a la extensión geográfica en la que los usuarios pueden acceder a servicios de internet a través de redes móviles, como 3G, 4G LTE, y 5G. La cobertura puede variar significativamente dependiendo de varios factores y tiene un impacto importante en la conectividad y el acceso a la información para las personas y las empresas.
Infraestructura productiva: Conjunto de bienes y recursos ubicados dentro de una región, que se articulan en busca de aumentar la productividad y competitividad de los emprendimientos productivos, mejorando así las condiciones de los habitantes de la zona. En el caso del cultivo de ahuyama, esto se entiende como la facilidad para la producción, que incluye infraestructura adecuada, acceso a tecnología, capacitación de los productores, y redes de distribución eficaces. Todo esto contribuye a optimizar el proceso productivo, aumentar la calidad del producto y asegurar un mercado estable, lo que a su vez promueve el desarrollo económico y social de la comunidad.	Existencia de cultivos: Corresponde a predios georreferenciados con presencia de cultivos de ahuyama 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. Producción municipal: Se considera como la producción municipal de ahuyama a los registros anuales de producción reportados en las evaluaciones agropecuarias (EVA), los cuales representan la dinámica productiva en un municipio respecto a este producto.
Asociatividad e institucionalidad: Presencia institucional del estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva de la ahuyama cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica condiciones internas y externas a la actividad productiva en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación de la actividad productiva.	Asociaciones de productores: Son organizaciones formadas por un grupo de productores que se unen para colaborar en la mejora de sus actividades económicas, compartir recursos, conocimientos, y alcanzar objetivos comunes. Sus miembros incluyen pequeños agricultores, agricultores familiares y productores rurales. Estas asociaciones pueden incluir agricultores, ganaderos, pescadores, artesanos, y otros tipos de productores. 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 otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación (artículo 33, Ley 1876 de 2017).

Criterio	Variables
	Gremio: Asohofrucol es la organización gremial y agroempresarial que representa los intereses de los productores colombianos de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos, plantas aromáticas, especias o medicinales; adicionalmente tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal y administra el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH). Agrosavia: Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario. ICA: Sedes de la entidad oficial, cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional y aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias.
Dinámica del mercado de tierras: Se analizan las características de los predios en relación con la dinámica del uso de la tierra, utilizando variables que permiten entender tanto la capacidad como las limitaciones del acceso a la tierra para la producción de ahuyama. Esto incluye el tamaño de los terrenos, las condiciones de arrendamiento y los precios de los predios, empleando el avalúo catastral como un indicador de tendencias y formalidad. El objetivo es identificar áreas clave para focalizar posibles inversiones en el desarrollo de esta actividad. El mercado de tierras rurales se entiende como «el conjunto de transacciones o acuerdos libres de coerción, mediante las cuales se realiza el intercambio parcial o total sobre alguno o algunos de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios que no han sido objeto de exclusiones legales» (Resolución 128, MinAgricultura, 2017).	Tamaño predial: Superficie de terreno en rangos de tamaños prediales definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad para la producción de ahuyama y las dimensiones consideradas apropiadas para una productividad competitiva. Para efectos de la zonificación, 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 pesos hectárea/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, 2011). Esta variable se utiliza como un <i>proxi</i> del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de esta información a nivel nacional. 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).
Disponibilidad mano de obra: Se refiere a la cantidad de trabajadores disponibles y la posibilidad de cualificación de estos para la realización de labores agrícolas y de producción primaria en las áreas rurales. Identifica la disponibilidad de mano de obra en los municipios, con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) en las zonas rurales y a los requerimientos de mano de obra para la producción de ahuyama. Señala además las áreas donde se constata mayor participación de la mano de obra familiar en la producción agropecuaria (>50 % del total de trabajadores permanentes), denotando la disponibilidad de mano de obra en la unidad productiva. Evalúa también la cercanía en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas; ya sea a nivel universitario, técnico, tecnológico o de educación no formal.	Mano de obra familiar, campesina y comunitaria: Identifica las zonas agropecuarias donde la mano de obra empleada pertenece en mayor medida al hogar del productor (>50 % del total de empleos permanentes); señalando la disponibilidad inmediata de la mano de obra para cubrir los requerimientos en el cultivo de ahuyama. Densidad de población 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 del cultivo de ahuyama de acuerdo con el cálculo de jornales diarios promedio necesarios por hectárea en un ciclo de producción. 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 2023. Oferta educativa: Se evalúa la proximidad en tiempo de desplazamiento a los programas de educación técnica, tecnológica y universitaria vinculados a la producción de ahuyama. Esto permite evidenciar la accesibilidad a la capacitación para la población y la oportunidad de fortalecer la competitividad del sector en el territorio.

Criterio	Variables
Condiciones de vida: Muestra el porcentaje de hogares del área rural municipal privados en ciertas características o dimensiones que se consideran vitales. Mide el grado de privación en las dimensiones que abarca la medición de la pobreza multi-dimensional, a través de datos censales, con indicadores municipales que permiten determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad de esta.	Dimensión condiciones de salud: Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada como las barreras de acceso a este servicio y privaciones en aseguramiento en salud • Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapeuta o institución de salud. • Privación por falta de aseguramiento en salud: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no se encuentra asegurada en salud, es decir presenta alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación: desafiado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX). Dimensión condiciones de 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 informal: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un ocupado sin afiliación a pensiones. Dimensión de condiciones de niñez y juventud: Porcentaje de hogares de las zonas rurales con privaciones combinadas en las variables barreras de acceso a servicios para cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, inasistencia y rezago escolar: • Privación por inasistencia escolar: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa. • Privación por rezago escolar: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior a la norma nacional). • Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño de 0 a 5 años sin acceso a todos los servicios de cuidado integral (salud y cuidado). • Privación por trabajo infantil: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 12 y 17 años trabajando. Dimensión condiciones educativas: Porcentaje de hogares de los centros poblados y rurales dispersos, con privaciones combinadas en las variables analfabetismo y bajo logro educativo: • Privación por bajo logro educativo: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es menor a 9 años de educación. • Privación por analfabetismo: Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar en el que hay, al menos, una persona de 15 años y más que no sabe leer y escribir. Dimensión condiciones de vivienda y servicios públicos: Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y a través 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.

Criterio	Variables
	• <i>Privación por inadecuada eliminación de excretas:</i> Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar rural que no cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tienen servicio sanitario. • <i>Privación por material inadecuado de pisos:</i> Una persona se considera privada, si pertenece a un hogar, cuya vivienda cuenta con pisos de tierra, arena, barro. • <i>Privación por material inadecuado de paredes exteriores:</i> 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.
Indicadores económicos: Señala los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo en el cultivo de ahuyama, y que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades agrícolas. Así mismo, destaca aquellos municipios con incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo) y con mejor desempeño en la gestión de recursos y obtención de resultados, de acuerdo con la medición desempeño municipal que elaboró el DNP para el año 2022.	<i>Valor agregado agrícola municipal:</i> 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 para el año 2022). <i>Medición desempeño municipal del DNP:</i> Muestra la medición del desempeño municipal que hace el Departamento Nacional de Planeación (DNP) para el año 2022, comparando la capacidad de gestión y de generación de resultados de desarrollo de las entidades territoriales. Los resultados de desarrollo se miden en términos del aumento de la calidad de vida de la población, con indicadores en educación, salud, seguridad y servicios públicos (DNP 2022). <i>Créditos otorgados:</i> Clasifica los municipios según si hay registro de créditos otorgados para las actividades agropecuarias que están direccionados a personas naturales o jurídicas, para construir o mejorar los procesos de siembra y producción de comercialización ahuyama, colocados en condiciones preferenciales de Finagro, a través de la banca comercial, que son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés, respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG). Para esta medición se tuvo en cuenta la sumatoria de los valores de 2022, desde el año 2020 hasta el 2023, a nivel municipal <i>Seguros agropecuarios:</i> Municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción de ahuyama, 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). <i>Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac):</i> Estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 2017. <i>Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET):</i> 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.
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 de delito (CIDH, 2009).	<i>Homicidios rurales:</i> La palabra homicidio deriva del vocablo latino <i>homicidium</i> y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. El homicidio se puede definir como «Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional (culpabilidad)» (INMLCF, 2008). <i>Extorsiones rurales:</i> Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial; está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero.» Ley 906 de 2004 (Congreso de la República de Colombia, 2004).



Criterio	Variables
	Hurtos rurales: De acuerdo con el código penal colombiano, es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. También se conoce como robo. Se considera hurto calificado cuando se comete con violencia sobre las cosas, colocando a la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad o aprovechándose de tales condiciones, mediante penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en lugar habitado o en sus dependencias inmediatas, aunque allí no se encuentren sus moradores, con escalamiento, o con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar, violando o superando seguridades electrónicas u otras semejantes (Ponal, 2020). Secuestros rurales: Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada, o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo (Ley 599, Congreso de la república de Colombia, 2000) (artículo 168).

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la evaluación de tierras del cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos), se tomaron como re-

ferencia las categorías que la UPRA ha utilizado en las zonificaciones de aptitud, las cuales corresponden a categorías de aptitud: *aptitud alta* (A1), *aptitud media* (A2), *aptitud baja* (A3) y *no apto* (N1). Asimismo, se tienen en cuenta las categorías de restricciones legales y condicionantes legales (tabla 7).

Tabla 7. Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama

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

Fuente: UPRA (2014).



3.3.1 Rangos de criterios y variables del componente físico

Desde el componente físico se definieron los rangos de aptitud, diferenciando los de aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y los de aptitud

baja (A3), así como las exclusiones técnicas (N1) donde, dados los requerimientos específicos para cultivo de ahuyama, se puede llegar a presentar restricciones que imposibilitan el desarrollo de la actividad. En la tabla 8 se registran dichos rangos de aptitud para calificar el componente físico.

Tabla 8. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico para el cultivo de ahuyama

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Climático	Condiciones Climáticas	Temperatura media anual	Grados centígrados (°C)	22-30	18-22 y > 30	14-18	< 14
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Índice entre 0 y 1	> 0,760	0,621-0,760	0,401-0,621	< 0,401
		Brillo solar medio diario anual	Horas/ sol/día	> 5	4-5	< 4	-
Edáfico	Disponibilidad de nutrientes	Acidez	pH	> 5,0-< 6,5	4,5-5,0 y 6,5-7,5	< 4,5 y > 7,5	-
		Saturación de bases	Porcentaje	≥ 35	10-35	< 10	-
		Carbono orgánico	Porcentaje	> 0,5-< 7,6	0,2-0,5 y > 7,6	< 0,2	Histosoles
		Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg	≥ 20	10-20	< 10	-
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad	Conductividad (ds/m)	< 2,5	2,5-4,0	> 4,0	-
		Sodicidad	Porcentaje de saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (no sódico)	-	-	> 15 (sódico, salino sódico)
		Saturación de aluminio	Porcentaje	≤ 60 (Andisoles)	60-90	> 90	-
	Capacidad de laboreo	Pendiente	Porcentaje	< 12	12-25	25-75	> 75
		Textura	Clase textural	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	-
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Clase por duración	No hay	Cortas	Largas, muy largas	-
		Drenaje natural	Clase de drenaje	Bueno	Imperfecto, moderado, moderadamente excesivo	Pobre, excesivo	Muy pobre

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Clases de régimen de humedad	Údico, perúdico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
		Textura	Clase textural	F, FL, FAr, FArA, FArL, ArA, ArL	L, FA, Ar	A, AF	-
	Susceptibilidad pérdida del suelo	Erosión actual IGAC	Grado	No hay	Ligera	Moderada	Severa
		Erosión actual Ideam	Grado	No hay, ligera	Moderada	Severa	Muy severa
		Movimientos en masa SGC	Susceptibilidad	Baja	Alta	Muy alta	-
		Factor LS	Adimensional	< 5	5-15	> 15	-
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	Centímetros (cm)	Profundo, moderadamente profundo (> 50), Superficial (25-50)	-	Muy superficial (0-25), Lithic	Petrocalcic, petrogypsic, petroferric
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr, ArA	A, AF, L, ArL	Ar	-
		Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase cartográfica de pedregosidad	Con fase cartográfica de pedregosidad	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Rangos de 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 pueden establecerse cultivos de ahuyama.
- La segunda, Ecosistemas estratégicos, considera los ecosistemas de manglares y bosques secos como zonas de importancia ambiental, priorizadas para su protección y conservación, debido a su importancia ecosistémica o a su nivel de amenaza; por lo tanto, estas zonas son incompatibles con cultivos de ahuyama.
- 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 (Cabrera et al., 2011); no podrán ser objeto de actividades agrícolas, según lo estipulado en el acuerdo de París de la COP 21. Se toma 2010 como fecha



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

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

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

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

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

Criterio	Variable	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural por unidad de cobertura	Conectividad baja > 17.000.000. Mayor número de parches; menor tamaño medio de los parches; mayor dimensión fractal media del parche (> 1,45); parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media 0-17.000.000. Menor número de parches; moderado tamaño medio de los parches; moderada dimensión fractal media del parche (1,41-1,45); parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta 0. Parches asociados a coberturas naturales; mayor tamaño medio de los parches; menor dimensión fractal media del parche (< 1,41); parches largos con mayor complejidad de forma	-
	Índice de naturalidad (INAT)	Porcentaje (%)	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)	Categorías de concentración de especies sensibles.	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles. -Áreas sin identificación o baja presencia de APC. Ausencia de AICAS. -Áreas sin importancia para especies migratorias. > 2,333	Zonas de baja densidad de especies sensibles. -APC con alta presencia de especies sensibles. -Ausencia de AICAS. -Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias. 1,667-2,333	Zonas de Moderada, alta y muy alta densidad de especies. -APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. -Presencia de AICAS. -Áreas de importancia muy alta para especies migratorias. < 1,667	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
	Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	Calificación cualitativa del estado de conservación	Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Estado de conservación vulnerable (VU) y preocupación menor (LC)	Estado de conservación Crítico (CR) y en peligro (EN). Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas, morichales)	-
Potencial de polinización natural por himenópteros	Oferta floral natural y cultivada	Especies de flora natural y cultivada con potencial atractivo para polinizadores	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta una alta cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta mediana cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta baja cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada	Se dejan sin información Coberturas naturales y territorios artificializados, definidos como no agropecuarios
	Distribución geográfica de polinizadores	Promedio de probabilidad de presencia y distribución	Alta probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con alta competencia por recursos florales > 2,3	Moderada probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con moderada competencia por recursos florales 1,6-2,3	Baja probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con baja competencia por recursos florales < 1,6	-
	Áreas de alta presión sobre polinizadores	Variable categórica cualitativa	Cultivos agroforestales, pastos enmalezados, plantaciones y coberturas naturales y seminaturales. -Aspecto 240 y 360 grados, sin presencia de cuerpos de agua. -Corresponde a las zonas en las cuales no se presentan condiciones de estrés antrópico para las abejas en relación con cercanía centros poblados, cercanía a trapiches, afectación vial e interconexión eléctrica.	Mosaicos, cultivos permanentes herbáceos, arbustivos y arbóreos, pastos limpios y arbolados. - Aspecto 120 y 240 grados; presencia de cuerpos de agua -Corresponde a las zonas en las cuales se puede presentar condiciones moderadas de estrés antrópico para <i>A. mellifera</i> por cercanía a centros poblados, cercanía a trapiches, afectación vial e interconexión eléctrica	Territorios artificializados, mosaicos de cultivos, cultivos transitorios, áreas húmedas y superficies de agua. - Aspecto 0 y 120 grados. -Corresponde a las zonas en las cuales se presentan altas condiciones de estrés antrópico para <i>A. mellifera</i> por cercanía a centros poblados, cercanía a trapiches, afectación vial e interconexión eléctrica	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
	Aptitud <i>Apis mellifera</i>	Polígonos con aptitud potencial para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta una alta favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta mediana favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Corresponde a las zonas en las cuales se presenta baja favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	-
Apropiación del agua	Diferencia de uso consuntivo	Millones m ³	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor < 250,17	La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado 250,17-433,44	La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto > 433,44	-
	Diferencia de uso del agua	Millones m ³	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de ahuyama > -0,000067	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 ahuyama (-0,000473 a -0,000067)	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 ahuyama <-0,000473	-
Variación del contenido estimado de carbono	Contenido estimado de carbono	Toneladas/hectárea	El cultivo es sumidero de carbono. < 47,797	El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono. 47,797-64,392	El cultivo es fuente de emisión de carbono. > 64,392	-
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	Condiciones de pirogenicidad de las coberturas	Categoría cualitativa de pirogenicidad de las coberturas	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja por condiciones bajas de pirogenicidad. 0,3-2,35	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media por condiciones moderadas de pirogenicidad. 2,35-5,6	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta por condiciones altas de pirogenicidad. > 5,6	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
	Influencia del fuego sobre los ecosistemas. (Para esta variable no aplica la categorización por aptitud alta, media, baja o no apto; por el contrario, se categoriza en 5 grados de adaptación de los ecosistemas al fuego).	Categoría cualitativa de clasificación de los ecosistemas por su adaptación al fuego.	-	-	-	-
Cambio de cobertura	Cobertura de la tierra	Categoría de favorabilidad del cambio de cobertura	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de ahuyama, donde predominan las áreas de pastos limpios, los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como cereales, maíz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, zonas quemadas.	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de ahuyama, donde predominan pastos enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos, café, cultivos permanentes arbustivos	Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de ahuyama, donde predominan cultivos confinados, cultivos permanentes (arbóreos, herbáceos y arbustivos), mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales; mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaicos de pastos con espacios naturales, algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados, plantaciones forestales, palma de aceite	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de ahuyama, 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 Rangos de criterios y variables del componente socioeconómico

A partir del componente socioeconómico, los criterios y variables se clasificaron en tres categorías de aptitud: aptitud alta (A1), aptitud

media (A2) y aptitud baja (A3). No hubo rangos de la categoría no apto (N1) dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos, cuya variación responde a factores exógenos. En la tabla 10 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente.

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

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura, bienes y servicios	Centros mayoristas	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	Conectividad terrestre y fluvial	Distancia (metros)	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías	Resto
	Cobertura internet móvil	No. de antenas/ 10 km ²	> 2 antenas / 10 km ²	< 2 antenas / 10 km ²	Sin cobertura
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	Predios	El predio con cultivo	El colindante al predio con cultivo	Resto
	Producción municipal	Toneladas/ha/año	> 163	2-163	<2
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones de productores	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	Epseas	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	Gremio	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	Agrosavia	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
	ICA	Tiempo de desplazamiento (h)	< 1	1-2	> 2
Dinámica del mercado de tierras	Tamaño predial	Hectárea (ha)	Predios cuyo tamaño presentan las mejores condiciones para la generación de excedentes al productor.	Predios cuyo tamaño tiene una condición moderada para la generación de excedentes para el productor.	Predios cuyo tamaño restringen la generación de excedentes al productor y requiere acceso a más de una unidad predial.
	Avalúo catastral	Millones de pesos (COP)	< 2,2	2,2-10	> 10 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos



Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
	Arriendo rural	Miles de pesos COP/ hectárea/año	< 400	400 y 1000	> 1000
	Tendencia a la formalidad	Pedio	Con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	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, predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios inscritos en el Rupta.
Disponibilidad mano de obra	Mano de obra familiar	Área predial de las UPA con mano de obra familiar	Mano de obra familiar $\geq 50\%$ de total de los trabajadores permanentes	-	Mano de obra familiar $< 50\%$ del total de los trabajadores permanentes
	Densidad población en edad de trabajar-PET	Número de personas rurales por km ²	> 43,3	15,2-43,3	< 15,2
	Oferta educativa	Tiempo de desplazamiento (h)	Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa
Condiciones de vida	Dimensión Condiciones en Salud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 8,40	8, 40-13,35	> 13,35
	Dimensión Condiciones en Trabajo	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 60,75	60,75-71,15	>71,15
	Dimensión Condiciones de la niñez y la juventud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 6,93	6, 93-11, 50	> 11,50
	Dimensión Condiciones educativas del hogar	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 44,45	44,45-54,60	> 54,60
	Dimensión Condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 15,88	15,88-30,94	> 30,94
Indicadores económicos	Valor agregado agrícola municipal	Participación (%)	> 49,2	19, 6-49,2	< 19,6
	Desempeño municipal	Indicador MDM (puntaje)	> 55	45-55	< 45
	Créditos otorgados	Municipios	Con créditos	-	Sin créditos

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
	Seguros agropecuarios	Municipios	Con seguros	-	Sin cobertura de seguros
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Municipios	Declarados ZOMAC	Resto	-
	Programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Municipios	Declarados PDET	Resto	-
Seguridad ciudadana	Homicidios rurales	Tasa por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	$\leq 0,8265$	$> 0,8265$
	Extorsiones rurales	Tasa por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	$\leq 0,2066$	$> 0,2066$
	Hurtos rurales	Tasa por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	$\leq 6,2464$	$> 6,2464$
	Secuestros rurales	Tasa por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	$\leq 0,0617$	$> 0,0617$

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Frontera agrícola nacional (FAN)

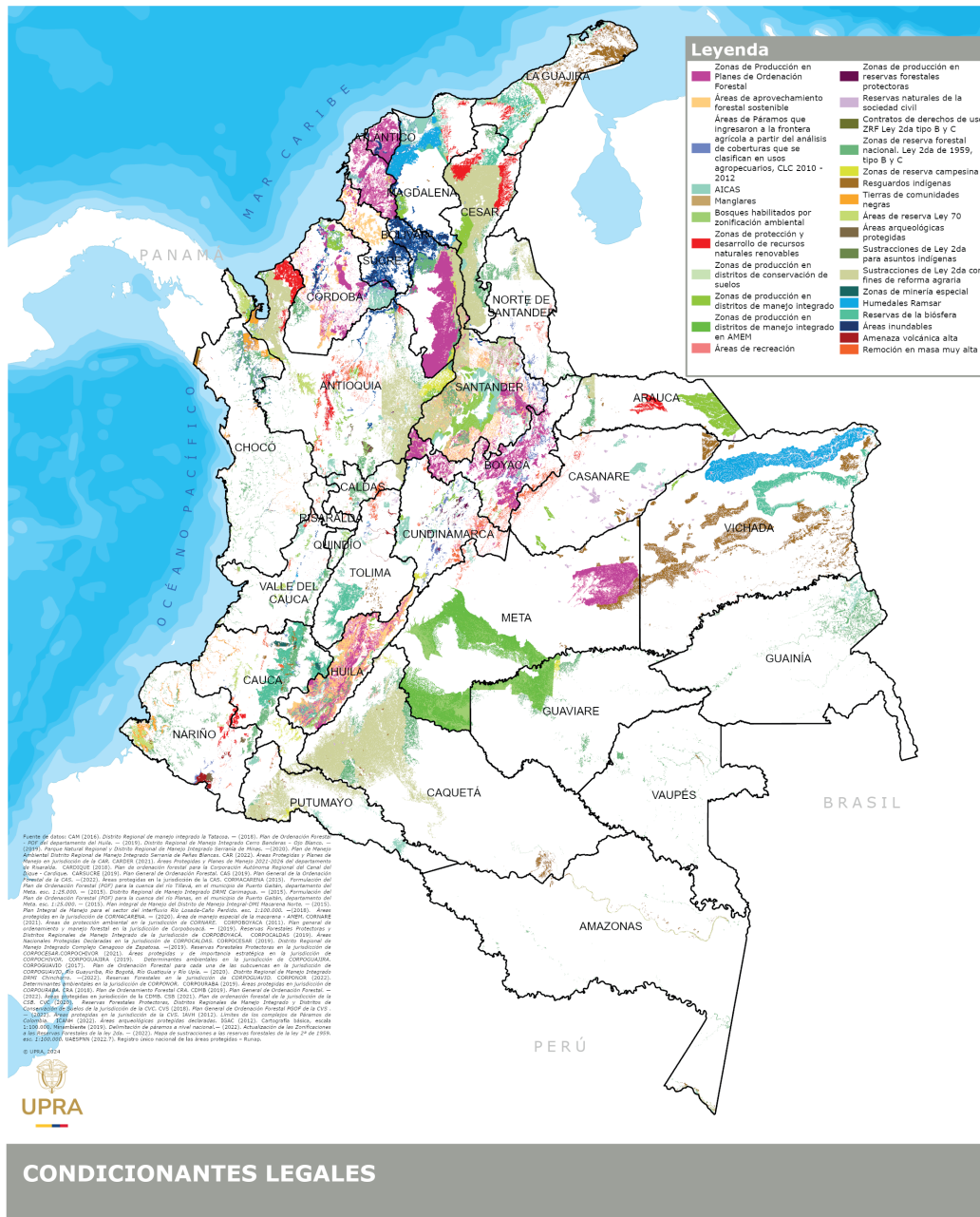
En esta fase de la metodología se identificó la normatividad que regula la realización de las actividades agropecuarias, ya sea de forma condicionante o restringida. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o restringen un uso determinado del territorio rural, lo que implicó, en este caso, condicionantes o restricciones para el uso.

La *frontera agrícola nacional (FAN)* es el límite del suelo rural donde se permiten y promueven las actividades agropecuarias (agrícolas, pecuarias, acuícolas, pesqueras y forestales) y reconoce aquellas áreas en las que, por consideraciones legales, políticas y técnicas, están

restringidas. (Adaptado de la Resolución 261 de 2018 del MinAgricultura).

Para el año 2024, la FAN es de 42.944.940 hectáreas en su versión V4_1 (37,6 % del territorio continental e insular). De esta superficie, 20.141.450 hectáreas corresponden a aquellas áreas donde las actividades agropecuarias son permitidas. Las restantes 22.803.490 hectáreas están condicionadas por ser territorios con características diferenciales desde el punto de vista étnico-cultural; ambiental o de gestión de riesgo agropecuario (Figura 10). Estas zonas merecen especial atención al momento de efectuar en ellas cualquier actividad agropecuaria dado que, en los ámbitos regional o local, pueden llegar a tener algún tipo de restricción.

Figura 10. Mapa de condicionantes legales

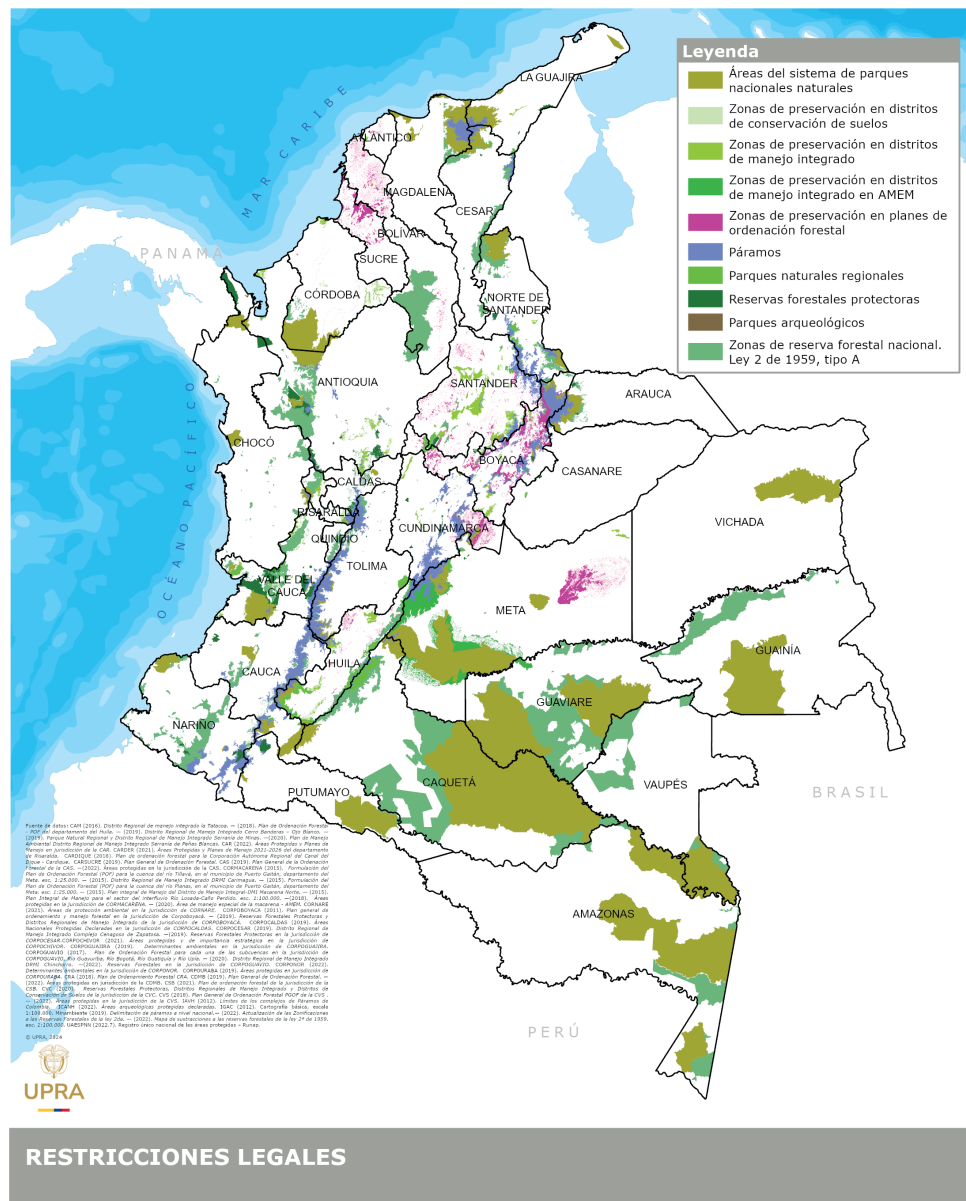


Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el área por fuera de la FAN tiene restringidas para actividades agropecuarias 26.419.249 hectáreas, representadas en las siguientes figuras: páramos; áreas de Ley 2 categoría A; parques arqueológicos protegidos; zonas de preservación de la AMEN; zonas de preservación de los Distritos de Manejo Integrado y de los Distritos Regionales de Mane-

jo Integrado; el sistema de parques nacionales naturales (PNN); los parques regionales naturales; las reservas forestales protectoras nacionales y regionales; las zonas de preservación de los planes de ordenación forestal; y las zonas de preservación de los Distritos de Conservación de Suelos (DCS) (Figura 11).

Figura 11. Mapa de restricciones legales



Fuente: elaboración propia.

Otras restricciones llegan a 38.372.737 hectáreas que hacen parte del Acuerdo Cero Deforestación suscrito por Colombia en el Acuerdo de París, basado en la cartografía de bosque/no bosque del Ideam (2010), y otras 6.338.045 hectáreas de restricciones técnicas que corresponden a otras coberturas no agropecuarias.

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, socioe-

cosistémico y socioeconómico, con el fin de identificar los sitios donde es más adecuado establecer y desarrollar un cultivo de ahuyama.

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

3.5.1 Proceso analítico jerárquico

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más empleadas es el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), 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 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, 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 11).

Tabla 11. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

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

Fuente: UPRA (2014).



3.5.2 Matriz del proceso analítico jerárquico

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

La tabla 12 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 12. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

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

Fuente: UPRA (2014).

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

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

De esta manera se tiene que el vector de prioridades de cada criterio vinculado a la zonifi-

cación de aptitud se definió de la siguiente manera:

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

Donde:

n = número de criterios

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

La tabla 13 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama para los componentes físicos y socioecosistémicos (matriz biofísica). Por su parte, la tabla 14 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico.



Tabla 13. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama

Criterios	Condiciones climáticas	Disponibilidad de nutrientes	Integridad ecológica	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Capacidad de laboreo	Potencial de polinización natural por himenopteros	Disponibilidad de oxígeno	Disponibilidad de humedad	Apropiación de agua	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Condiciones de enraizamiento	Variación del contenido estimado de carbono	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	Cambio de cobertura	pesos ponderados (%)
Condiciones climáticas	1														20,3
Disponibilidad de nutrientes	1/3	1													16,3
Integridad ecológica	1/3	1/3	1												12,8
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/3	1/3	1/3	1											10,6
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1/3	1/3	1										8,7
Potencial de polinización natural por himenopteros	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1									7,2
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								5,7
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1							4,4
Apropiación de agua	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						3,6
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					3,0
Condiciones de enraizamiento	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				2,4
Variación del contenido estimado de carbono	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			2,0
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1		1,6
cambio de cobertura	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1,4

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama

Criterio	Infraestructura, bienes y servicios	Infraestructura productiva	Asociatividad e Institucionalidad	Dinámica mercado de tierras	Disponibilidad de mano de obra	Condiciones de vida	Indicadores económicos	Seguridad ciudadana	Pesos ponderados (%)
Infraestructura, bienes y servicios	1								31,3
Infraestructura productiva	1/3	1							23,8
Asociatividad e Institucionalidad	1/3	1/3	1						16,3
Dinámica mercado de tierras	1/3	1/3	1/3	1					11,6
Disponibilidad de mano de obra	1/5	1/5	1/3	1/3	1				7,0
Condiciones de vida	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1			5,0
Indicadores económicos	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1		3,1
Seguridad ciudadana	1/7	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1	1,9

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 15 muestra la matriz de paso mediante la cual se cruzan los criterios físicos y socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación del mapa integrado de la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos) a escala 1:100.000 para el mercado nacional.

Tabla 15. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama

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

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

$$S = \sum W_i * X_i$$

Donde:

S = mapa con categorías de aptitud

W_i = peso del criterio i

X_i = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud).

3.6 Análisis espacial y modelo cartográfico

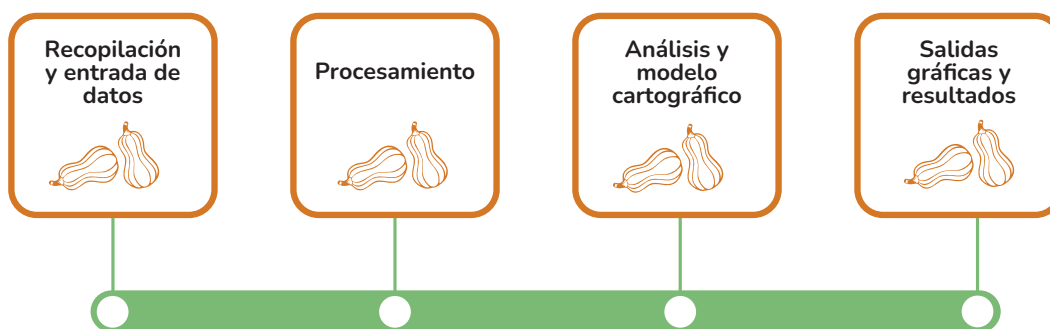
El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias permitiendo una aproximación cuantitativa para detectar, mostrar y explicar los patrones espaciales más importantes que se encuentran en un grupo de datos localizados en el espacio con el objeto de lograr un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



Dentro del proceso, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención del mapa de aptitud para el cultivo de ahuyama. Los pasos empleados por

la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (OTIC) de la UPRA se presentan en la figura 12.

Figura 12. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

- **Recopilación de información:** Consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) utilizada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales.
- **Procesamiento de la información:** Abarcó una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplearon para la estandarización o reescalamiento de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para la evaluación de tierras.
- **Análisis de la información:** Consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio de conformidad con los rangos de calificación establecidos por

el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos entre 0 y 3, que indicaban la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran conformados por variables continuas, el análisis se realizó mediante algunas estadísticas de la variable, asignando directamente la calificación de la categoría de aptitud. Esta etapa del proceso también abarcó el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas a nivel de variable y criterio generados por cada componente, la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio y la integración de las exclusiones legales y condicionantes legales.

Uno de los procedimientos de mayor empleo en esta fase fue el álgebra de mapas, una serie de procedimientos que, operando sobre una o varias capas en

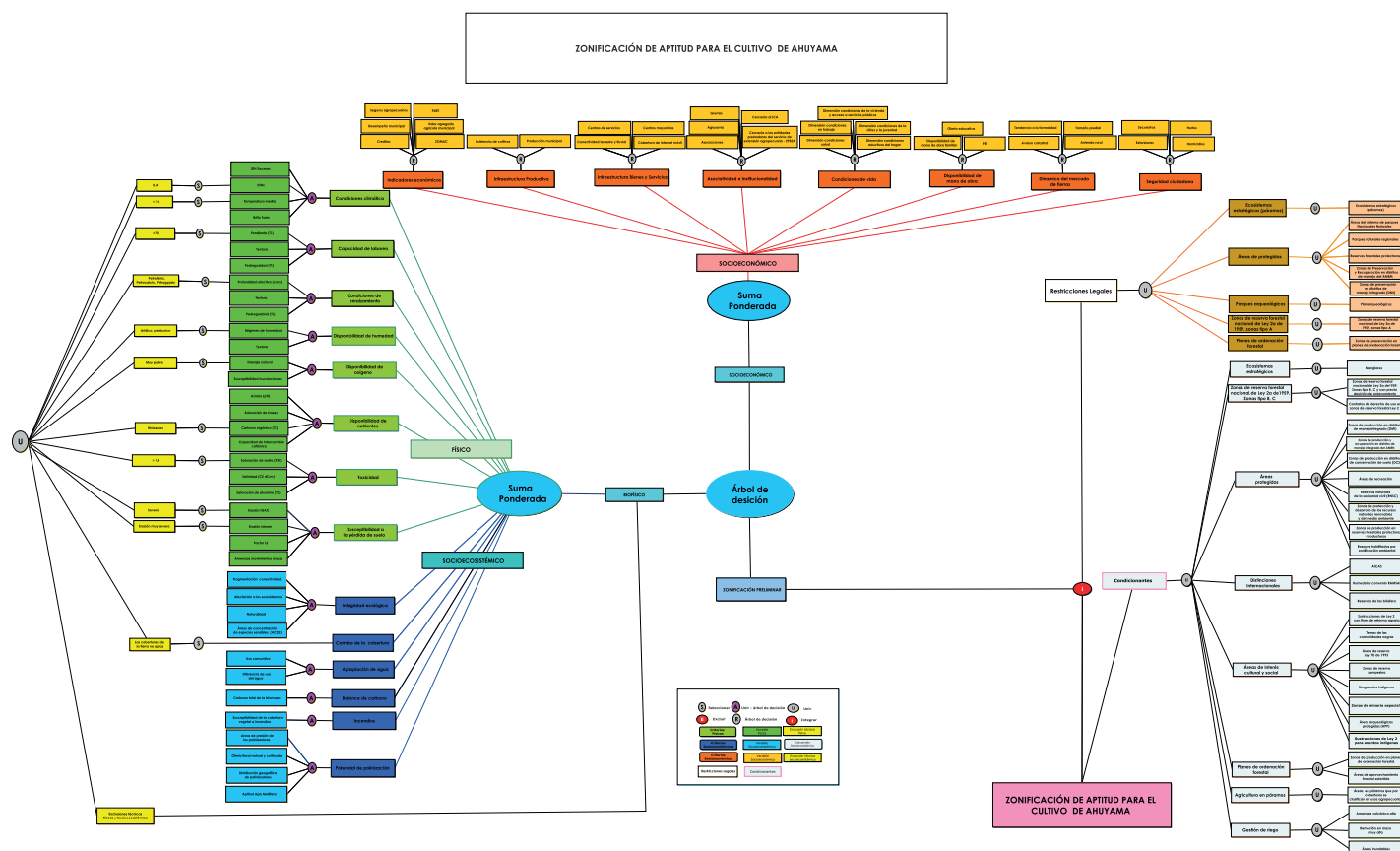
información —en este caso los mapas generados de cada criterio—, permitían obtener información derivada cuyo resultado fue el mapa de aptitud.

- **Salidas gráficas y resultados:** Consistió en la presentación, a manera de mapas y estadísticas por departamentos y por municipios, de las zonas aptas y no ap-

tas para el cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos). Estas salidas se soportaron dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

En la figura 13 se presenta el modelo cartográfico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama.

Figura 13. Modelo cartográfico para la zonificación de aptitud del cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y sus híbridos)



Fuente: Elaboración propia.

3.7 Proceso de socialización y validación de los mapas

En la figura 14 se presenta la estrategia planteada para la socialización y validación de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*C. maxima*, *C. moschata* y sus híbridos) en Colombia, escala 1:100.000.

Figura 14. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1 Socialización y visitas de campo

La tabla 16 presenta las zonas y regiones en las cuales se desarrolló el proceso de socialización y presentación de avances de la metodología

de zonificación del cultivo de ahuyama a nivel nacional (rangos preliminares de criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico), a organizaciones de productores, instituciones, gremio, y agricultores relacionados con la producción de ahuyama.

Tabla 16. Socializaciones de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama

Socializaciones y recorridos de campo	
Instalaciones del Centro de Acopio de Asoproagro. Asociación de Productores Agropecuarios El Encanto Municipio de La Paz, corregimiento Media Luna (departamento del Cesar). 17 de septiembre de 2024.	



Socializaciones y recorridos de campo

Asociaciones de productores hortofrutícolas de las Iguanas, San Felipe y Los Andes.

Municipio de Montería, corregimiento Santa Clara (departamento de Córdoba).
18 de septiembre de 2024.



Instalaciones de la Alcaldía Municipal de Santa Marta, Subsecretaría de Desarrollo Agropecuario.

Municipio de Santa Marta (departamento del Magdalena).
19 de septiembre de 2024.



Instalaciones de Asociación de Productores Agropecuarios Asoprerozo.

Municipio de Palmira, corregimiento de Rozo (departamento del Valle del Cauca).
18 de septiembre de 2024.



Instalaciones de la Alcaldía Municipal, Secretaría de Desarrollo Agropecuario.

Municipio de Dibulla (departamento de La Guajira).
19 de septiembre de 2024.



Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Validación de rangos y mapas de aptitud

La tabla 17 muestra el proceso de validación de las cartografías preliminares desarrollado

en las principales zonas productoras de ahuyama del país, permitiendo realizar ajustes de rangos de criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico (tabla 17).

Tabla 17. Validación de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama

Validación de mapas	
Asoproagro. Asociación de Productores Agropecuarios El Encanto Municipio de La Paz, corregimiento Media Luna (departamento del Cesar). 17 de septiembre de 2024.	
Vía principal Bosconia-Fundación, Caserío Villa Liqui. Municipio El Copey (departamento del Cesar). 17 de septiembre de 2024.	
Sector Cuatro Veredas, finca El Recuerdo Municipio de Dibulla (departamento de La Guajira). 20 de septiembre de 2024.	

Validación de mapas

Municipio de San Bernardo del Viento (departamento de Córdoba).
19 de septiembre de 2024.



Municipio de San Onofre (departamento de Sucre).
20 de septiembre de 2024.



Instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Municipio de Palmira (departamento del Valle del Cauca).
18 de septiembre de 2024.



Fuente: Elaboración propia.

A photograph of several pumpkins in an orange plastic crate. The pumpkins have various colors, including green, yellow, and blue-grey. The background is a dark, textured surface. The number '04' is overlaid in large white font.

04

Resultados

El mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima* D., *Cucurbita moschata* D. y sus híbridos) para el mercado nacional a escala 1:100.000, mostró que Colombia dispone de 28.264.466 hectáreas aptas, un 24,8 % del área continental del país, equivalente a un 65,8 % de la frontera

agrícola nacional. Del total de las áreas aptas, el 35,2 %, corresponde a aptitud alta (A1); el 21,9 %, a aptitud media (A2) y el 42,8 %, a aptitud baja (A3). El área de categoría no apto (N1) llegó a 59.391.256 hectáreas (tabla 18 y figura 15).

Tabla 18. Áreas según categorías de aptitud para el cultivo de ahuyama en Colombia, escala 1:100.000

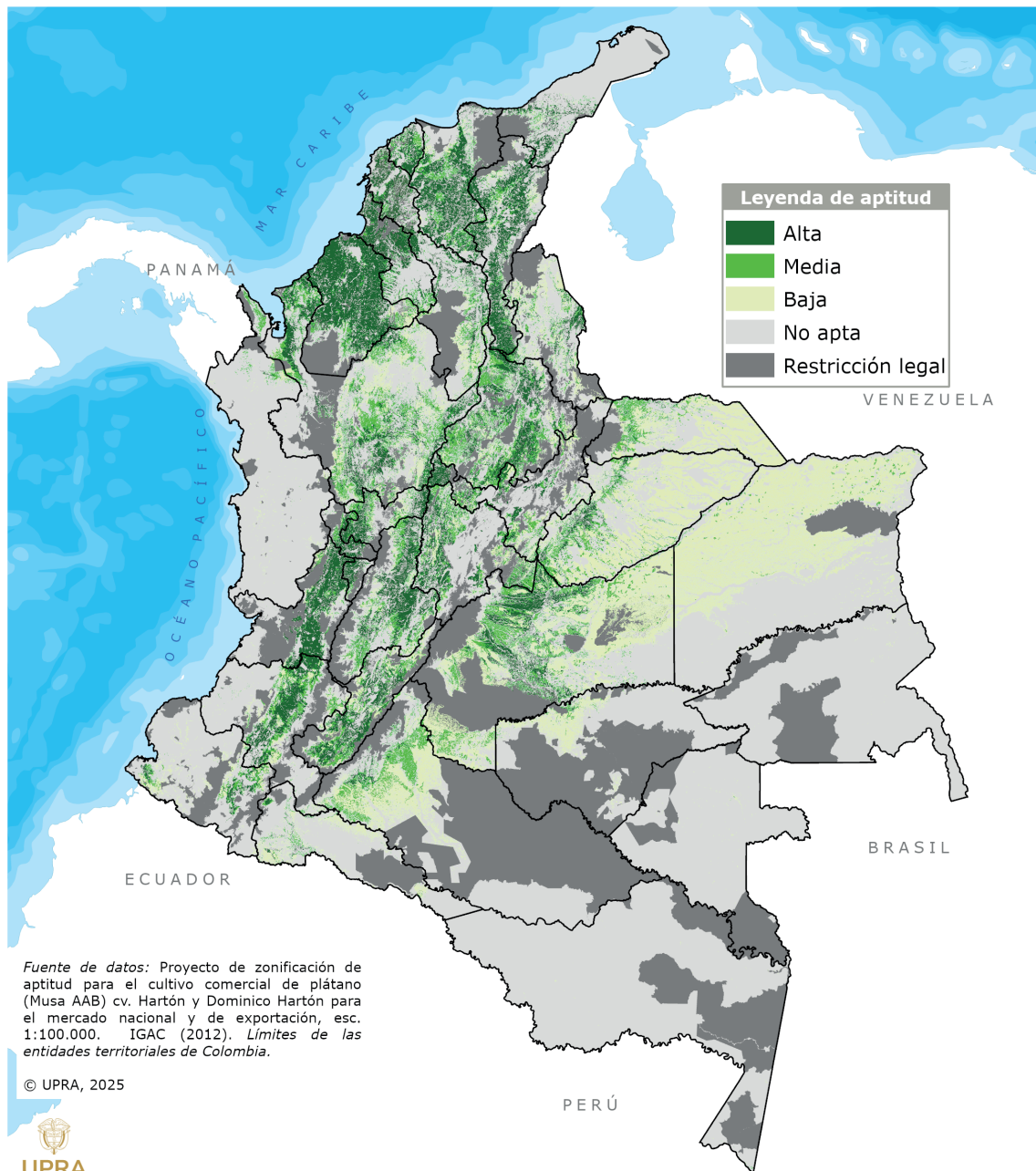
Aptitud	Área (ha)	% Nacional	% Frontera agrícola nacional*
Alta (A1)	9.960.536	8,7	23,2
Media (A2)	6.195.031	5,4	14,4
Baja (A3)	12.108.899	10,6	28,2
Total, área apta	28.264.466	24,8	65,8
No apto técnico (N1)	59.391.256		
Restricción legal (N2)	26.419.249		
Total, territorio nacional	114.074.970		

*Frontera agrícola nacional: 42.944.940 hectáreas.

Fuente: elaboración propia.



Figura 15. Mapa integrado de aptitud para el cultivo de ahuyama en Colombia a escala 1:100.000



Mapa integrado de aptitud para el cultivo de ahuyama en Colombia, a escala 1:100.000.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19 presenta los diferentes niveles de aptitud por departamentos con aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) organizados de mayor a menor por aptitud total. La mayor superficie de aptitud total se encuentra en la Orinoquía Colombiana en los departamentos de Vichada, Meta y Casanare-

re. Estos tres departamentos suman más de una tercera parte del área apta potencial para este cultivo en Colombia; le siguen en importancia, Antioquia y Córdoba para un total de 13.561.411, es decir, más de la mitad del área potencial identificada.

Tabla 19. Departamentos con aptitud total, aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Vichada	752	75.467	3.774.683	3.850.902
Meta	686.015	887.033	2.013.756	3.586.805
Casanare	152.345	360.963	1.794.577	2.307.885
Antioquia	882.815	888.659	521.068	2.292.542
Córdoba	1.321.635	149.159	52.483	1.523.278
Santander	663.572	589.521	167.182	1.420.276
Caquetá	64.960	462.085	848.774	1.375.820
Arauca	21.917	209.940	910.335	1.142.192
Cesar	889.865	135.947	51.068	1.076.880
Magdalena	805.763	209.804	42.968	1.058.535
Tolima	597.172	293.698	93.563	984.433
Cauca	436.539	243.474	146.347	826.360
Bolívar	487.882	201.866	125.233	814.982
Cundinamarca	407.568	281.054	113.058	801.680
Huila	415.789	222.540	147.655	785.985
Valle del Cauca	557.186	51.911	28.435	637.532
Boyacá	238.780	184.709	151.595	575.083
Norte de Santander	139.515	159.388	238.290	537.194
Sucre	366.616	82.093	9.763	458.472
Guaviare	4.633	33.765	332.890	371.288
Nariño	91.999	100.270	164.249	356.518
Caldas	223.007	92.471	39.209	354.687
Putumayo	26.052	56.457	212.433	294.942
La Guajira	169.040	50.841	10.892	230.773
Atlántico	132.979	50.178	3.879	187.036
Chocó	5.138	85.239	70.760	161.138
Risaralda	101.277	28.054	2.809	132.140
Quindío	69.598	7.195	1.058	77.851
Guainía	-	71	17.439	17.510

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Vaupés	-	317	16.978	17.294
Amazonas	125	863	5.467	6.455
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
Total, general	9.960.536	6.195.031	12.108.898	28.264.466

Fuente: Elaboración propia.

La mayor *aptitud alta* (A1) se localiza en Córdoba (1.321.635 hectáreas), Cesar (889.865 hectáreas), Antioquia (882.815 hectáreas), Magdalena (805.763 hectáreas) y Meta (686.015 hectáreas). La mayor superficie con *aptitud media* (A2) se presenta en los departamentos de Antioquia Meta, Santander, Caquetá y Casanare. Por otra parte, los departamentos que representan la mayor superficie de *aptitud baja* (A3) se distribuyen en la Orinoquía, en los departamentos de Vichada, Meta, Casanare y Arauca.

La tabla 20 muestra los municipios que obtuvieron las mayores extensiones por categoría de aptitud total; se destacan municipios localizados en la Orinoquía colombiana como Cumaribo, La Primavera y Puerto Carreño en el departamento de Vichada; Puerto Gaitán, La Macarena y Puerto López en el departamento del Meta y Paz de Aripuro en Casanare.

Tabla 20. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo de ahuyama en Colombia

Municipio (Departamento)	Total, apto (ha)
Cumaribo (Vichada)	1.559.290
La Primavera (Vichada)	1.315.475
Puerto Gaitán (Meta)	1.072.889
Puerto Carreño (Vichada)	698.166
Paz de Aripuro (Casanare)	631.933
La Macarena (Meta)	427.487
Puerto López (Meta)	414.006
Cravo Norte (Arauca)	349.643
San Martín (Meta)	316.971
Arauca (Arauca)	315.546

Fuente: Elaboración propia.

Los municipios que presentan la mayor *aptitud alta* (A1) son Montería (246.833 hectáreas); Puerto López (131.642 hectáreas); Valledupar (104.870 hectáreas); Puerto Lleras (95.554 hectáreas) y Puerto Boyacá (91.149 hectáreas) (Tabla 21).

Tabla 21. Municipios con mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)

Municipio (Departamento)	Aptitud alta (A1)
Montería (Córdoba)	246.833
Puerto López (Meta)	131.642
Valledupar (Cesar)	104.870
Puerto Lleras (Meta)	95.554
Puerto Boyacá (Boyacá)	91.149
Planeta Rica (Córdoba)	90.470
Sahagún (Córdoba)	84.403
Sabanas de San Ángel (Magdalena)	82.393
Rionegro (Santander)	75.074
Ariguaní (Magdalena)	74.106

Fuente: Elaboración propia.



En *aptitud media* (A2) se destacan municipios de la Orinoquía colombiana como San Martín, La Macarena y Puerto López en el departamento del meta y Puerto Rico en Caquetá (tabla 22).

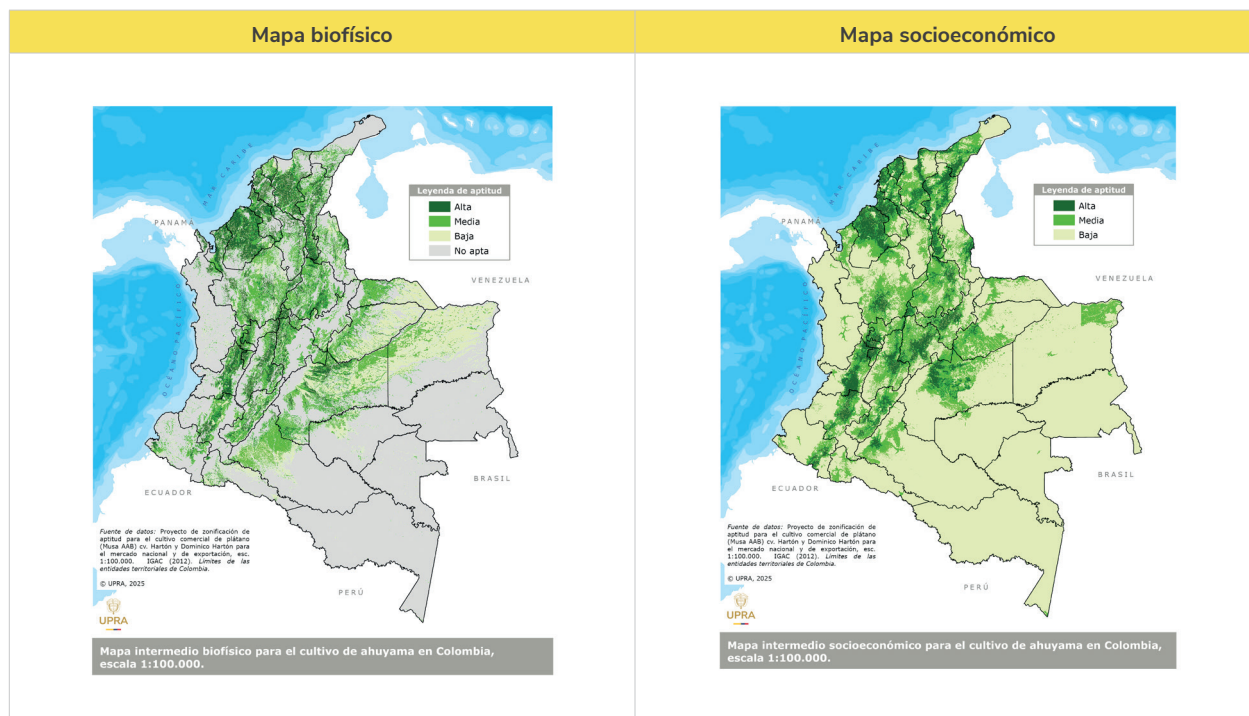
Tabla 22. Municipios con mayor aptitud media (A2) para el cultivo de ahuyama en Colombia (ha)

Municipio (Departamento)	Aptitud media (A2)
San Martín (Meta)	173.003
Puerto Rico (Caquetá)	145.581
La Macarena (Meta)	116.178
Puerto López (Meta)	113.875
Cimitarra (Santander)	108.753
San Vicente del Caguán (Caquetá)	83.094
Puerto Gaitán (Meta)	79.226
Tame (Arauca)	73.149
Santa Rosa de Osos (Antioquia)	53.201
Puerto Wilches (Santander)	52.741

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el mapa biofísico que integra los criterios físicos y socioecosistémicos y el mapa socioeconómico, se muestran en la figura 16. En el mapa biofísico se identificaron varias regiones potenciales de clima cálido para este cultivo en el país: la primera, corresponde al Caribe, desde Montería; Sucre; Bolívar; Magdalena y Cesar donde se distingue una aptitud alta (A1); la segunda, es la Orinoquía y parte de la Amazonía que cubre departamentos como Arauca; Casanare; Vichada, Meta, Caquetá y parte de Guaviare, donde la mayor participación corresponde a aptitud baja (A3), la zona central que abarca la zona media del río Magdalena desde Santander; Boyacá; Antioquia; Cundinamarca y Tolima y el valle geográfico del río Cauca en departamentos como Valle del Cauca.

Figura 16. Mapas intermedios biofísico y socioeconómico para el cultivo de ahuyama en Colombia, escala 1:100.000



Fuente: Elaboración propia.

El mapa socioeconómico permite vislumbrar una mejor aptitud en aquellas zonas donde existen mejores condiciones de infraestructura y de servicios para la producción de ahuyama.

Sobresale la costa Caribe, el centro del país y los valles de los ríos Magdalena y Cauca, así como el piedemonte de los departamentos de Meta y Casanare.



Conclusiones



Colombia dispone de suficiente área apta para el cultivo de ahuyama (*Cucurbita maxima* D., *Cucurbita moschata* D. y sus híbridos). Se identificaron 28,2 millones de hectáreas aptas a lo largo del territorio nacional, frente al reporte que es cercano a 15.500 hectáreas de área sembrada.

La costa Caribe se presenta como una de las zonas de mayor aptitud alta (A1). Departamentos como Córdoba; Cesar; Antioquia y Magdalena presentan la mayor extensión, como consecuencia de su óptima oferta biofísica y socioeconómica para este cultivo.

La Orinoquía colombiana se destaca por ser la zona de mayor aptitud para este cultivo. En Vichada, Meta y Casanare se identificaron 9,7 millones de hectáreas, una tercera parte de la aptitud total. No obstante, un 78 % de este valor corresponde a aptitud baja (A3).



Bibliografía

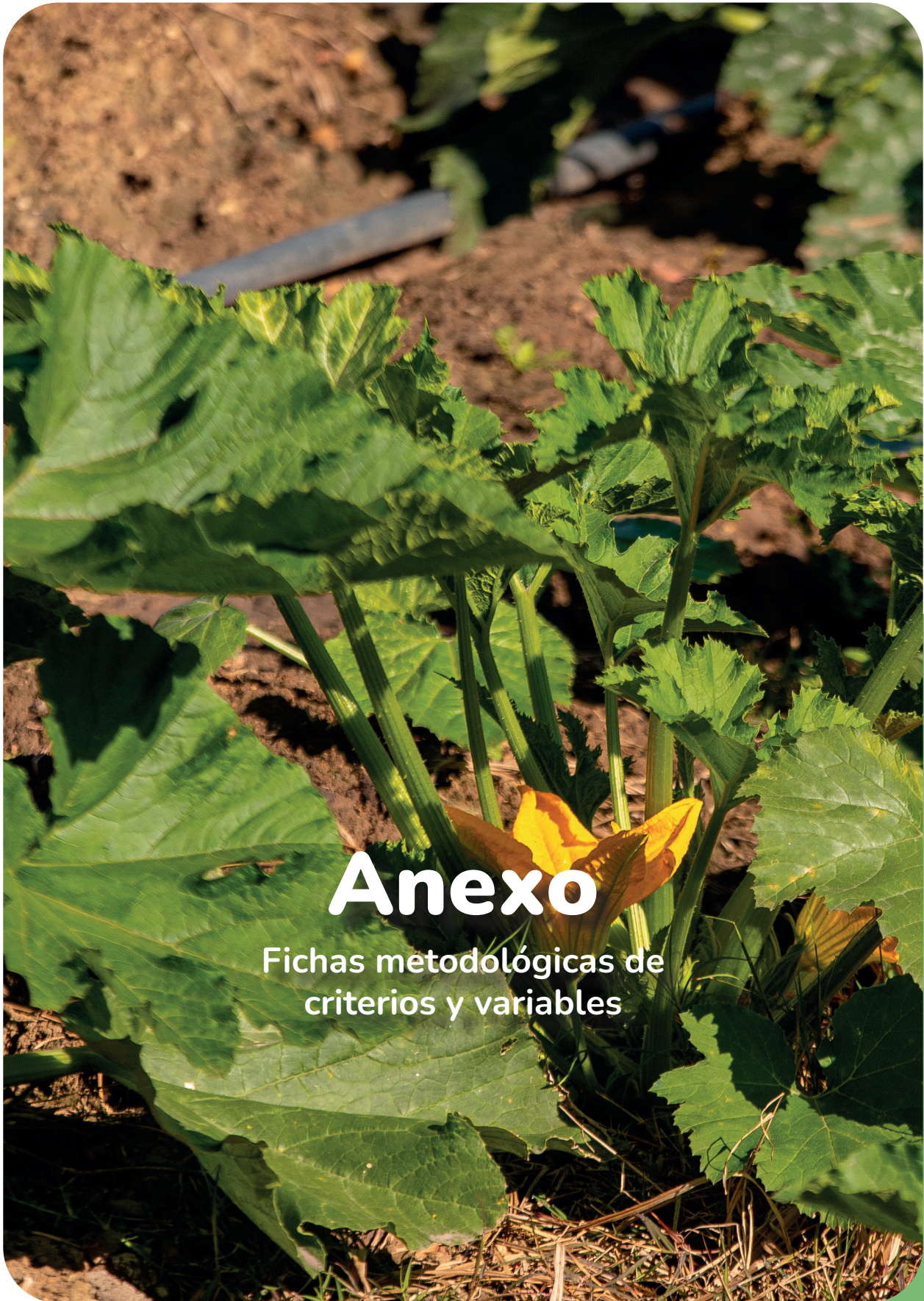
- Agrosavia. (2019). *Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana*. Mosquera, Colombia. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/38529>
- ART. Agencia de Renovación del territorio. (2020). *Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial*. Bogotá.
- Asamblea Constituyente de Colombia . (1991). *Constitución política de Colombia*. Bogotá D.C. (Colombia): Presidencia de la República.
- CIDH. (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. Obtenido de <https://www.cidh.org/countryrep/Seguridad/seguridadvi.sp.htm#:~:text=La%20seguridad%20ciudadana%20es%20concebida,comprometidos%20frente%20a%20las%20mismas>
- Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para ejecutar indicadores de estado de conservación ArcGis-Fragstas*. Bogotá.
- CNCA. (2023). *Resolución 006 de 2023 de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario*. Bogotá. Obtenido de <https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca>
- Congreso de la República de Colombia. (2004). *Ley 906* . Bogotá.
- Correa, E. (2015). El cultivo de ahuyama (*Cucurbita moschata*) en la región Caribe colombiana. *Revista Frutas y Hortalizas*, 42, 36-38. Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecoca/n23/2011-2106-ecoca-23-46.pdf>
- Correa, E., Yacomelo, M., León, R., Orozco, A., Silva, G., y Tamara, R. (2019). *Modelo Productivo de Ahuyama para la Región Caribe*. Obtenido de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1>
- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- DANE. (2022). *Cuentas nacionales: Indicador valor agregad municipal, Actividad agrícola*. Bogotá.
- DNP. (2010). *Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010). Plan Nacioanl de Desarrollo 2010-2014:prosperidad para todos*. Obtenido de www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx

- DNP. (2021). *Grupos de clasificación de capacidades iniciales en la Medición de Desempeño Municipal*. Bogotá.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. (1979). *Efecto del agua sobre el rendimientos de cultivos. Riego y drenaje*. FAO.
- Eastman et al. (1995). *Raster procedures for multicriteria/multi objective decisions. Photogrametric engineering and remote sensing*. Massachusetts: American Society.
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. Roma.
- FAO. (1985). *Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de regadío*.
- FAO. (2003). *Evaluación de tierras con metodología FAO*. Santiago de Chile.
- FAO. (2007). *Land and water discussion paper*. (F. a. Nations, Editor) Obtenido de http://www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf
- FAO. (04 de 2023). FAOSTAT. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO. (04 de 2024). FAOSTAT. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Finagro. (2022). *Valor de créditos otorgados para actividades de comercialización y cultivo de ahuyama 2018-2022*. Bogotá.
- 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, E. (2018). *Establecimiento de un proyecto productivo de ahuyama bárbara (Cucurbita moschata Duchesne ex Lam) para contribuir con la diversificación agrícola y como alternativa de ingresos en el municipio de Vistahermosa, Meta*. Yopal, Colombia. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=ingenieria_agronomica
- 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, Colombia.

- INMLCF. (2008). *Homicidio Colombia*. Bogotá.
- Kates, H., Soltis, P., & Soltis, D. (Junio de 2017). Evolutionary and domestication history of Cucurbita (pumpkin and squash) species inferred from 44 nuclear loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 111, 98-109. doi:10.1016/j.ympev.2017.03.002
- Legiscomex. (2024). Estadísticas de comercio exterior. Obtenido de Inteligencia Comercial y Comercio internacional: <https://www.legiscomex.com/>
- Ley 811. (Junio de 2003). Minambiente.gov.co. Recuperado el 11 de 03 de 2023, de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-811-2003.pdf>
- MinAgricultura. (Junio de 2018). Resolución 261 de 2018. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf>
- Minhacienda. (2017). Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac. Bogotá.
- Ortiz-Lozano, L. y-B. (2009). Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone :applications for the sistema arrecifal veracruzano National Park. 317-323. México. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004>
- Ponal. (2020). *Delitos ocurridos de hurtos rurales 2018-2022*. Bogotá.
- 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.
- Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Amenaza de movimiento en masa*. Bogotá D.C., Colombia.

- Siraj, S.; Mikhailov, L. y Keane, J. (2013). «PriEsT: An Interactive Decision Support Tool to Estimate Priorities From Pairwise Comparison Judgments». En: International Transactions in Operational Research, vol. 22, no. 2, pp. 217-235.
- Soil Science Society of America. (30 de 08 de 2018). Soils sustain life. Obtenido de Soils sustain life: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary#>
- UPRA. (2013). *Evaluación de Tierras para la Zonificación con fines Agropecuarios a nivel Nacional. Metodología a escala 1:100.000.* . Bogotá D.C., Colombia: Imprenta Nacional.
- UPRA. (2014). *Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales a escala semidetallada 1:25.000.* Bogotá.
- UPRA. (2014). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1.100.000.* Bogota.
- UPRA. (2016). *Memoria técnica Zonificación de la aptitud del territorio rural para el cultivo comercial de tilapias en estanques en tierra.* Bogota.
- UPRA. (2017). *Lineamientos para la implementación de la estrategia de ordenamiento territorial agropecuario.* Bogotá: UPR.
- UPRA. (2023). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales-EVA.*
- USDA. (1961). *LAND CAPABILITY CLASSIFICATION. Agriculture Handbook*, 18.
- Velázquez, G. (2016). *Evaluación del efecto de las aplicaciones edáficas de diferentes niveles de nitrógeno sobre los componentes de rendimiento e incidencia de algunos problemas fitosanitarios en ahuyama valluna (Cucurbita máxima).* Villavicencio, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/5d522f61-d9bb-4d82-8e2c-ba2bb67cd4dd/content>
- www.freepik.es. (abril de 2024). Obtenido de <https://www.freepik.es/vectores/calabaza-planta>





Anexo

Fichas metodológicas de
criterios y variables

Tabla de contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico.....	88
1.1. Criterio <i>Condiciones climáticas</i>	88
1.1.1. Variable <i>Temperatura media anual</i>	91
1.1.2. Variable <i>Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)</i>	93
1.1.3. Variable <i>Brillo solar medio diario anual</i>	96
1.2. Criterio <i>Disponibilidad de nutrientes</i>	98
1.2.1. Variable <i>Acidez (pH)</i>	103
1.2.2. Variable <i>Saturación de bases</i>	106
1.2.3. Variable <i>Carbono orgánico</i>	109
1.2.4. Variable <i>Capacidad de intercambio catiónico (CIC)</i>	112
1.3. Criterio <i>Toxicidad por sales, sodio y aluminio</i>	115
1.3.1. Variable <i>Salinidad y sodicidad</i>	118
1.3.2. Variable <i>Saturación de aluminio</i>	121
1.4. Criterio <i>Capacidad de laboreo</i>	124
1.4.1. Variable <i>Pendiente</i>	127
1.4.2. Variable <i>Textura</i>	130
1.4.3. Variable <i>Pedregosidad</i>	133
1.5. Criterio <i>Disponibilidad de oxígeno</i>	135
1.5.1. Variable <i>Susceptibilidad a inundaciones</i>	138
1.5.2. Variable <i>Drenaje natural</i>	141
1.6. Criterio <i>Disponibilidad de humedad</i>	145
1.6.1. Variable <i>Régimen de humedad</i>	148
1.6.2. Variable <i>Textura</i>	151
1.7. Criterio <i>Susceptibilidad a la pérdida de suelos</i>	154
1.8. Criterio <i>Condiciones de enraizamiento</i>	160
1.8.1. Variable <i>Profundidad efectiva</i>	164
1.8.2. Variable <i>Textura</i>	167
1.8.3. Variable <i>Pedregosidad</i>	170
2. Fichas metodológicas componente socioecosistémico	174

2.1. Criterio <i>Integridad ecológica</i>	174
2.1.1. Variable <i>Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)</i> ...	180
2.1.2. Variable <i>Índice de naturalidad (INAT)</i>	193
2.1.3. Variable <i>Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)</i>	196
2.1.4. Variable <i>Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales</i>	205
2.2 Criterio Potencial de polinización natural por himenópteros	210
2.2.1. Variable <i>Oferta floral natural y cultivada</i>	214
2.2.2. Variable <i>Distribución geográfica de polinizadores</i>	223
2.2.3. Variable <i>Áreas de alta presión sobre polinizadores</i>	229
2.2.4. Variable <i>Aptitud Apis mellifera</i>	245
2.3 Criterio <i>Apropiación de agua</i>	249
2.3.1. Variable <i>Diferencia de uso consuntivo</i>	254
2.3.2. Variable <i>Diferencia de uso del agua</i>	259
2.4. Criterio <i>Variación del contenido estimado de carbono</i>	265
2.5. Criterio Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	271
2.5.1. Variable <i>Condiciones de pirogenicidad de las coberturas</i>	278
2.5.2. Variable <i>Influencia del fuego sobre los ecosistemas</i>	298
2.6 Criterio Cambio de cobertura	304
3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico	311
3.1. Criterio <i>Infraestructura, bienes y servicios</i>	311
3.1.1. Variable <i>Centros mayoristas</i>	315
3.1.2. Variable <i>Centros de servicios</i>	318
3.1.3. Variable <i>Conectividad terrestre y fluvial</i>	321
3.1.4. Variable <i>Cobertura de internet móvil</i>	324
3.2. Criterio <i>Infraestructura productiva</i>	329
3.2.1. Variable <i>Existencia de cultivos</i>	331
3.2.2. Variable <i>Producción municipal</i>	334
3.3. Criterio <i>Asociatividad e institucionalidad</i>	337
3.3.1 Variable <i>Asociaciones de productores</i>	341
3.3.2. Variable <i>Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)</i>	344
3.3.3. Variable <i>Gremio</i>	347
3.3.4 Variable <i>Agrosavia</i>	350

3.3.5 Variable ICA	353
3.4 Criterio <i>Dinámica del mercado de tierras</i>	356
3.4.1 Variable <i>Tamaño predial</i>	361
3.4.2 Variable <i>Arriendo rural</i>	365
3.4.3. Variable <i>Avalúo catastral rural</i>	370
3.4.4. Variable <i>Tendencia a la formalidad</i>	375
3.5. Criterio <i>Disponibilidad de mano de obra</i>	381
3.5.1 Variable <i>Mano de obra familiar</i>	385
3.5.2 Variable <i>Densidad de población en edad de trabajar (PET)</i>	389
3.5.3 Variable <i>Oferta educativa</i>	394
3.6. Criterio <i>Condiciones de vida</i>	400
3.6.1. Variable <i>Dimensión condiciones de salud</i>	406
3.6.2. Variable <i>Dimensión condiciones de trabajo</i>	409
3.6.3. Variable <i>Dimensión condiciones de la niñez y la juventud</i>	412
3.6.4 Variable <i>Dimensión condiciones de educativas del hogar</i>	415
3.6.5 Variable <i>Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos</i>	418
3.7. Criterio <i>Indicadores económicos</i>	421
3.7.1. Variable <i>Valor agregado agrícola municipal</i>	425
3.7.2. Variable <i>Desempeño municipal</i>	431
3.7.3. Variable <i>Créditos otorgados</i>	439
3.7.4. Variable <i>Seguros agropecuarios</i>	442
3.7.5. Variable <i>Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)</i>	445
3.7.6. Variable <i>Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)</i>	448
3.8 Criterio <i>Seguridad ciudadana</i>	451
3.8.1. Variable <i>Homicidios rurales</i>	455
3.8.2. Variable <i>Extorsiones rurales</i>	458
3.8.3. Variable <i>Hurtos rurales</i>	460
3.8.4. Variable <i>Secuestros rurales</i>	463



1. Fichas metodológicas del componente físico

1.1. Criterio Condiciones climáticas

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Climático
CRITERIO: Condiciones climáticas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Temperatura media anual</i>, expresada en grados centígrados (°C). • <i>Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)</i>, expresado como índice, entre 0 y 1. • <i>Brillo solar medio diario anual</i>, expresado en horas sol/día.		
DEFINICIÓN		
Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Inciden directamente en la fisiología de las variedades de ahuyama, afectando la tasa fotosintética, respiración, actividad enzimática, nutrición mineral, absorción y transporte del agua, metabolismo del nitrógeno, entre tantos, los cuales condicionan la posibilidad del establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción (Campos, 2005).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
Debido a que no está disponible la normal climatológica 1991-2020 para algunas estaciones meteorológicas operadas por el Ideam que registran los diferentes parámetros del clima, como por ejemplo la evapotranspiración de referencia, se generan inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada y actualizada del clima en el país.		
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN		
El criterio se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables <i>temperatura media anual</i> , <i>índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)</i> y el <i>brillo solar medio diario anual</i> , construidas a partir de las normales climatológicas 1991 y 2020 del Ideam para las variables <i>Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)</i> y <i>brillo solar diario medio anual</i> . En el caso de la variable <i>Temperatura media anual</i> , se utilizó la normal climática 1981-2010.		

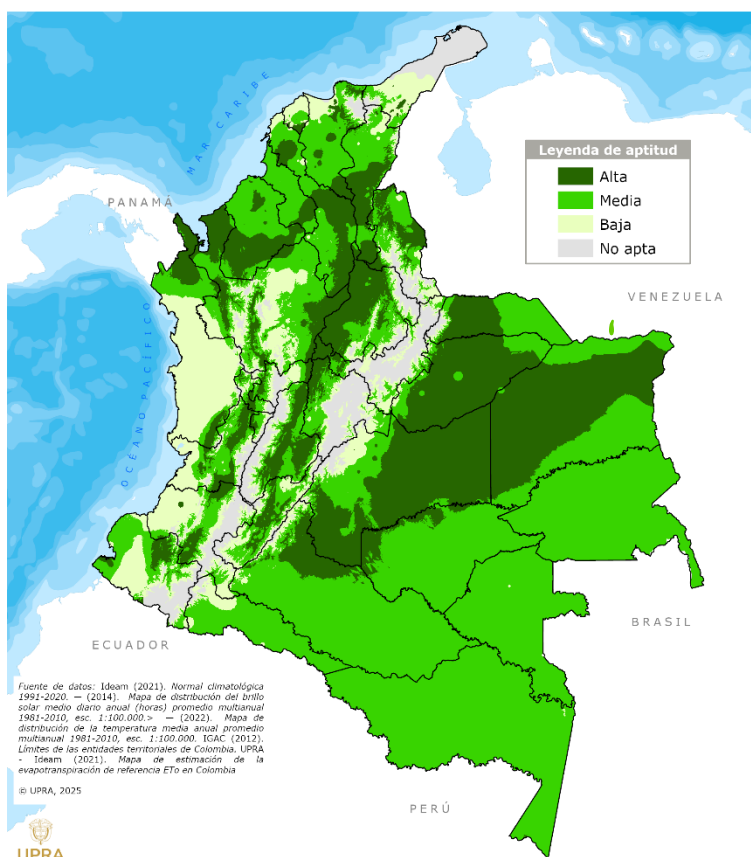


RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Temperatura media (°C/año)	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (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	N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS

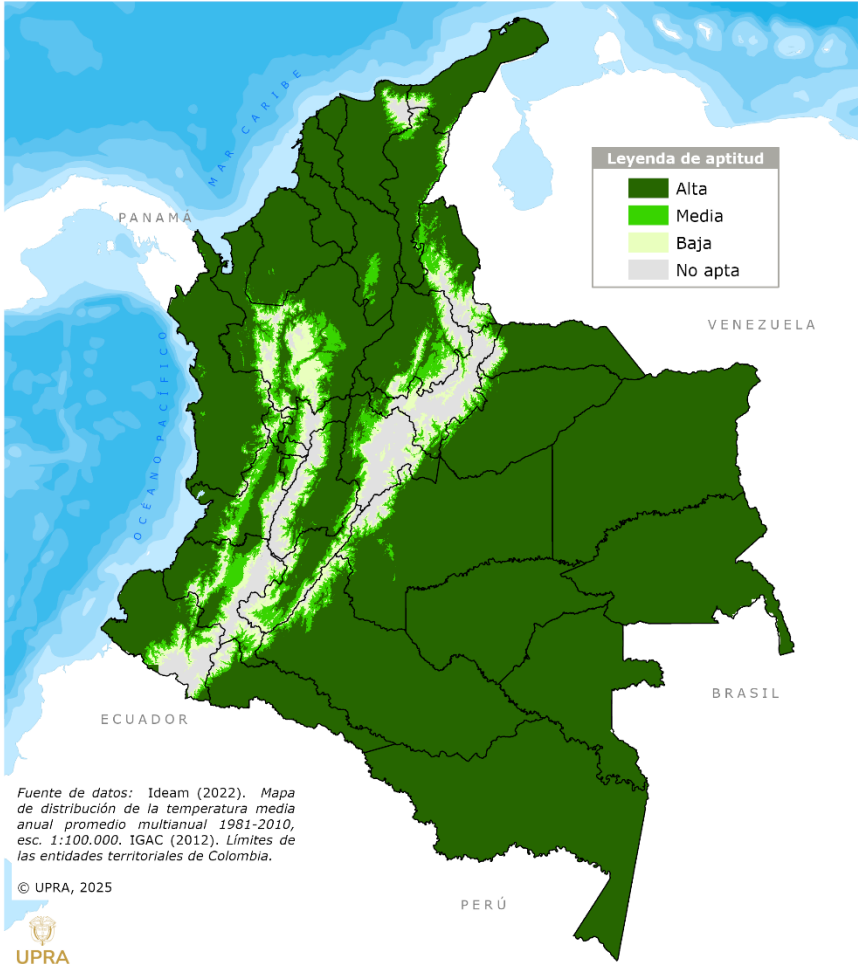
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia*, escala 1:100.000.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). *Normal climatológica período 1991-2020*, escala 1:100.000. Bogotá.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1976). *A Framework for Land Evaluation*. En: Soils Bulletin 32. Roma.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010*, escala: 1:100.000. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). *Mapa distribución de la evapotranspiración de referencia ETo en Colombia*.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). *Mapa de la distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1991-2020*, escala 1:100.000.



1.1.1. Variable Temperatura media anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE												
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional											
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Climático												
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas												
VARIABLE: Temperatura media anual	UNIDAD DE MEDIDA: °C											
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√										
	Análisis jerárquico	√										
	Restricción legal											
	Condicionante legal											
DEFINICIÓN												
Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende principalmente de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2014).												
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO												
La temperatura del aire ejerce un efecto en todos los procesos fisiológicos de las plantas. La velocidad de crecimiento está limitada por cierto rango de temperatura, comprendida entre los valores máximo y mínimo, fuera de los cuales éste se afecta; el valor óptimo se encuentra entre estos dos. Los efectos acumulativos de la temperatura tienen directa incidencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo de ahuyama (Doorenbos y Kassam, 1979). Para la zonificación de aptitud es fundamental conocer la distribución espacial anual de la temperatura del aire ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo cual permite establecer zonas con aptitudes alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apto (N1) para el cultivo.												
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO												
Se determina como valor de exclusión técnica (N1), temperaturas por debajo de 14 °C.												
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE												
No se dispone con una cobertura idónea de estaciones que registren la variable en todo el territorio nacional. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja con alto nivel de precisión la condición térmica actual del país.												
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN												
La información de base para las unidades térmicas se tomó de los datos publicados por el Ideam en la normal climática 1981-2010. Se realizó la delimitación a nivel espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo de la UPRA, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA. Los valores asignados para la construcción de rangos se realizaron según los requerimientos térmicos de la ahuyama.												
<table><tr><th>Temperatura media anual (°C)</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>22 - 30</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>18-22 y > 30</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>14-18</td><td>Baja (A3)</td></tr><tr><td>< 14</td><td>No apto (N1)</td></tr></table>			Temperatura media anual (°C)	Aptitud	22 - 30	Alta (A1)	18-22 y > 30	Media (A2)	14-18	Baja (A3)	< 14	No apto (N1)
Temperatura media anual (°C)	Aptitud											
22 - 30	Alta (A1)											
18-22 y > 30	Media (A2)											
14-18	Baja (A3)											
< 14	No apto (N1)											

Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: Ideam (2022). Mapa de distribución de la temperatura media anual promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. © UPRA, 2025  CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS Variable Temperatura media anual	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). <i>Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N° 33</i>, FAO, Roma, p. 193. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2017). <i>Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010</i>, escala: 1:100.000. Bogotá. • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). <i>Mapa de la distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1991-2020</i>, escala 1:100.000.	



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

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Climático
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	UNIDAD DE MEDIDA: Índice, entre 0 y 1	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo (Campos, 2005).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
La variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación natural. Las necesidades de agua para los cultivos son estimadas a través de la evapotranspiración actual y son suplidos en la medida que la precipitación esté disponible; esta relación indica que cuando los valores estén cercanos o iguales a 1, las necesidades de agua están siendo compensadas y, en la medida que se aleja, aumentan los déficits hídricos, lo que afecta el potencial de abastecimiento de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Se estableció como valor de exclusión técnica (N1), menos de 0,400 de IDHc que ocasiona estrés hídrico y, por lo tanto, imposibilidad para establecer el cultivo de ahuyama y permitir su crecimiento, desarrollo y producción.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Colombia presenta una amplia gama de condiciones climáticas que van desde lo semidesértico (La Guajira) hasta lo muy húmedo (Chocó) y desde el nivel del mar (costas Caribe y Pacífica) hasta la criósfera (nevados), que dificultan de manera importante establecer mapas nacionales, dado que en muchas regiones del país los modelos de estimación de la evapotranspiración (evapotranspiración de referencia ETo Penman-Monteith y del cultivo ETc) se sobreestima o subestima, sobre todo en las regiones de condiciones de baja evaporación.		
Dicho análisis de humedad para el cultivo se centra únicamente en lo climático, excluyendo el suelo (almacenamiento de agua del suelo), primero porque no se cuenta con información nacional de humedad aprovechable (capacidad de campo menos punto de marchitez permanente); además, la información de suelos que tiene cubrimiento nacional son los estudios generales (escala 1:100.000) y estos contienen asociaciones como unidades cartográficas de suelos.		
Es así como, al no incluir en el modelo, la capacidad de almacenamiento del suelo no es conveniente incluir en el modelo el almacenamiento mes a mes, con lo que conlleva a la inconveniencia de incluir las pérdidas de agua por escorrentía, como se sugiere con la precipitación efectiva (80 %, FAO/AGLW, USDA por Crowsat 8.0 y otras recomendadas), además de que no se cuenta con mapa nacional para esta variable (USDA, 1961).		



METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de esta variable se realizó en un sistema de información geográfico, a través de mapas ráster de precipitación, evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo mes a mes, mediante los siguientes cálculos ráster a partir de la normal climática 1991-2020:

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

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

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

Donde:

P = precipitación mensual multianual.

ETc = evapotranspiración del cultivo mensual bajo condiciones estándar.

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

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

$$ETc = Kc * ETo$$

Donde:

Kc : Coeficiente hídrico del cultivo de ahuyama. Valor utilizado = 1,0 (FAO, 1976)

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

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	IDHc _ Exceso	Aptitud
> 0,760	No aplica	Alta (A1)
0,621 - 0,760	2,901 - 3,200	Media (A2)
0,401 - 0,621	> 3,200	Baja (A3)
< 0,401	No aplica	No apto (N1)



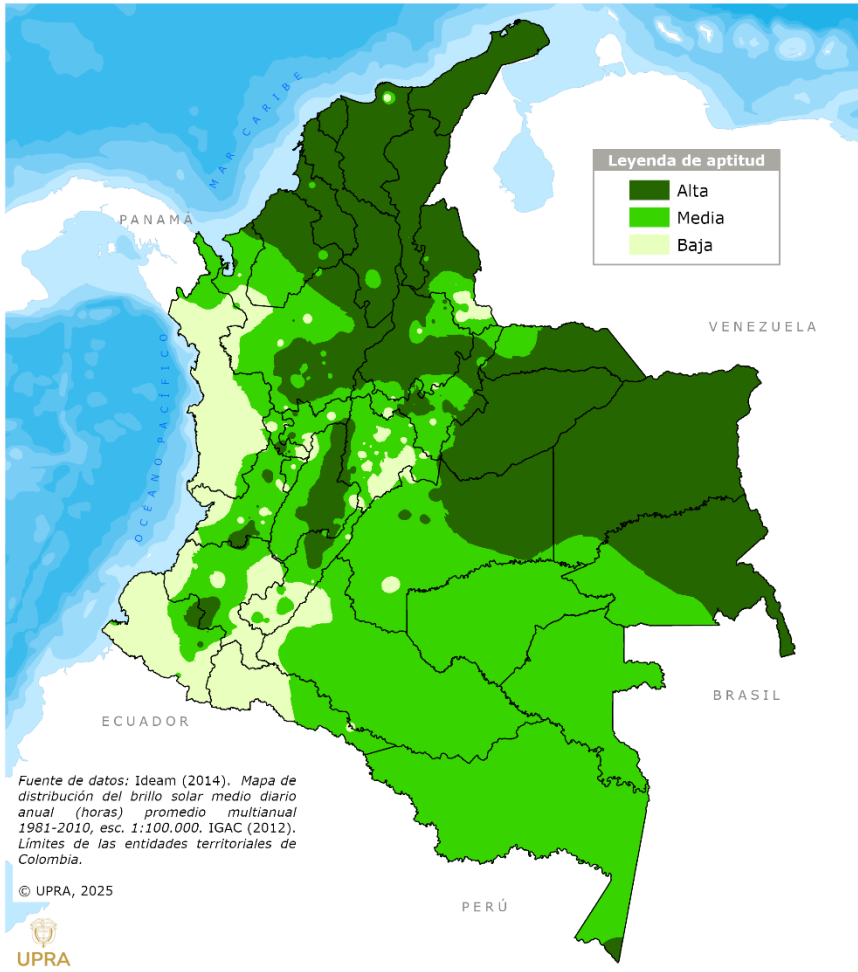
Unidad de análisis	Distribución del IDHc anual
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
Fuente de datos: Ideam (2014). Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas) promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS Variable Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Campos, D. (2005). <i>Agroclimatología cuantitativa de cultivos</i>. México: Trillas. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). <i>Normal climatológica período 1991-2020</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1976). <i>A Framework for Land Evaluation</i>. En: Soils Bulletin 32. Roma. • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). <i>Mapa distribución de la evapotranspiración de referencia ETo en Colombia</i>. • United States Department of Agriculture (USDA) (1961). <i>Land-Capability Classification</i>. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service.	



1.1.3. Variable Brillo solar medio diario anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE										
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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										
La cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre, se denomina brillo solar o insolación (Ideam, 2014).										
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 la ahuyama.										
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO										
No se considera rango de exclusión técnica (N1) para esta variable.										
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE										
No se dispone de una base de datos actualizada de la información de brillo solar de todo el territorio nacional generado por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene normalizada solo está hasta 2017 del Ideam. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja la condición de insolación actual del país.										
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN										
La información utilizada de base para las unidades de brillo solar se toma del mapa de <i>isohelias</i> anuales elaborado por el Ideam (2017) a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1991 a 2020.										
Se realiza una delimitación espacial del brillo solar, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico. La actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA. Los valores asignados para la construcción de rangos de brillo solar se realizaron según los requerimientos de la ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos).										
<table><tr><th>Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>> 5</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>4 - 5</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>< 4</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>			Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud	> 5	Alta (A1)	4 - 5	Media (A2)	< 4	Baja (A3)
Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud									
> 5	Alta (A1)									
4 - 5	Media (A2)									
< 4	Baja (A3)									



Unidad de análisis		Distribución del brillo solar medio diario anual	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE			
 Fuente de datos: Ideam (2014). Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas) promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. © UPRA, 2025 UPRA			
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS Variable Brillo solar medio diario anual			
FUENTES DE INFORMACIÓN			
• Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2014). <i>Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000</i>. Bogotá.			

1.2. Criterio Disponibilidad de nutrientes

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: Disponibilidad de nutrientes		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Acidez (pH), expresada en rangos de pH. • Capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada en cmol/kg de suelo. • Saturación de bases, expresada en porcentaje (%). • Carbono orgánico, expresado en porcentaje (%).		
DEFINICIÓN		
Cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades balanceadas y apropiadas para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO		
Considera las relaciones químicas en la zona radicular de las plantas, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas. Estas relaciones, según las características de las unidades de tierra, 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 ahuyama o zapallo. En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que la saturación de bases sea alta y esté acompañada de capacidad de intercambio catiónico alta y el pH adecuado, las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma adecuada y oportuna, lo cual se verá reflejado en el buen desarrollo y rendimiento.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Como exclusión técnica (N1), se encuentran los suelos denominados <i>Histosoles</i> , 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 y fijación de nitrógeno (MADS, 2020).		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes		

tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los valores de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), en el cual se encuentran las variables que son responsables del almacenamiento de los elementos nutritivos, así como la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, y el pH como factor que afecta la disponibilidad de cada uno de los elementos.

La calificación que se consideró en cada una de las variables es:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez (pH)	pH	> 5,0 - < 6,5	4,5 - 5,0 y 6,5 - 7,5	< 4,5 y > 7,5	-
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	≥ 20	10 - 20	< 10	-
Saturación de bases	Porcentaje (%)	≥ 35	10 - 35	10	-
Carbono orgánico	Porcentaje (%)	> 0,5 – < 7,6	0,2-0,5 y > 7,6	< 0,2	<i>Histosoles</i>

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para discriminar los diferentes niveles de aptitud, se construyó una tabla de ponderación mediante la asignación porcentual a cada una de las variables que conforman el criterio de acuerdo con el favorecimiento que cada una de las variables representan al desarrollo del cultivo (acidez 30 %; CIC, 10 %; saturación de bases 30 % y carbono orgánico, 30 %). Los rangos de calificación en la suma ponderada son: A1: > 2,5; A2: > 2 y < 2,5 y A3: ≤ 2.

Árbol de decisión del criterio

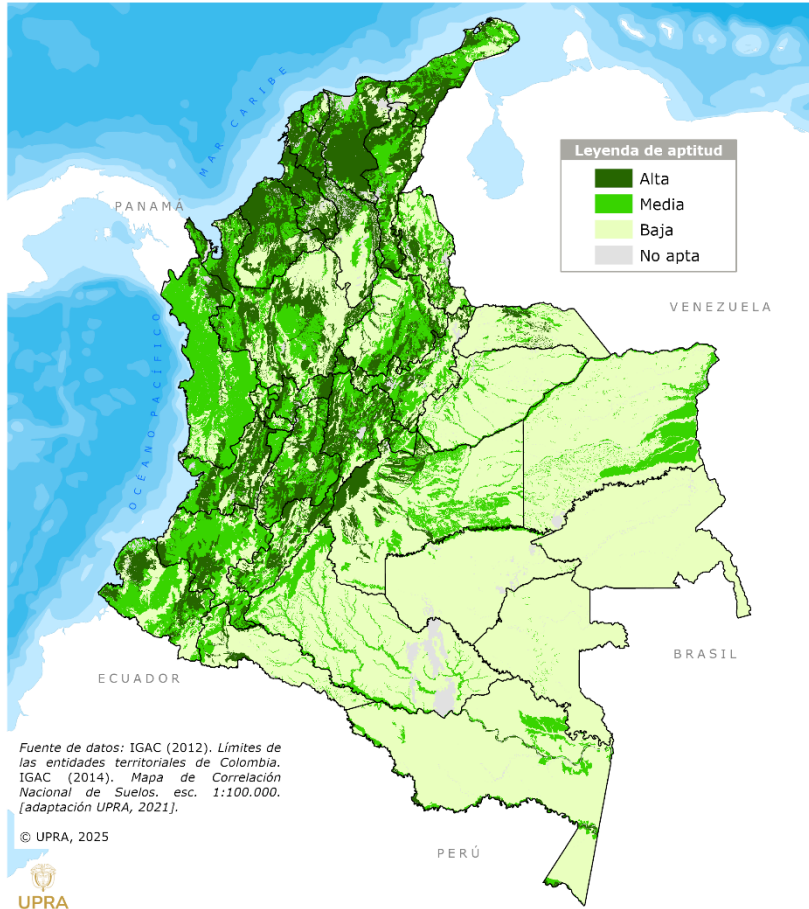
Acidez (pH)	Saturación de bases	CIC	Carbono orgánico	Aptitud
> 5,0 - < 6,5	≥ 35	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		10-20	> 0,5-< 7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A1
			< 0,2	A2
	10-35	< 10	> 0,5-< 7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		≥ 20	> 0,5-< 7,6	A1



			10-20	0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A2
				> 0,5-< 7,6	A1
			< 10	0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
				> 0,5-< 7,6	A2
		< 10	≥ 20	0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
				> 0,5-< 7,6	A2
			10-20	0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
				> 0,5-< 7,6	A2
			< 10	0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
				> 0,5-< 7,6	A2
	4,5 - 5,0 y 6,5 - 7,5	≥ 35	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A1
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A2
			10-20	> 0,5-< 7,6	A1
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
			< 10	> 0,5-< 7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
		10-35	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
			10-20	> 0,5-< 7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			< 10	> 0,5-< 7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
		< 10	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10-20	> 0,5-< 7,6	A3
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			< 10	> 0,5-< 7,6	A3
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3



			0,2-0,5 y > 7,6	A3		
			< 0,2	A3		
< 4,5 y > 7,5	≥ 35	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A2		
			0,2-0,5 y > 7,6	A2		
			< 0,2	A3		
		10-20	> 0,5-< 7,6	A2		
			0,2-0,5 y > 7,6	A3		
			< 0,2	A3		
			< 10	> 0,5-< 7,6	A2	
				0,2-0,5 y > 7,6	A3	
				< 0,2	A3	
		10-35	≥ 20	> 0,5-< 7,6	A2	
				0,2-0,5 y > 7,6	A3	
				< 0,2	A3	
	10-20		> 0,5-< 7,6	A3		
			0,2-0,5 y > 7,6	A3		
			< 0,2	A3		
			< 10	> 0,5-< 7,6	A3	
				0,2-0,5 y > 7,6	A3	
				< 0,2	A3	
	< 10		≥ 20	> 0,5-< 7,6	A3	
				0,2-0,5 y > 7,6	A3	
				< 0,2	A3	
		10-20	> 0,5-< 7,6	A3		
			0,2-0,5 y > 7,6	A3		
			< 0,2	A3		
			< 10	> 0,5-< 7,6	A3	
				0,2-0,5 y > 7,6	A3	
				< 0,2	A3	
		Histosoles				N1

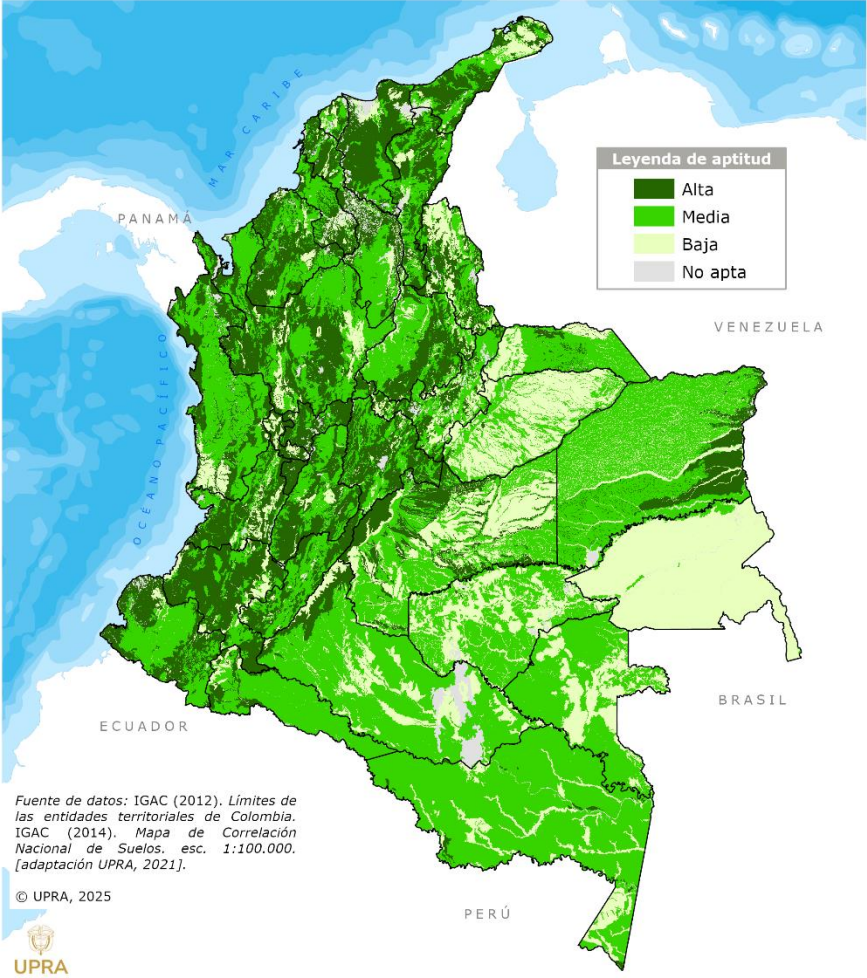
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (MADS) (2020). <i>Plan nacional de adaptación al cambio climático</i>. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc • Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1976). <i>A Framework for Land Evaluation</i>. En: Soils Bulletin 32. Roma. • United States Department of Agriculture (USDA) (1961). <i>Land-Capability Classification</i>. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service.	



1.2.1. Variable Acidez (pH)

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: Acidez (pH)	UNIDAD DE MEDIDA: 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, un pH 7 es neutral. Valores inferiores a 7 indican acidez y los valores más altos indican alcalinidad (USDA, 1961). pH: este término fue introducido por Sørensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H⁺ (αH⁺) como una función logarítmica, por lo cual corresponde al logaritmo negativo de la actividad de iones H⁺ en la solución o suspensión del suelo (Garavito, 1979). El pH puede definirse como: $pH = \log \frac{1}{\log(\alpha H^+)} = -\log \alpha H^+ = -\log(\alpha H^+)$		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
El pH es una de las propiedades fisicoquímicas 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, 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. • Absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de ellos, la absorción radicular se dificulta y si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio). • La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.		

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO																									
No se consideraron rangos no aptos (N1) para el cultivo de ahuyama, 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 significa que dentro de la unidad existen áreas que tienen valor de pH diferente al componente calificado, por lo tanto, niveles diferentes de aptitud.																									
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN																									
El IGAC (2010), en el manual codificado de reconocimiento de suelos, clasifica el pH de la siguiente manera:																									
<table><thead><tr><th>pH</th><th>Clase</th></tr></thead><tbody><tr><td>< 3,5</td><td>Ultra ácido</td></tr><tr><td>3,5 - 4,4</td><td>Extremadamente ácido</td></tr><tr><td>4,5 - 5,0</td><td>Muy fuertemente ácido</td></tr><tr><td>5,1 - 5,5</td><td>Fuertemente ácido</td></tr><tr><td>5,6 - 6,0</td><td>Moderadamente ácido</td></tr><tr><td>6,1 - 6,5</td><td>Ligeramente ácido</td></tr><tr><td>6,6 - 7,3</td><td>Neutro</td></tr><tr><td>7,4 - 7,8</td><td>Ligeramente alcalino</td></tr><tr><td>7,9 - 8,4</td><td>Moderadamente alcalino</td></tr><tr><td>8,5 - 9,0</td><td>Fuertemente alcalino</td></tr><tr><td>> 9,0</td><td>Muy fuertemente alcalino</td></tr></tbody></table>	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	
pH	Clase																								
< 3,5	Ultra ácido																								
3,5 - 4,4	Extremadamente ácido																								
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido																								
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido																								
5,6 - 6,0	Moderadamente ácido																								
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido																								
6,6 - 7,3	Neutro																								
7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino																								
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino																								
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino																								
> 9,0	Muy fuertemente alcalino																								
La variable se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de pH se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales.																									
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD																									
El cultivo de ahuyama se produce en variadas condiciones de acidez en las diferentes regiones del país (Japón, 1981; Jaramillo, 1983; SENA, 1986; Rincón, 1989; Departamento del Valle del Cauca, 1992, Universidad Nacional de Colombia, 2004; Vallejo y Estrada, 2004; Hernández, 2015; Del Pino, 2016; Agrosavia, 2019; Cosme, 2021).																									
<table><thead><tr><th>Acidez (pH)</th><th>Aptitud</th></tr></thead><tbody><tr><td>> 5,0 - < 6,5</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>4,5 - 5,0 y 6,5 - 7,5</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>< 4,5 y > 7,5</td><td>Baja (A3)</td></tr></tbody></table>	Acidez (pH)	Aptitud	> 5,0 - < 6,5	Alta (A1)	4,5 - 5,0 y 6,5 - 7,5	Media (A2)	< 4,5 y > 7,5	Baja (A3)																	
Acidez (pH)	Aptitud																								
> 5,0 - < 6,5	Alta (A1)																								
4,5 - 5,0 y 6,5 - 7,5	Media (A2)																								
< 4,5 y > 7,5	Baja (A3)																								
Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores y la literatura relacionada.																									

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Variable Acidez (pH)	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). <i>Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana</i>. Mosquera, Colombia. Obtenido de: https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1. • Cosme, L. (2021). <i>Manual del cultivo de zapallo Macre (Cucurbita maxima Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú</i>. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. Obtenido de: https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227.	



Anexo: Fichas metodológicas de criterios y variables

- Del Pino, M. (2016). *Guía didáctica: cultivo y manejo de cucurbitáceas: parte especial: zapallos y zapallitos*. Horticultura y Floricultura-FCA y F- UNLP. Perú. Obtenido de: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/60755/mod_folder/content/0/Guia%20de%20cucurbitaceas%202016.pdf.
- Departamento del Valle del Cauca (1992). *Guía agronómica de cultivos representativos del departamento para la realización de las estimaciones agrícolas por métodos indirectos -EAMI*. Secretaría de Agricultura y Pesca. Grupo de Sistemas de Información. Obtenido de: <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=1103>
- Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*, 2 ed. Bogotá: IGAC. p. 30, 119 y 128.
- Hernández, E. (2015). *Guía para la Producción Comercial de la Calabaza Tropical*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. Obtenido de: <https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=12631>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia*, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*, escala 1:100.000. Bogotá.
- Japón, J. (1981). *Cultivo de calabazas*. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20. Obtenido de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_11-12.pdf.
- Jaramillo V., J. G. (1983). *Ahuyama o zapallo*. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Obtenido de: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/22627#:~:text=Resumen,moschata%2C%20ahuyama%20a%20C>.
- Rincón, O. (1989). *Cultivo de la auyama*. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1; p. 16-20. Obtenido de: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (1986). *Huerta casera. El cultivo de la ahuyama*. Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Formación abierta y a distancia. Senafad. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7605/Hueta_casera_17_El%20cultivo%20de%20la%20ahuyama.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Universidad Nacional de Colombia (2004). *Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarin*. Programa de Investigación: Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas. Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.
- United States Department of Agriculture (USDA) (1961). *Land-Capability Classification*. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2004). *El cultivo de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. <https://drive.google.com/file/d/1A0tW7ky82kl-UVxXtFqNqV-l4Azci4c4/view>.

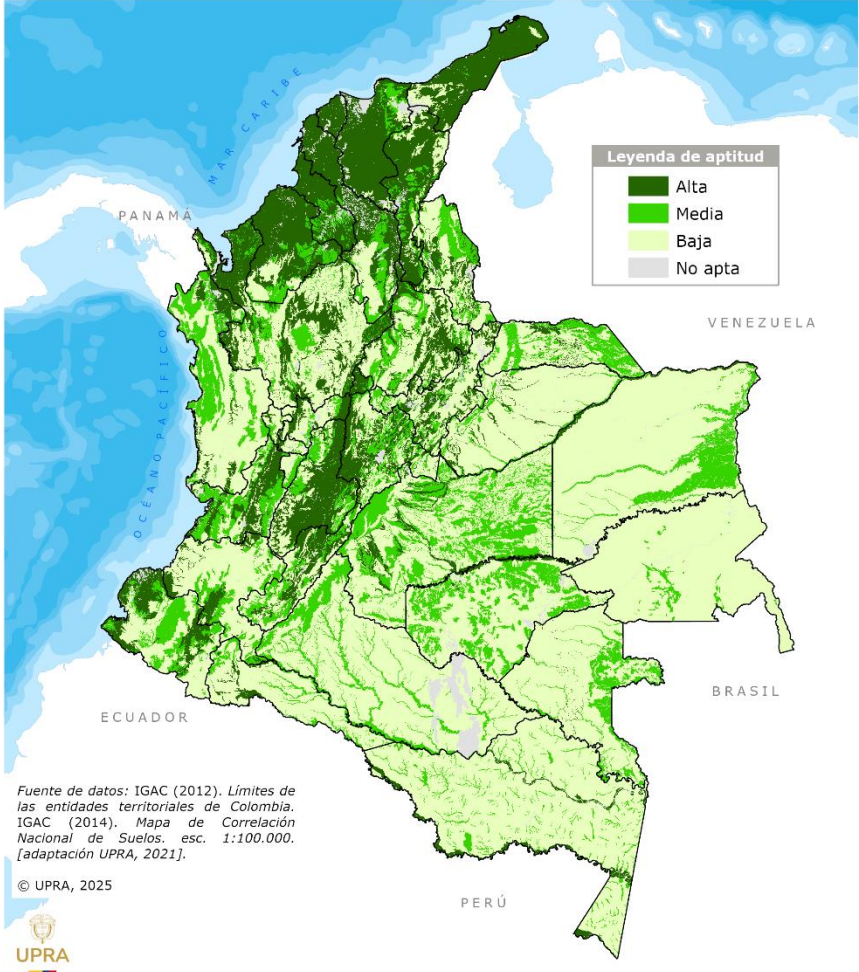
1.2.2. Variable Saturación de bases

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 las bases varía según si la capacidad de intercambio catiónico incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a pH 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (Soil Science Society of America, 2018).													
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE													
Estima la cantidad de los elementos nutrientes (protones) del suelo, la cual determina su productividad natural.													
El contenido alto de saturación de bases indica que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos para las plantas de ahuyama. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la capacidad de intercambio catiónica es elevada. Cuando en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, deben adicionarse fertilizantes.													
La saturación de bases cambiabiles, 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													
No se determinaron áreas no aptas (N1) por esta variable, debido a que, en las unidades de tierras con baja saturación de bases, se pueden aplicar fertilizantes, como parte del manejo del cultivo.													
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE													
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000 son asociaciones, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de varios tamaños que tienen saturación de bases diferente al componente calificado, que pueden corresponder a aptitudes diferentes.													
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN													
La variable se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).													
Los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales. Se tomaron como base los cinco rangos la tabla de consideraciones generales para evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), donde las mejores condiciones se presentan a partir de 35%.													
<table><tr><th colspan="6">Rangos de porcentaje de saturación de bases</th></tr><tr><td>Rango</td><td>< 10</td><td>10 - 35</td><td>36 - 50</td><td>51 - 70</td><td>> 70</td></tr></table>		Rangos de porcentaje de saturación de bases						Rango	< 10	10 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
Rangos de porcentaje de saturación de bases													
Rango	< 10	10 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70								
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD													
De acuerdo con los requerimientos mínimos de nutrientes en el suelo para el establecimiento de un cultivo de ahuyama, se establecieron los siguientes rangos de aptitud:													
<table><tr><th>Saturación de bases</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>≥ 35</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>10-35</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>< 10</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>		Saturación de bases	Aptitud	≥ 35	Alta (A1)	10-35	Media (A2)	< 10	Baja (A3)				
Saturación de bases	Aptitud												
≥ 35	Alta (A1)												
10-35	Media (A2)												
< 10	Baja (A3)												

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Variable Saturación de bases	



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). <i>Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)</i>. 119 p. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Malagón, D. (1995). <i>Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso</i>. p. 423-427. Bogotá: IGAC. • Soil Science Society of America (2018). <i>Glosario de términos de ciencias del suelo</i>. <">https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

1.2.3. Variable Carbono orgánico

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
El carbono orgánico del suelo es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro. Se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nitrógeno en el suelo, cuyo aporte mineral es escaso. La materia orgánica también modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto la parte biológica, el carbono proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie et al., 1999).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Como exclusión técnica (N1) se encuentran los suelos denominados <i>Histosoles</i> , debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente suelos orgánicos de los páramos y humedales que no se han intervenido (drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva,		

a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono, fijación de nitrógeno (MADS, 2020).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se construyó a partir del contenido de carbono orgánico registrado en la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se tomaron de los horizontes superficiales del perfil modal.

Se tiene en cuenta la tabla para el cálculo de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), la cual discrimina los contenidos en cinco categorías, de acuerdo con el clima donde se encuentra, considerando que la ahuyama es cultivada principalmente en climas cálido y templado y frío moderado.

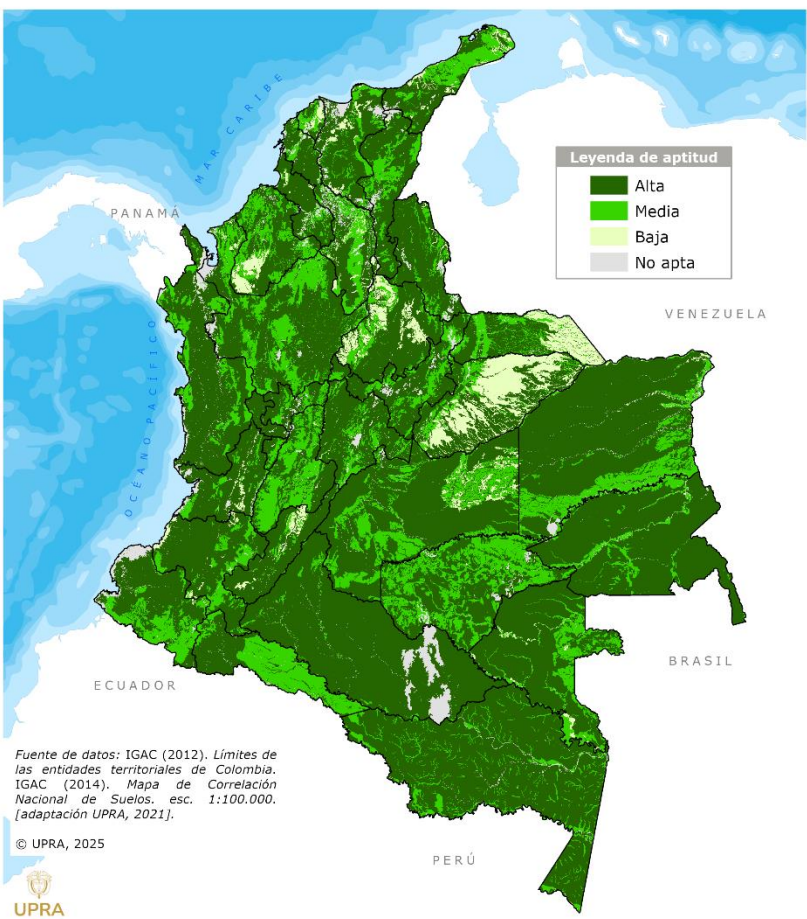
Rangos de carbono orgánico (%)					
Clima cálido	≤ 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1,7	1,71 - 2,9	< 3,0
Clima templado	< 0,5	0,6 - 1,7 y > 7,6	1,8 - 2,9 y 6,5 - 7,6	3,0 - 4,1 y 5,4 - 6,5	4,2 - 5,3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para asignar los valores de aptitud para la variable se construyen teniendo en cuenta los requerimientos de materia orgánica y de nitrógeno referenciados para el cultivo de la ahuyama (Japón, 1981; Jaramillo, 1983; SENA, 1986; Universidad Nacional de Colombia, 2004; Vallejo y Estrada, 2004; Agrosavia, 2019; Cosme, 2021), de la siguiente forma:

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

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Variable Carbono orgánico	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Borie, G., Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). «Actividad biológica en suelos». En: Frontera Agrícola 5. p. 29-32. - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). <i>Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana</i>. Mosquera, Colombia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1. - Cosme, L. (2021). <i>Manual del Cultivo de Zapallo Macre (Cucurbita maxima Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú</i>. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). <i>Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)</i>. 119 p. Bogotá.	



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia*, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.
- Jackson, M. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. p. 205.
- Japón J. (1981). *Cultivo de calabazas*. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_11-12.pdf.
- Jaramillo V., J. G. (1983). *Ahuyama o zapallo*. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/22627#:~:text=Resumen,moschata%2C%20ahuyama%20a%20C>.
- Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (MADS) (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Obtenido en marzo 15 de 2023 de: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc>.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (1986). *Huerta casera. El cultivo de la ahuyama*. Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Formación abierta y a distancia. Senafad. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7605/Hueta_casera_17_El%20cultivo%20de%20la%20ahuyama.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Universidad Nacional de Colombia (2004). *Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarin*. Programa de Investigación: Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas. Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2004). *El cultivo de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. <https://drive.google.com/file/d/1A0tW7ky82kl-UVxXtFqNqV-l4Azci4c4/view>.

1.2.4. Variable Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 gramos 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 ahuyama. 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 ahuyama, y es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No se determinó área no apta (N1) por esta variable debido a que a las unidades de 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 saturaciones de diferente aptitud al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

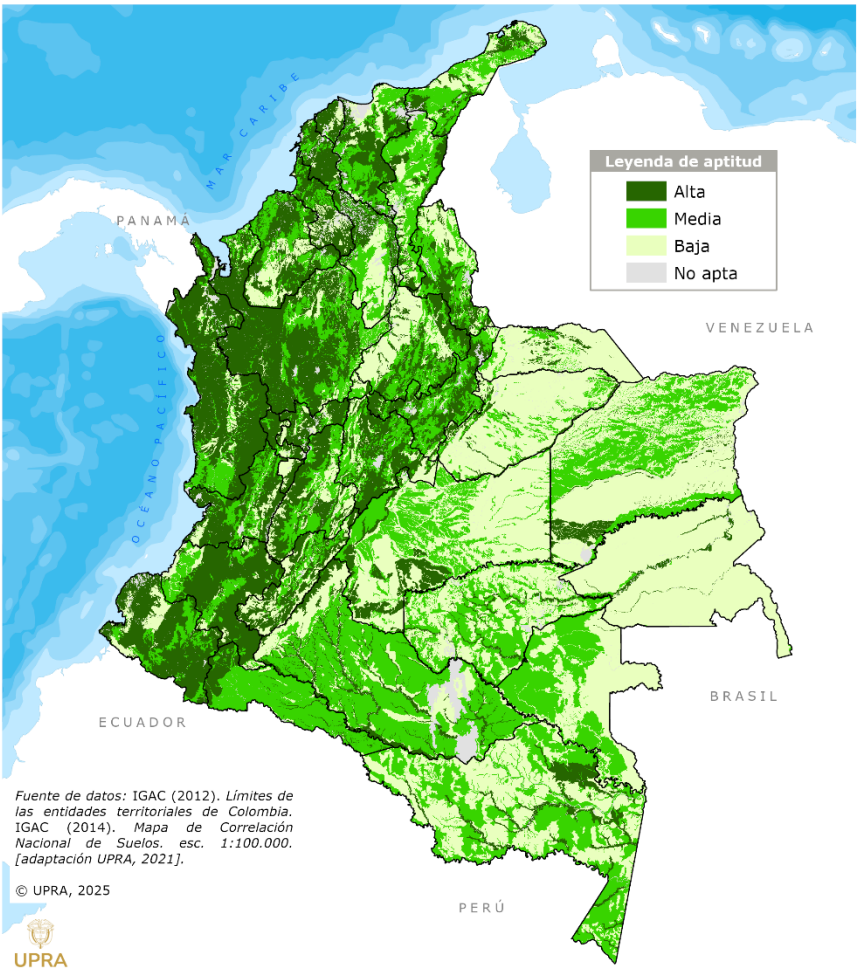
Para asignar las calificaciones se tiene en cuenta las consideraciones generales para interpretar análisis de suelos (IGAC, 2010).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

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

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025  CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Variable Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Cortés, A. y Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: UJTL. p. 270. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Malagón, D. (1995). Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC. p. 423-427.	



1.3. Criterio Toxicidad por sales, sodio y aluminio

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Salinidad y sodicidad</i>: salinidad expresada en dS/m y sodicidad expresada en porcentaje de saturación de sodio (PSI). • <i>Saturación de aluminio</i>: expresado en porcentaje (%).		
DEFINICIÓN		
La fitotoxicidad es la capacidad de un elemento o compuesto para causar daños temporales o de larga duración a las plantas. El daño puede ser general o limitado a determinadas especies o variedades de plantas (FAO y OMS, 2017).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicas para las plantas de ahuyama, restringe el crecimiento y la producción de frutos, además de producir efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos. En general, algunos elementos en cantidades elevadas restringen el uso de las tierras a ciertas plantas tolerantes y/o resistentes, además incrementan los costos para la adecuación y manejo, ya que se requiere la aplicación de enmiendas. En el ámbito de los suelos colombianos, tienen gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio. El sodio (Na), además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo debido al efecto dispersante, produce disminución del crecimiento de las raíces de las plantas y necrosis en las hojas. Las sales afectan la absorción de otros elementos (K^+, NO_3, fósforo PO_4) por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhiben la división celular. El aluminio (Al^{+++}) es uno de los elementos que se encuentra comúnmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos y las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la producida por deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato), inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
De acuerdo con la fisiología de las plantas y las propiedades de los suelos colombianos, se consideran no aptas (N1), las tierras que presenten saturaciones de sodio superiores a 15 %.		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor		



representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de ésta existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que, pueden corresponder a aptitudes diferentes.

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	≤ 60 (Andisoles)	60 - 90	> 90	-
Salinidad	dS/m	$\leq 2,5$	2,5-4,0	$> 4,0$	-
Sodicidad	PSI	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)

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

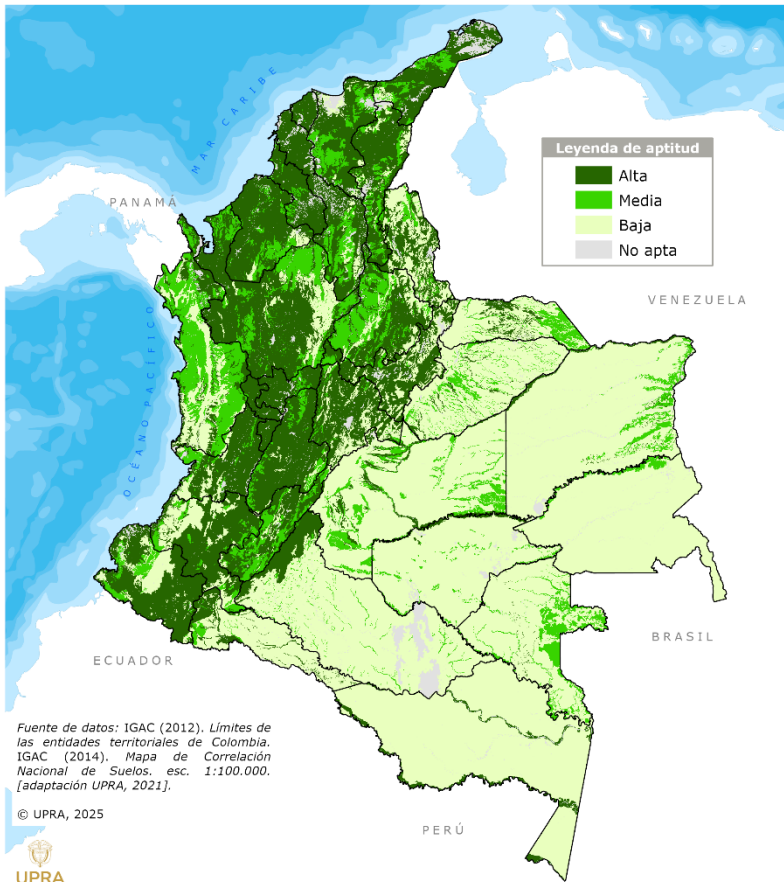
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Árbol de decisión para el criterio

Saturación de aluminio	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
≤ 60	$\leq 2,5$	≤ 15 (No sódico)	A1
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	2,5 - 4	≤ 15 (No sódico)	A1
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	> 4	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
60 - 90	$\leq 2,5$	≤ 15 (No sódico)	A2
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	2,5 - 4	≤ 15 (No sódico)	A2
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	> 4	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
> 90	$\leq 2,5$	≤ 15 (No sódico)	A3



			> 15 (Sódico, salino sódico)	N1	
		2,5 - 4	≤ 15 (No sódico)	A3	
			> 15 (Sódico, salino sódico)	N1	
		> 4	≤ 15 (No sódico)	A3	
			> 15 (Sódico, salino sódico)	N1	
Unidad de análisis		Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos			
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO					
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO					
FUENTES DE INFORMACIÓN					
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS) (2017). <i>Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS</i>. Estudio FAO producción y protección vegetal 228. Roma.					

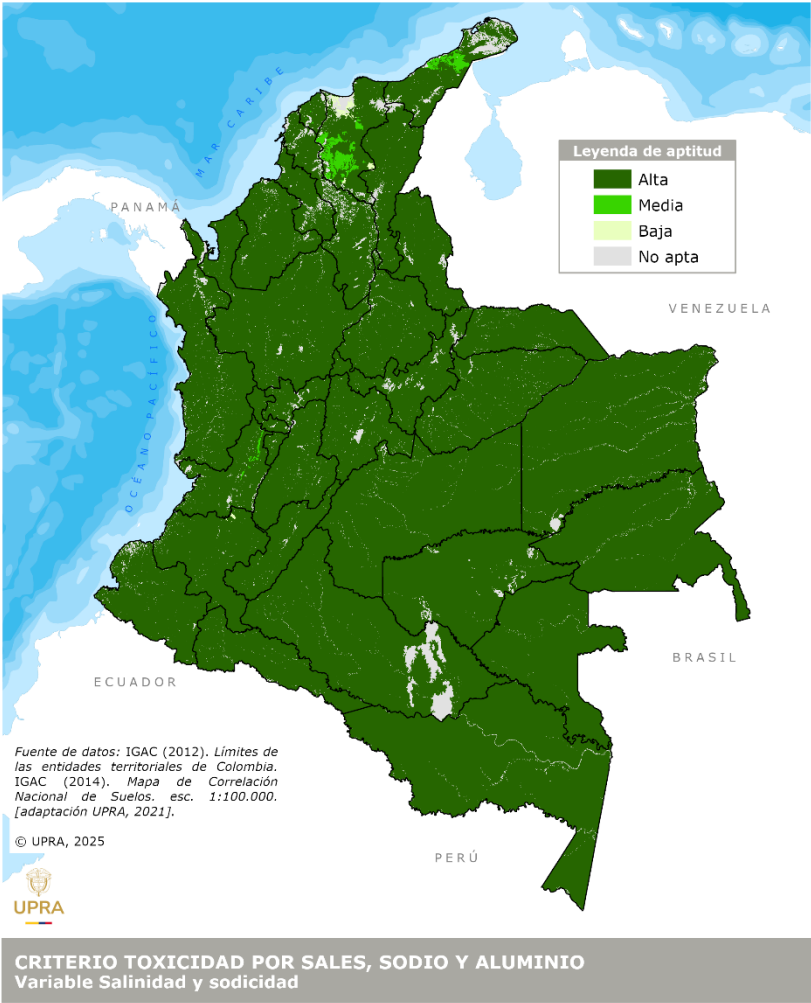


1.3.1. Variable Salinidad y sodicidad

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: Salinidad y sodicidad	UNIDAD DE MEDIDA: Salinidad (dS/m) y sodicidad (PSI)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Contenido alto de sales solubles y sodio intercambiable en el suelo. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de ahuyama. 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		
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). La ahuyama es una especie que no tolera excesos de sales en el suelo. Algunos sectores del país con aptitud para el cultivo de ahuyama se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, el cual precisa de un óptimo manejo para que se evite la salinización. Los altos contenidos de sales o de sodio, tienen los siguientes efectos negativos en el desarrollo de las plantas: • La salinidad influye en los valores del pH y por tanto afecta la disponibilidad de nutrientes. • Afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K⁺), Nitrato (NO₃), fósforo (PO₄) y calcio (Ca⁺). • Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta. • El sistema radicular no se desarrolla en forma adecuada. • Las raíces profundizan menos y hay menos ramificaciones. • No hay división y crecimiento celular y, por tanto, las plantas disminuyen su desarrollo.		



VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO				
Se considera que unidades de tierra con presencia de saturación de sodio mayor de 15 %, no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de ahuyama, debido a las mínimas probabilidades de un buen desarrollo.				
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE				
La principal dificultad para evaluar esta variable es la falta de información; en los estudios generales de suelos a escala 1:100.000, en algunos casos, solamente aparece la presencia o no presencia de sales.				
Las sales no se presentan de manera uniforme: varía tanto de forma horizontal como vertical y también en el transcurso del año. La presencia se evidencia en forma de manchas y costras (las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio, en costras negras, debido a la dispersión de la materia orgánica).				
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN				
Los suelos salinos y sódicos o no sódicos se obtuvieron a partir de la base de del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.				
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD				
La ahuyama se considera una especie moderadamente susceptible tanto a las sales como al sodio presentes en el suelo (Japón, 1981; Rincón, 1989; Del Pino, 2016; Cosme, 2021).				
Los suelos con aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor de 2,5 dS/m (no salino) y menos del 15 % de Na intercambiable; con aptitud media (A2), se califican los suelos ligeramente salinos (2,5 a 4 dS/m) y menos de 15 % de saturación de Na; los suelos con baja aptitud (A3) presentan más de 4 dS/m y menos de 15 % de sodio; los suelos no aptos técnicamente (N1), son suelos sódicos, que presentan más del 15 % de saturación de Na y más de 4 dS/m de salinidad.				
Salinidad y sodicidad				
Variables	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad (dS/m)	≤ 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0	-
Sodicidad (% Na)	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)
Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con reportes de investigación.				

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Cosme, L. (2021). Manual del Cultivo de Zapallo Macre (<i>Cucurbita maxima</i> Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227. • Del Pino, M. (2016). Guía didáctica: cultivo y manejo de cucurbitáceas: parte especial: zapallos y zapallitos. Horticultura y Floricultura-FCAy F- UNLP. Perú. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/60755/mod_folder/content/0/Guia%20de%20cucurbitaceas%202016.pdf. • Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos. Bogotá: IGAC. p. 148 y 149. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.	



- Japón J. (1981). Cultivo de calabazas. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_11-12.pdf.
- Rincón, O. (1989). Cultivo de la auyama. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1 (1989); p. 16-20. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq

1.3.2. Variable Saturación de aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: Saturación de aluminio		UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Es la proporción de Al ⁺⁺⁺ en el complejo de cambio y en la solución del suelo. La acidez intercambiable se debe a los iones Al ⁺⁺⁺ y H ⁺ intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl); también incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al ⁺⁺⁺), que es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5 y que afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, del magnesio y del potasio.		
Se ha establecido que cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al ⁺⁺⁺ en la solución del suelo, la saturación es menor de 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada a Al; cuando es mayor de 60 %, la concentración de Al en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).		
Un alto contenido de aluminio en el suelo limita la degradación microbiana de la materia orgánica, inhibe el crecimiento de las raíces y como consecuencia, reduce la toma de agua y de nutrientes, afectando la productividad. Los excesos de aluminio disminuyen la disponibilidad del fósforo, elemento importante en el suministro de energía para las plantas de ahuyama y responsable de un buen desarrollo del sistema de raíces.		
Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al ⁺⁺⁺ intercambiable es necesario aplicar altas dosis de enmiendas alcalinas, para elevar el pH a niveles no tóxicos, o utilizar plantas que sean tolerantes a la acidez (Cortés y Malagón, 1984).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
No se considera rango no apto (N1), para el cultivo de ahuyama, dado que es tolerante al aluminio y además se pueden aplicar enmiendas.		



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 menor tamaño que tienen contenidos de aluminio diferente al componente calificado, los cuales pueden o no ser restrictivos para el cultivo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

La calificación se hace a partir de los cinco rangos que se obtienen de la tabla para la evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

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

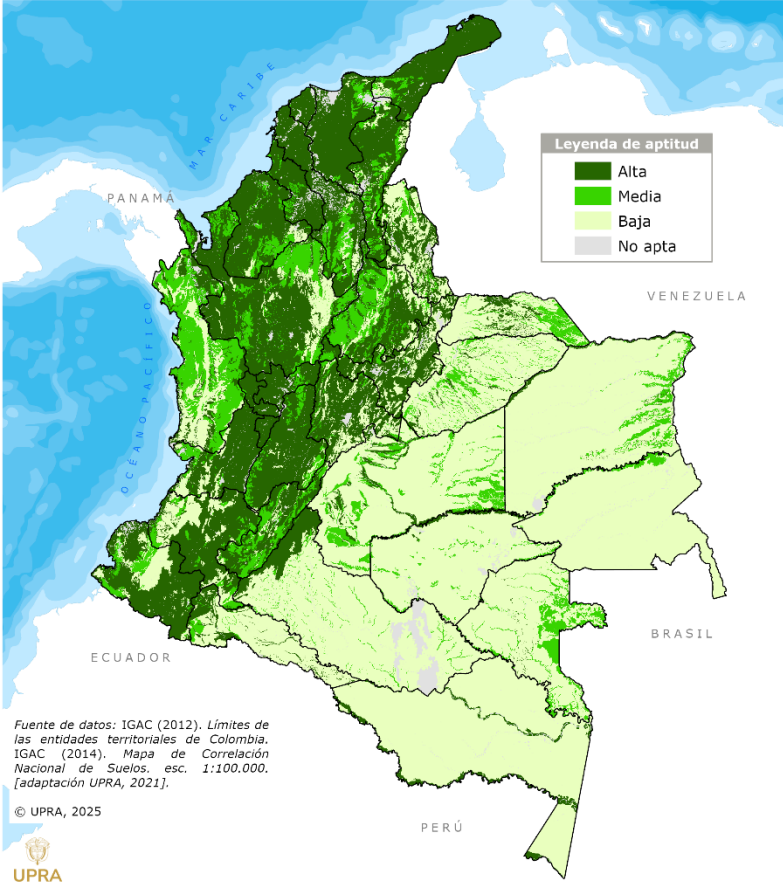
La calificación para obtener estos rangos se hace a partir del mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 60 (Andisoles)	Alta (A1)
60 - 90	Media (A2)
> 90	Baja (A3)



Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO Variable Saturación de aluminio	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Cortés, A. y Malagón, D. (1984). <i>Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples</i>. Bogotá: UJTL. • Garavito, F. (1979). <i>Propiedades químicas de los suelos</i>. p. 128-130. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). <i>Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)</i>. Bogotá. 119 p. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000</i>. Bogotá.	

1.4. Criterio Capacidad de laboreo

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: Capacidad de laboreo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Pendiente</i>, expresada en rangos de pendiente (%). • <i>Textura</i>, expresada en clases texturales. • <i>Pedregosidad</i>, expresada en fase cartográfica de pedregosidad.		
DEFINICIÓN		
Condiciones del terreno para preparar un lecho, con unas condiciones que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 1976).		
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, desyerbas, aplicación de plaguicidas, fertilizaciones y cosecha, entre otros.		
El establecimiento del cultivo de ahuyama implica el uso de maquinaria, en las actividades de preparación del terreno y construcción de drenajes y, eventualmente, infraestructura de riego, especialmente cuando se encuentra en áreas planas.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
La pendiente presenta límites que se califican como no aptos (N1), cuando son mayores de 75 %, ya que no permiten el desarrollo de labores, especialmente las mecanizadas.		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de ésta, existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que pueden corresponder a aptitudes diferentes.		
La pedregosidad no se encuentra en rangos por porcentaje, solamente si es pedregoso, lo cual implica que es mayor de 35 %.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Los datos para las tres variables que conforman este criterio se obtienen de la base de datos del mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de la pendiente, clases texturales la pedregosidad.		



Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Pendiente	Porcentaje (%)	< 12	12 - 25	25 - 75	> 75
Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

En la aptitud media (A2), se incluyen los horizontes orgánicos y los subgrupos Vertic; en la aptitud baja (A3), se incluyen los suelos clasificados como Vertisoles por su alto contenido de arcilla, al igual que los Psamments por su alto contenido de arenas; el resto de las texturas se califican con aptitud alta (A1).

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:

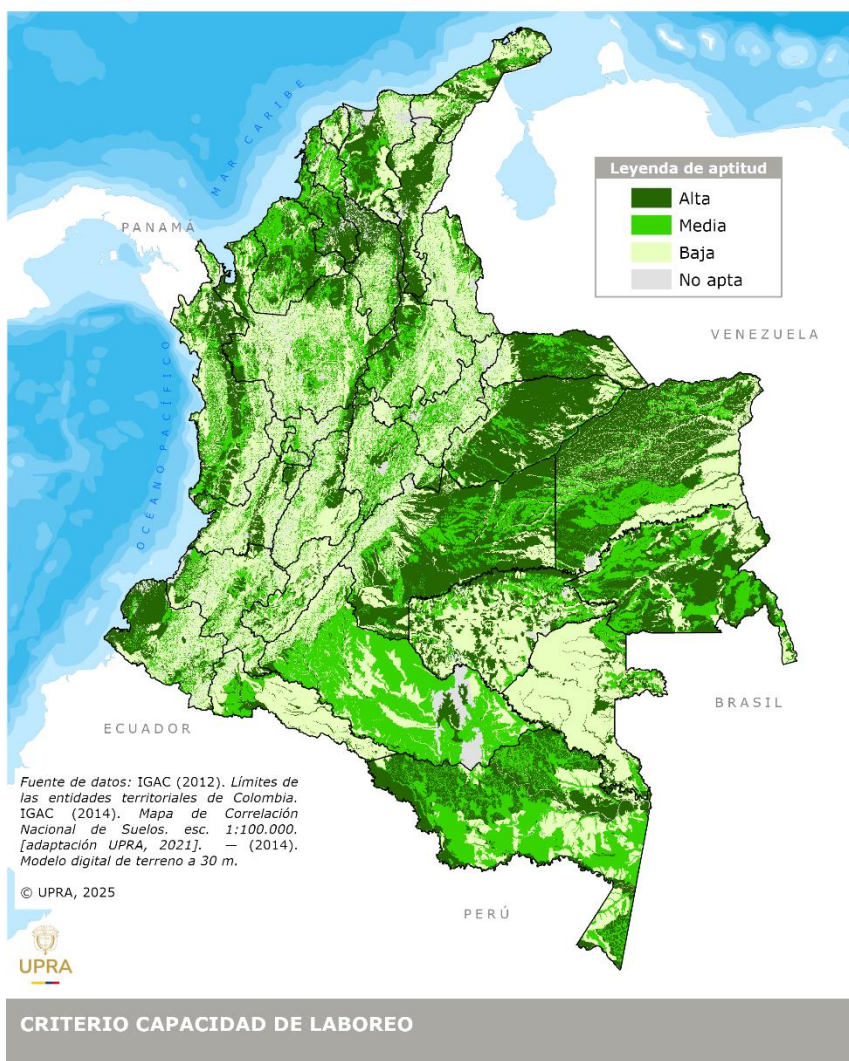
Pendiente (%)	Textura (clase textural)	Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
≤ 12	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
12 - 25	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
25 - 75	F, FL, FA, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
> 75	Cualquiera	Cualquiera	N1

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

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Modelo digital de terreno a 30 metros.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1976). *A Framework for Land Evaluation*. En: Soils Bulletin 32. Roma.



1.4.1. Variable Pendiente

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE										
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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	✓								
	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										
Incide directamente en el paso de la maquinaria y de las personas y, por lo tanto, en la eficiencia de la adecuación, preparación y mantenimiento y demás labores de los cultivos de ahuyama, ya sea en forma manual, con tracción animal o mecanizada. De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes hasta del 12 % sin dificultades; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales tanto para el establecimiento como para el mantenimiento del cultivo de la ahuyama.										
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO										
Pendientes mayores del 75 % se excluyen como zonas no aptas (N1) para cultivos comerciales de ahuyama, debido a las exigencias en el desempeño de la maquinaria.										
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										
El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:										
<table><tr><th>Clase compuesta</th><th>Porcentaje (%)</th></tr><tr><td>Plana</td><td>0-3</td></tr><tr><td>Ligeramente ondulada</td><td>3-7</td></tr><tr><td>Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada</td><td>7-12</td></tr></table>			Clase compuesta	Porcentaje (%)	Plana	0-3	Ligeramente ondulada	3-7	Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada	7-12
Clase compuesta	Porcentaje (%)									
Plana	0-3									
Ligeramente ondulada	3-7									
Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada	7-12									

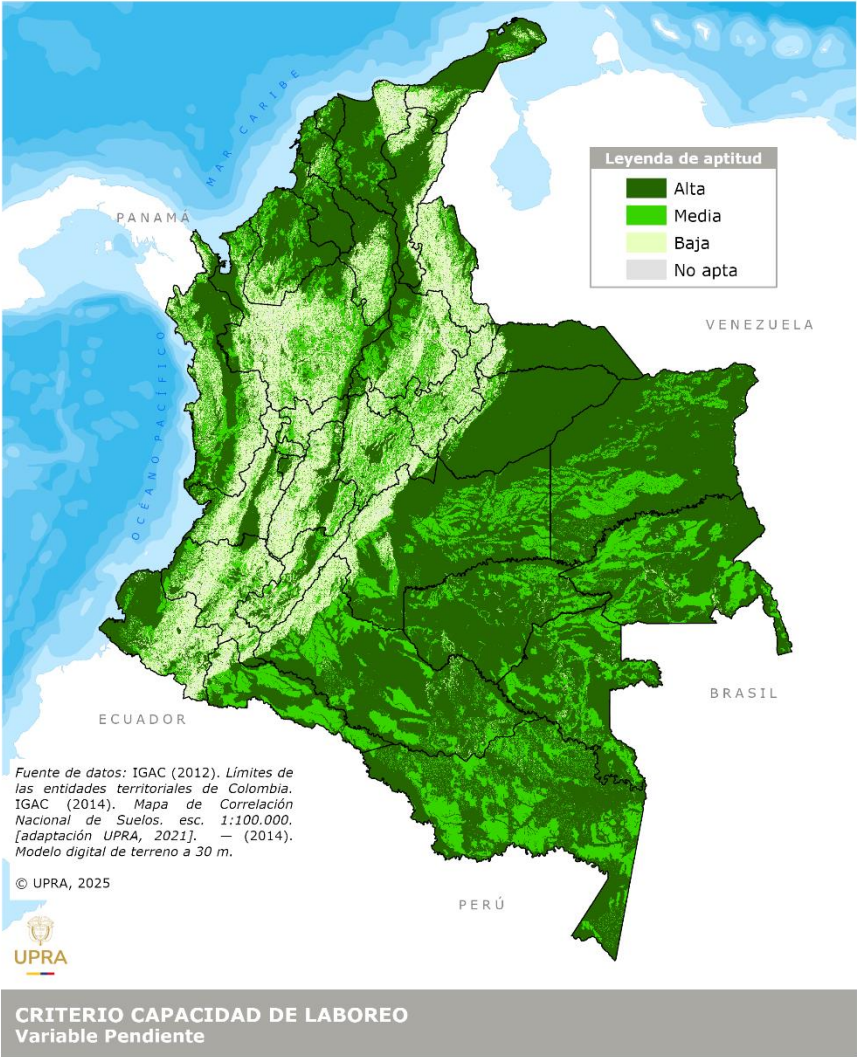
Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada	12-25
Ligeramente escarpada o fuertemente quebrada	25-50
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	> 75

El proceso de generación del mapa de pendientes se basó en el uso de las fases de pendiente que se encuentran en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), hasta el 50 %, de aquí en adelante se utilizan los mismos rangos, pero originados del modelo de elevación DEM de 30 metros.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Esta variable presenta rangos de aptitud de acuerdo con las condiciones del terreno (Rincón, 1989; Universidad Nacional de Colombia, 2004) y con la exigencia a la maquinaria utilizada en las diferentes labores de los cultivos, así:

Pendiente (%)	Aptitud
< 12	Alta (A1)
12 - 25	Media (A2)
25 - 75	Baja (A3)
> 75	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. — (2014). Modelo digital de terreno a 30 m. © UPRA, 2025 CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO Variable Pendiente	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). 119 p. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Modelo digital de terreno a 30 metros. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Rincón, O. (1989). Cultivo de la auyama. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1 (1989); p. 16-20. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq	



- Soil Science Society of America (2018). Glosario de términos de ciencias del suelo. <<https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>>.
- Universidad Nacional de Colombia (2004). Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarino. Programa de Investigación: Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas. Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.

1.4.2. Variable Textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clases texturales	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la «tierra fina» del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se relaciona con la consistencia, la cual determina la resistencia del suelo a su ruptura y deformación en los diferentes estados de humedad, que afecta los requerimientos de potencia de la tracción utilizada.		
Para que los implementos, ya sean manuales o mecánicos, penetren con facilidad en el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Suelos con altos contenidos de arcilla se vuelven pesados y pegajosos (cuando las arcillas son de relación 2:1): los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y no facilitan la construcción de surcos o drenajes.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Aunque los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, el uso de la maquinaria e implementos, no se excluye alguna clase.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta su calificación, ya que el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del mayor componente de la unidad; por 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 de la unidad, dada la escala que se determinó para la presente zonificación de aptitud.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
La información base para determinar la textura de las unidades de suelos fue el Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).		



Esta variable se califica de acuerdo con el comportamiento de la textura cuando se remueve el suelo, especialmente en lo relacionado con la pegajosidad, facilidades de labranza y la susceptibilidad a la compactación. Las clases texturales se presentan de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

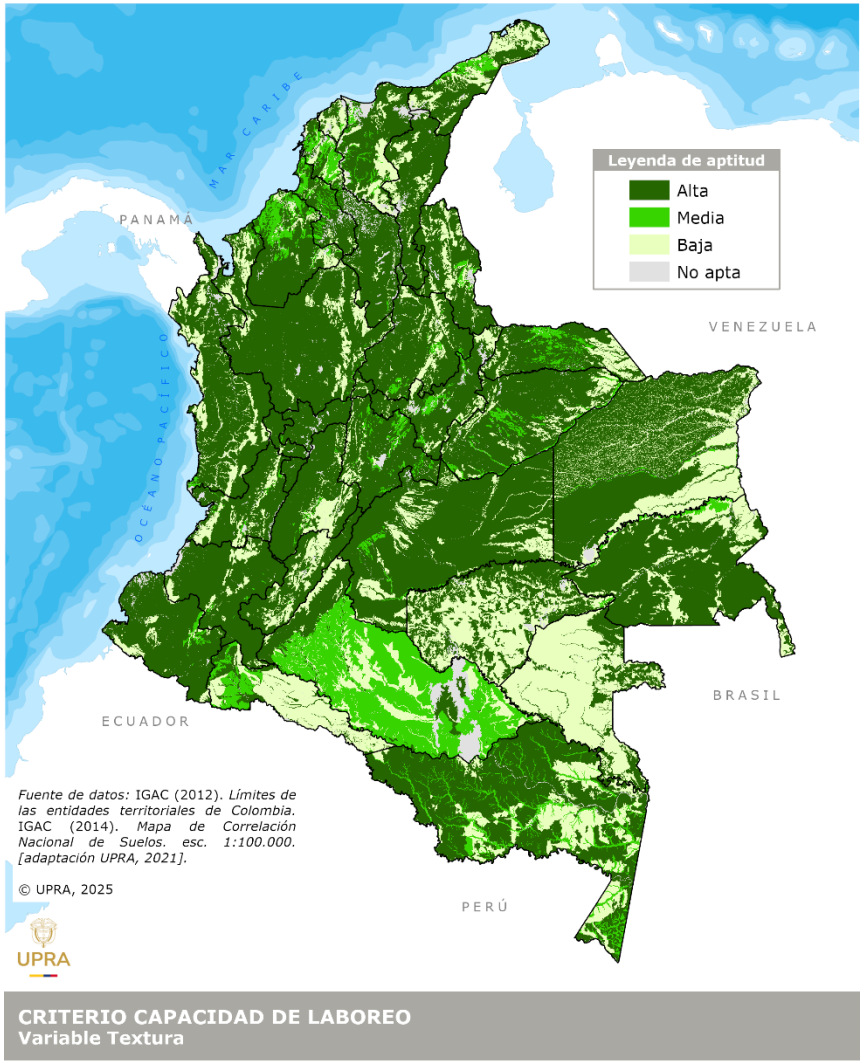
Las clases texturales donde las prácticas de laboreo se pueden hacer satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo ni a los implementos, se determinaron con aptitud alta (A1).

Las clases texturales con aptitud media (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. También se incluyen en esta categoría las texturas orgánicas, ya que su alta porosidad facilita la compactación del suelo. Igualmente, los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (Oxisoles, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*), por su baja pegajosidad. También se incluyen los subgrupos *Vertic*.

Las clases texturales con aptitud baja (A3) corresponden a las gruesas (Psamments), porque facilitan la compactación del suelo, desgastan con mayor rapidez las herramientas y no permiten la construcción de surcos; igualmente la clase arcillosa, cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a Vertisoles.

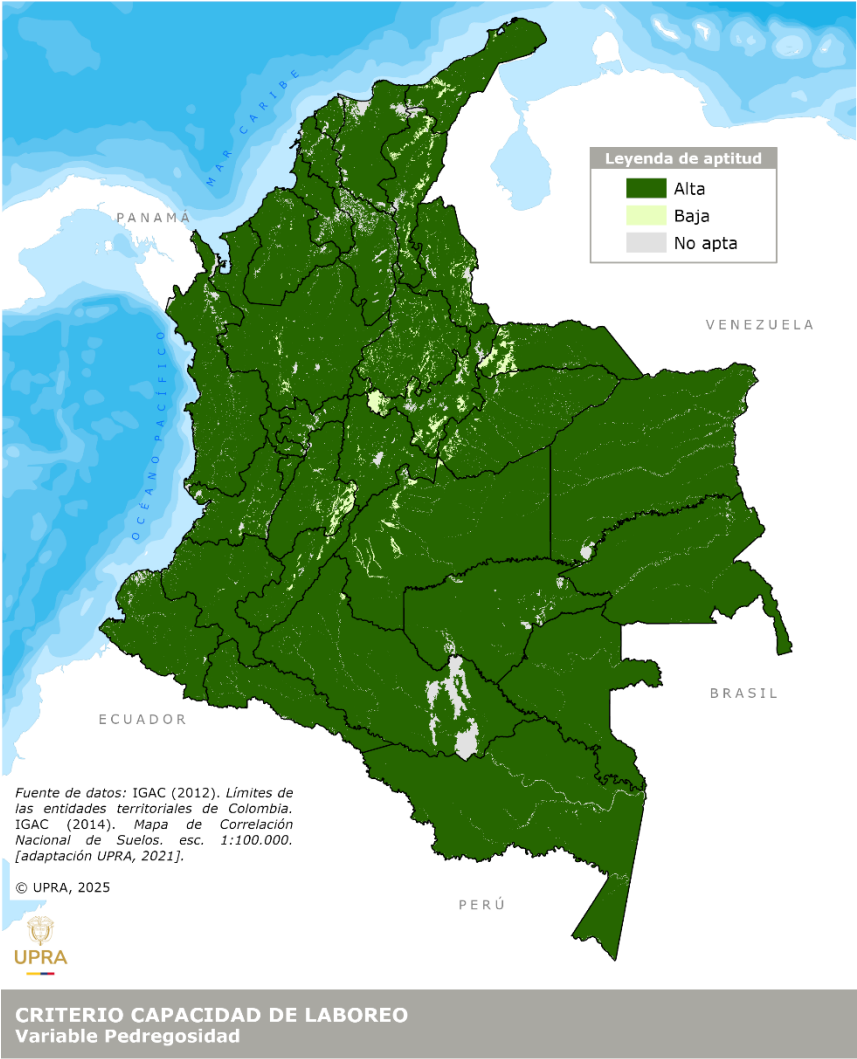
Rangos de aptitud

Textura	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
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). <i>Propiedades físicas de los suelos</i>. Bogotá: IGAC. p. 101 y 157. • United States Department of Agriculture (USDA) (2017). <i>Soil survey manual. Agriculture Handbook No. 18</i>. 639 p. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.	

1.4.3. Variable Pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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, lo que limita las prácticas de laboreo, además de disminuir el área útil por unidad de superficie. En la medida en que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se dificultan las labores de adecuación de tierras y demás prácticas culturales como el uso de herramientas, elaboración de drenajes, surcados y la cosecha.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN		
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; de otra parte, no todos los cultivos de ahuyama 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), donde solamente aparece fase pedregosa; no se encuentra discriminada en rangos por porcentaje de recubrimiento.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de la fase cartográfica de pedregosidad del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Esta variable se tomó únicamente como aparecen en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa, pero sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.		
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD		
La asignación de rangos corresponde a la fase cartográfica de pedregosidad, es decir, fase pedregosa y sin fase de pedregosidad (expresión que indica tácitamente que no hay pedregosidad). Rangos de pedregosidad		
Pedregosidad (fase cartográfica)		Aptitud
Sin fase de pedregosidad		Alta (A1)
-		Media (A2)
Con fase de pedregosidad		Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.) (1987). <i>Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas</i>. EUA: SMSS, monografía técnica No. 15. p. 44-46.	



1.5. Criterio Disponibilidad de oxígeno

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: Disponibilidad de oxígeno		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Susceptibilidad a inundaciones</i>, expresada en duración. • <i>Drenaje natural</i>, expresado en clases de drenaje.		
DEFINICIÓN		
Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros permiten la libre circulación del CO ₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, determinando condiciones de vida aeróbicas.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Incide en la producción de los cultivos de ahuyama, ya que indica el buen suministro de oxígeno en suelos bien drenados, así como el estrés generado por excesos de agua (anoxia), que afecta el metabolismo y la nutrición de las plantas. La aireación del suelo permite el desarrollo de las raíces aeróbicas y, por ende, todas las funciones fisiológicas de las plantas que terminan con altas producciones de frutos. Por otro lado, la tendencia de los terrenos planos a ser inundados y permanecer encharcados, puede llegar a afectar el desarrollo de las plantas de ahuyama, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo, se considera una intoxicación para las plantas.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Para el cultivo de ahuyama se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), aquellas donde el drenaje natural es muy pobre.		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que pueden corresponder a aptitudes diferentes. La falta de información de la periodicidad y duración de las inundaciones no permite precisión en la delimitación de las áreas no aptas para el cultivo.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) y se dio la calificación que técnicamente se consideró a cada una de las variables:		



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

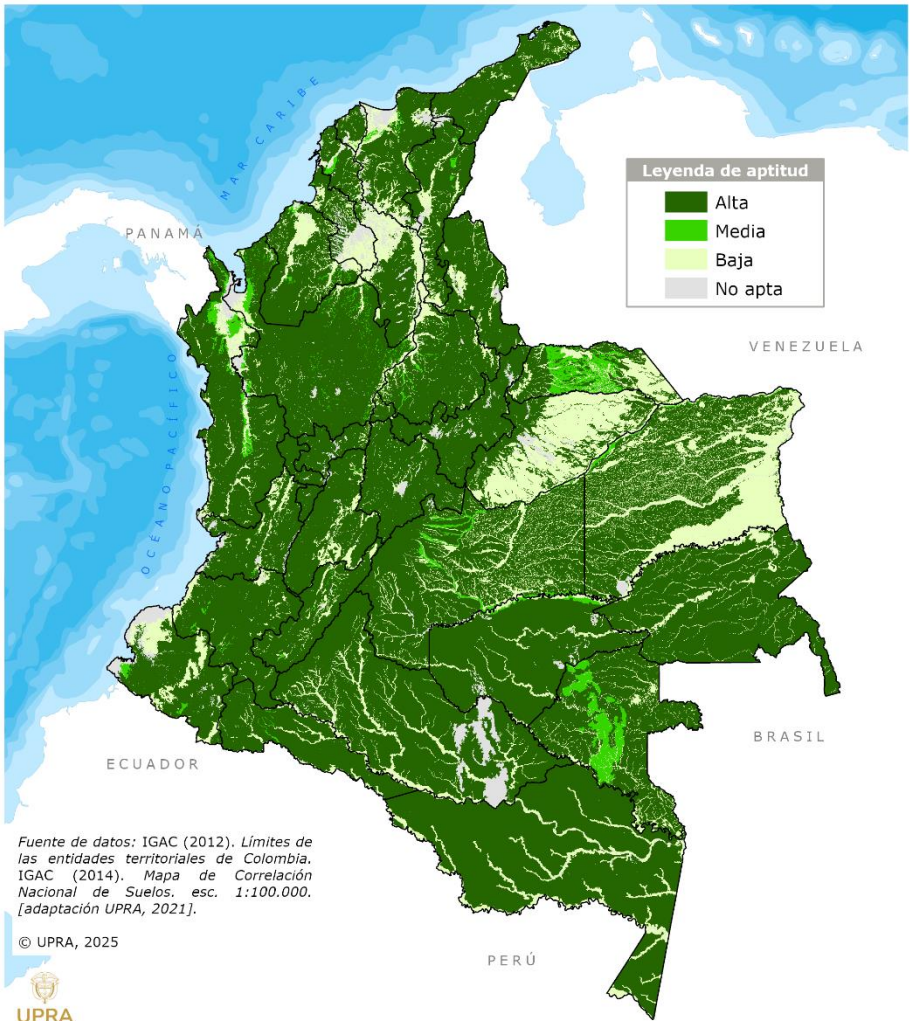
Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Árbol de decisión para el criterio

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá.	



1.5.1. Variable Susceptibilidad a inundaciones

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: Susceptibilidad a inundaciones		UNIDAD DE MEDIDA: 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 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 afectan el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales, más aún cuando duran largos periodos de tiempo. La tolerancia a las inundaciones y a los encharcamientos depende de cada especie vegetal. El cultivo de ahuyama o zapallo tolera encharcamientos e inundaciones por periodos muy cortos; en caso contrario, se presentan significativas pérdidas económicas, por retrasos en el crecimiento, pérdida de vigor, daños por enfermedades, pudriciones radicales y hasta la muerte de las plantas.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
No se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), por la duración de las inundaciones, porque se puede llevar a cabo al menos un cultivo al 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 encharcamientos califica toda la unidad cartográfica de suelos, donde también se presentan áreas pequeñas que no son afectadas pero que no se pueden representar cartográficamente.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Se tomó como base la fase cartográfica por inundación y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).		
El IGAC (2010), clasifica las inundaciones y encharcamientos de acuerdo con la duración, de acuerdo con la siguiente tabla:		
Clases por duración de las inundaciones o encharcamientos		
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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

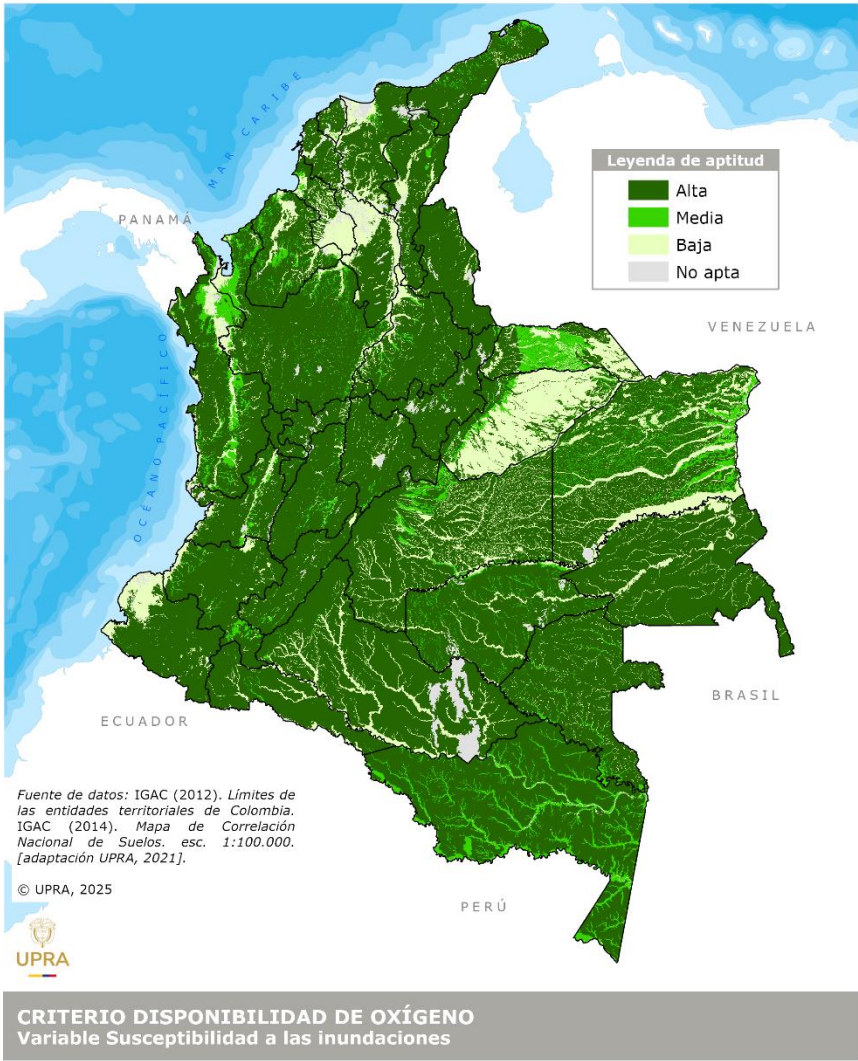
La tabla se construye con las denominaciones que se encuentran en la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Las unidades cartográficas donde no se registra presencia de inundaciones tienen aptitud alta (A1), ya que la ahuyama no tolera el exceso de humedad (Agrosavia, 2019; Universidad Nacional de Colombia, 2004); las inundaciones cortas tienen aptitud media (A2); las largas y muy largas (A3).

Rangos de aptitud

Inundaciones	Aptitud
No hay	Alta (A1)
Cortas	Media (A2)
Largas, muy largas	Baja (A3)

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.	

- Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) (2012). Glosario hidrológico internacional. Ginebra: WMO. p. 127.
- Universidad Nacional de Colombia (2004). Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarin. Programa de Investigación: Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas. Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.

1.5.2. Variable Drenaje natural

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: Drenaje natural	UNIDAD DE MEDIDA: Clase de drenaje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Rapidez y el grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Influye sobre la respuesta de las plantas de ahuyama a la presencia o ausencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de ahuyama no soportan suelos muy pobremente drenados.		
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).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Para el cultivo de ahuyama se consideran zonas no aptas (N1), aquellas donde el drenaje natural de los suelos es muy pobre, debido a la falta de oxígeno en la zona radicular.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones; por lo tanto, se califica el componente de mayor representatividad, lo que significa que algunos sectores que pueden ser favorables o desfavorables para el establecimiento del cultivo, pero no se pueden representar espacialmente.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Se realizó a partir de la información de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).		



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Debido a las exigencias de buen drenaje (SENA, 1986; Rincón, 1989; Universidad Nacional de Colombia, 2004; Hernández, 2015; Agrosavia, 2019; Cosme, 2021), los suelos bien drenados tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; los drenajes naturales imperfecto, moderado, moderadamente excesivo (A2), por requerir de algunas obras para optimizar el oxígeno disponible.

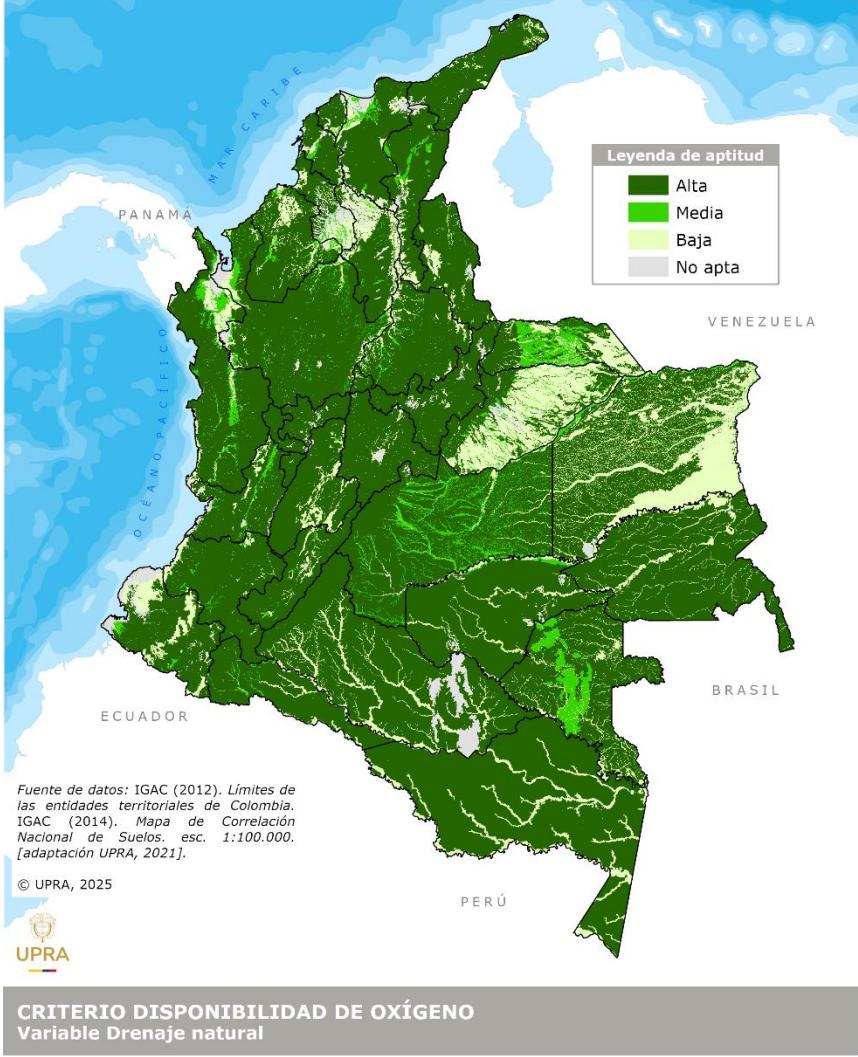
Los drenajes naturales pobre y excesivo tienen aptitud baja (A3), por falta de oxígeno disponible y el excesivo por falta de humedad; el drenaje muy pobre se considera no apto (N1) por deficiencias permanentes de oxígeno en la zona radicular para las plantas de ahuyama.

Rangos de aptitud

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

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



Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO Variable Drenaje natural	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana. Mosquera, Colombia: Agrosavia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1. • Cortés, A. y Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: UJTL. • Hernández, E. (2015). Guía para la Producción Comercial de la Calabaza Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.	



<https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=12631>.

- Cosme, L. (2021). Manual del Cultivo de Zapallo Macre (*Cucurbita maxima* Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.
- Rincón, O. (1989). Cultivo de la auyama. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1 (1989); p. 16-20.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (1986). Huerta casera. El cultivo de la ahuyama. Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Formación abierta y a distancia. Senafad.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7605/Hueta_casera_17_El%20cultivo%20de%20la%20ahuyama.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Universidad Nacional de Colombia (2004). Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarino. Programa de Investigación: Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas. Sede Palmira.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.
- United States Department of Agriculture (USDA) (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.6. Criterio Disponibilidad de humedad

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: Disponibilidad de humedad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
- Régimen de humedad, expresado en regímenes de humedad. - Textura, expresada en clases texturales.		
DEFINICIÓN		
Capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
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 ahuyama. Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Se considera que los regímenes de humedad <i>árido</i> y <i>perácuico</i> no tienen aptitud técnica (N1) para desarrollar cultivos de ahuyama, ya que, en el primer caso, no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad y el segundo, representa ausencia de oxígeno, lo cual que significa intoxicación en las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción. La textura no presenta exclusiones técnicas ya que, en diferentes clases texturales, es posible el establecimiento y desarrollo del cultivo de ahuyama con diferentes grados de aptitud.		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000 son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables.		



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

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

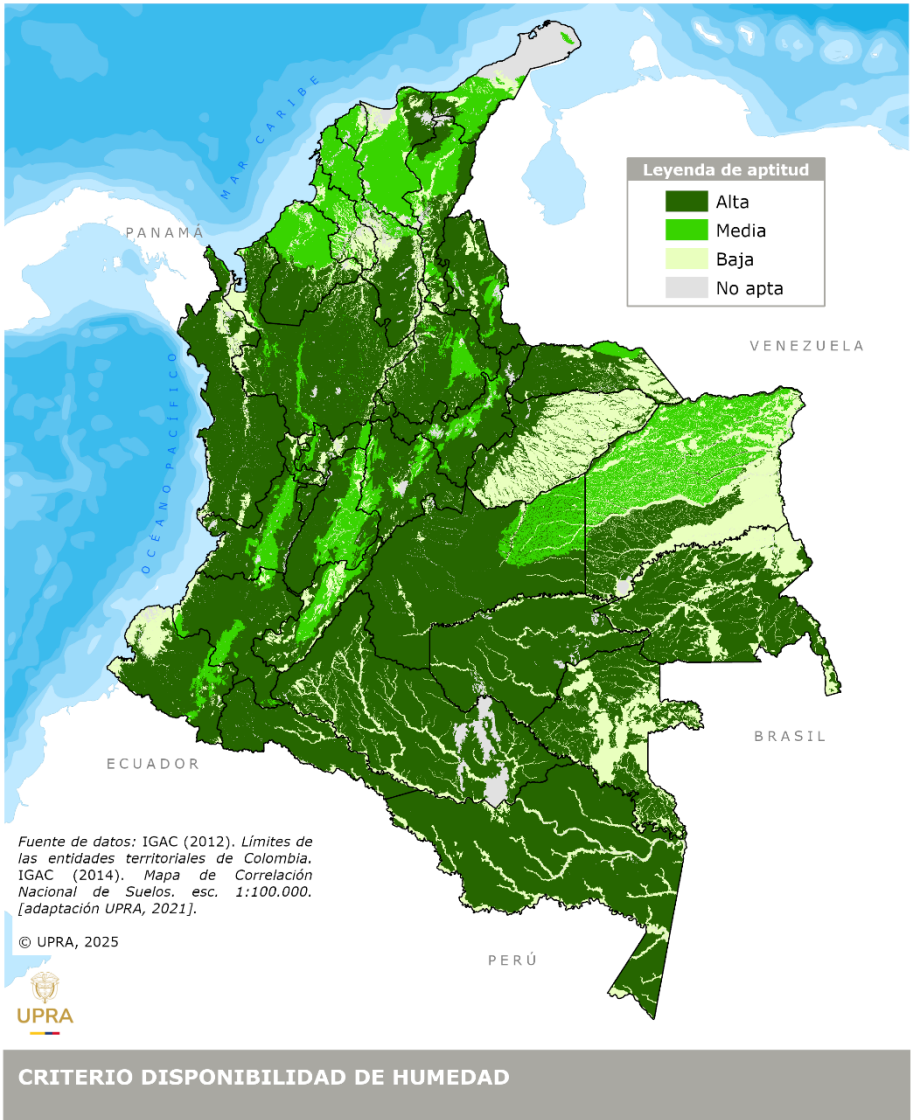
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Los horizontes orgánicos tienen calificación moderada (A2) por muy alta retención, mientras que la baja capacidad de retención de humedad de los *Psamments*, reciben aptitud baja (A3), el resto de las texturas se califican aptitud alta (A1).

Árbol de decisión para el criterio

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.	



1.6.1. Variable Régimen de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad		
VARIABLE: Régimen de humedad	UNIDAD DE MEDIDA: Clases de régimen de humedad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la presencia o ausencia de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos de un año. El agua retenida a una tensión de 1500 kPa o más no está disponible para mantener con vida la mayoría de las plantas mesófilas (USDA, 2022). <i>Údico</i>: el régimen údico (del lat. <i>udus</i>, 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. <i>Perúdico</i> (del lat. <i>per</i>, a lo largo en el tiempo, y del lat. <i>udus</i>, 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. <i>Ústico</i>: el régimen ústico (del lat. <i>ustus</i>, quemado; implica sequedad) es intermedio entre el régimen arídico y el údico. Tiene humedad limitada, pero presente en un momento en condiciones que son adecuadas para el crecimiento vegetal. El concepto de régimen ústico no se aplica a suelos que tienen permafrost. Si la temperatura media anual del suelo es 22 °C o superior, o si las temperaturas medias de verano y de invierno del suelo difieren en menos de 6 °C a una profundidad de 50 centímetros, 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. <i>Ácuico</i>: el régimen de humedad ácuico (del lat. <i>aqua</i>) es de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado de agua. Algunos suelos están saturados con agua, a veces mientras el oxígeno disuelto está presente, ya sea porque el agua está en movimiento o porque el entorno es desfavorable para los microorganismos (por ejemplo, si la temperatura es inferior a 1 °C, tal régimen no es considerado ácuico).		



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

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

En el régimen de humedad árido (tórido), 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

Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de los cultivos de ahuyama; los regímenes de humedad *údico* y *perúdico* son óptimos, ya que mantiene el suministro de agua la mayor parte del año; los regímenes muy secos o muy húmedos limitan en la mayoría de los casos, el normal desarrollo de las plantas de ahuyama.

El régimen de humedad del suelo se relaciona con las características climáticas de la zona y, en muchos casos, con las clases texturales dominantes en el suelo, por tanto, se consideran un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se excluyen, como zonas no aptas (N1), los suelos con regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (perácuico) o por déficit (árido).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan unidades cartográficas denominadas asociaciones (que tienen dos o más componentes taxonómicos); se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje.

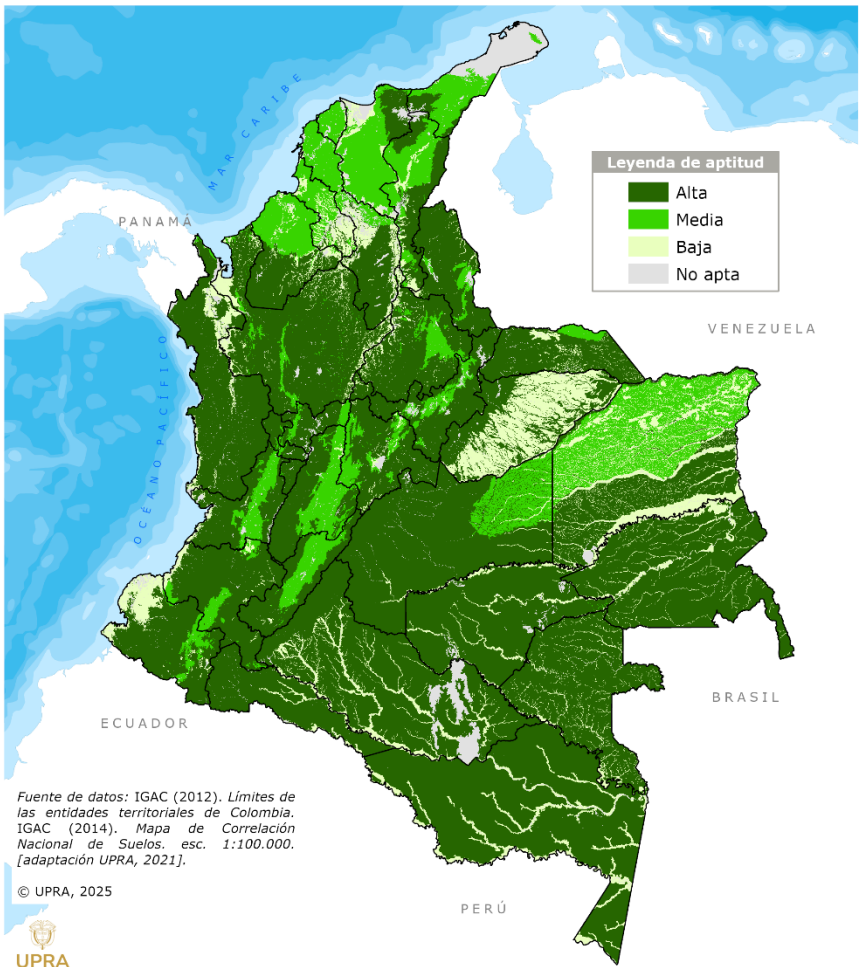
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso de evaluación de la variable se realizó a partir de la información del régimen de humedad de los suelos consignado en las unidades cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo en cuenta el aporte de humedad del suelo para los cultivos de ahuyama, se consideran los siguientes rangos de aptitud:

Regímenes de humedad	Aptitud
Údico, perúdico	Alta (A1)
Ústico	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Árido, perácuico	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025  CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD Variable Régimen de humedad	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). <i>Mapa de correlación nacional de suelos</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • United States Department of Agriculture (USDA) y Natural Resources Conservation Service (NRCS) (2022). <i>Keys to Soil Taxonomy</i>. EUA: USDA. Soil Survey Staff.	

1.6.2. Variable Textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE					
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional				
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico			
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad					
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clase textural				
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica				
	Análisis jerárquico	✓			
	Restricción legal				
	Condicionante legal				
DEFINICIÓN					
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la «tierra fina» del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).					
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE					
La textura del suelo es una propiedad física que está estrechamente relacionada con otras como la capacidad de retener agua (las texturas finas retienen más agua que las gruesas), la permeabilidad y los índices de plasticidad. Se relaciona con la porosidad, donde el espacio entre partículas permite que se pueda retener y mover el oxígeno, favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo. En la medida que los suelos presenten mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; los tamaños de partículas más gruesos, facilitan la permeabilidad, más no la retención.					
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO					
No hay exclusión técnica (N1) en razón a que las diferentes clases texturales presentan una amplia gama de retención de humedad en las cuales el cultivo de ahuyama se puede desarrollar, pero con rendimientos diferenciales.					
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE					
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta su calificación; ésta se realiza sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico de mayor representatividad. Por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, pero no representados espacialmente.					
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN					
La información base para determinar la textura de las unidades cartográficas de suelos fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).					
Las clases texturales se presentan de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):					
<table><tr><td>Arenosa (A)</td></tr><tr><td>Arenosa franca (AF)</td></tr><tr><td>Franco arenosa (FA)</td></tr></table>			Arenosa (A)	Arenosa franca (AF)	Franco arenosa (FA)
Arenosa (A)					
Arenosa franca (AF)					
Franco arenosa (FA)					

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

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

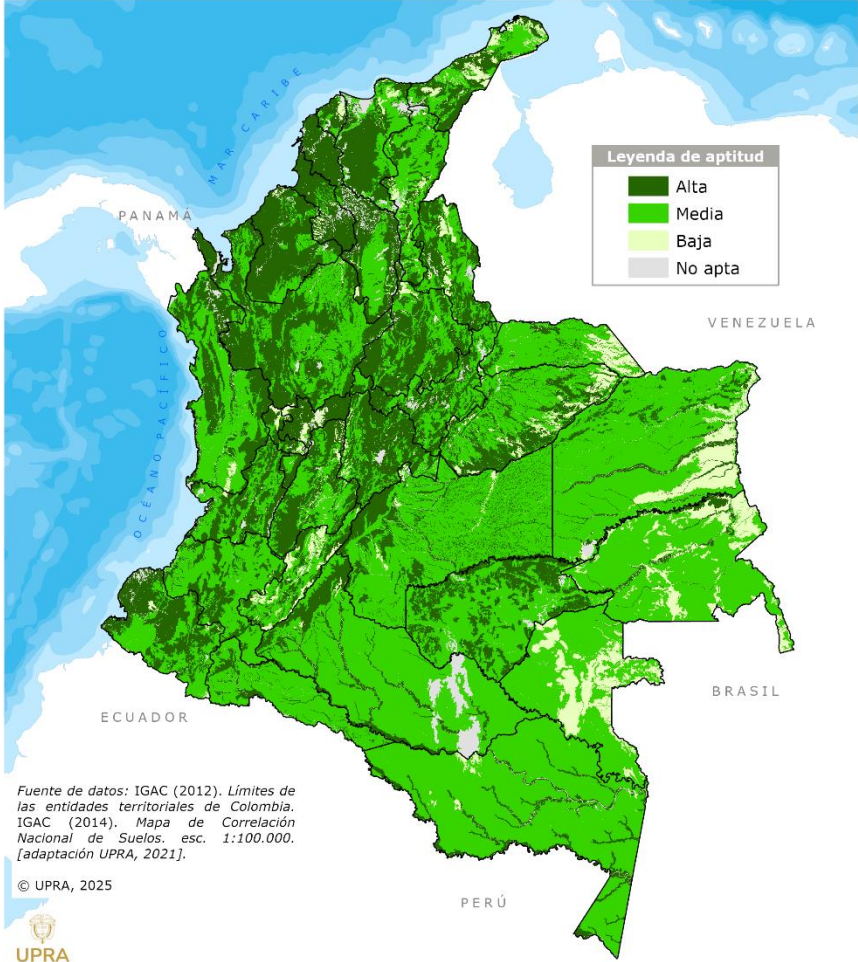
Las texturas con aptitud media (A2), tienen mayor contenido de partículas gruesas; por lo tanto, la retención de humedad se encuentra en un nivel intermedio. También, se incluyen los horizontes orgánicos en esta calificación debido a la alta capacidad que tiene la materia orgánica de retener humedad,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

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

Rangos de aptitud

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



Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD Variable Textura	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. p. 101, 157 y 158. • United States Department of Agriculture (USDA) (2017). Soil survey manual. Agriculture Handbook No. 18. 639 p. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.	

1.7. Criterio Susceptibilidad a la pérdida de suelos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico		
CRITERIO: Susceptibilidad a la pérdida de suelos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado originando una disminución de la productividad (FAO, 1976, 1991).		
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.		
- <i>Fases por grados de erosión</i>: 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). - <i>Degradación de suelos por erosión</i>: 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). - <i>Pendiente</i>: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). - <i>Amenaza por movimientos en masa</i>: Peligro latente de movimientos en masa de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Para el establecimiento de cultivos de ahuyama, lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque el movimiento de suelo que implica el cultivo, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica si la pendiente y la alta pluviosidad le favorecen.		
La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo cual redundaría en el bajo crecimiento de los cultivos. Por otro lado, el desgaste de suelo genera sedimentos que afecta la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.		



VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

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

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

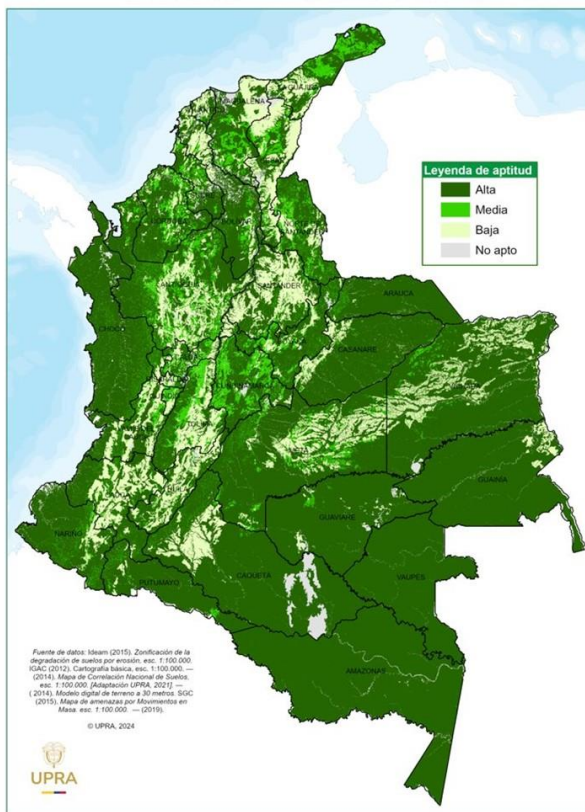
Las variables *susceptibilidad a movimientos en masa y degradación de suelos por erosión*, consisten en polígonos que demarcan grandes áreas o regiones; por lo tanto, la representación cartográfica está regida por las fases cartográficas de erosión de suelos a escala 1:100.000, las cuales permiten mayor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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Erosión actual		
Fases por erosión, correlación de suelos (IGAC)	Degradación de suelos por erosión (Ideam)	Aptitud
No hay	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 AHUYAMA
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



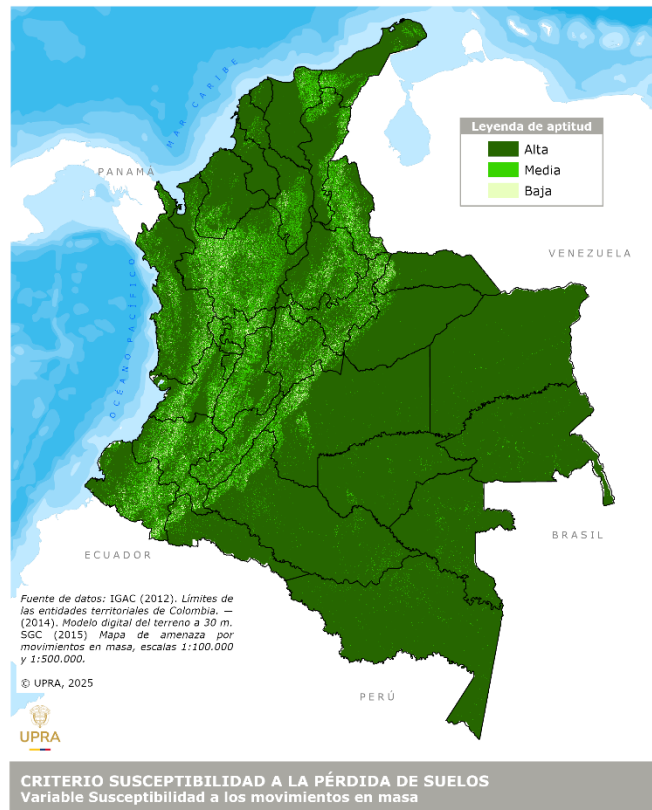
En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utiliza el factor LS con los siguientes rangos:

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



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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD		
Erosión actual	Susceptibilidad movimientos en masa	Aptitud
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
A3	Cualquiera	A3
N1	Cualquiera	N1

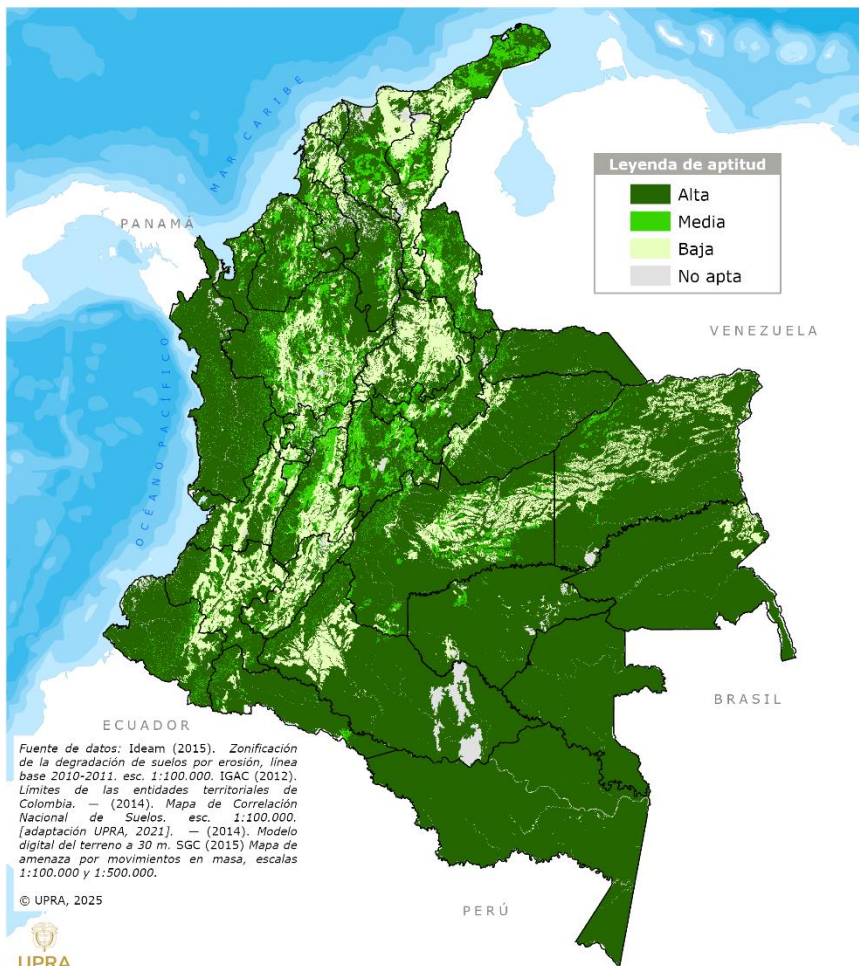
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO
--



Fuente de datos: Ideam (2015). Zonificación de la degradación de suelos por erosión, línea base 2010-2011, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. — (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. — (2014). Modelo digital del terreno a 30 m. SGC (2015) Mapa de amenaza por movimientos en masa, escalas 1:100.000 y 1:500.000.

© UPRA, 2025

UPRA

CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2015). *Degradación de suelos por erosión*, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). *Modelo digital de terreno a 30 metros*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1976). A Framework for Land Evaluation. En: Soils Bulletin 32. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58. Rome, Italy.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2015). *Mapa de amenazas por movimientos en masa*, escala 1:100.000.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016). Amenaza de movimientos en masa. Bogotá.
- Soil Science Society of America (2018). Glosario de términos de ciencias del suelo. <<https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>>.
- United States Department of Agriculture (USDA) (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.



1.8. Criterio Condiciones de enraizamiento

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO: 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 texturales. • Pedregosidad, expresada como fases cartográficas de pedregosidad.		
DEFINICIÓN		
Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo del sistema radicular, que conllevan al adecuado desarrollo y producción de las plantas de ahuyama.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
En la medida en que se desarrollen adecuadamente las raíces, pueden explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico adecuado, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes, de los cuales depende la capacidad para la adecuada formación y llenado de los frutos. Cuando las raíces encuentran un medio propicio para su desarrollo, como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad que cause daños o impida la formación adecuada de las raíces y profundidad radicular adecuada, el desarrollo del cultivo y la producción se llevan a cabo satisfactoriamente.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Los límites a partir de los cuales se consideró que no es posible el establecimiento de cultivos de ahuyama, considerados no aptos (N1), corresponden a la profundidad menor de 25 cm por contactos líticos o pétricos.		
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de ésta existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que pueden corresponder a aptitudes diferentes.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), fase de pedregosidad y las clases texturales; la calificación de este criterio se da por medio de un árbol de decisión.		



Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Profundidad efectiva	Centímetros	Profundo, moderadamente profundo (> 50), Superficial (25-50)	-	Muy superficial (0 - 25), Lithic	Petrocalcic, petrogypsic, petroferric
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr, ArA	A, AF, L, ArL	Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	Con fase de pedregosidad	-	-

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

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

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

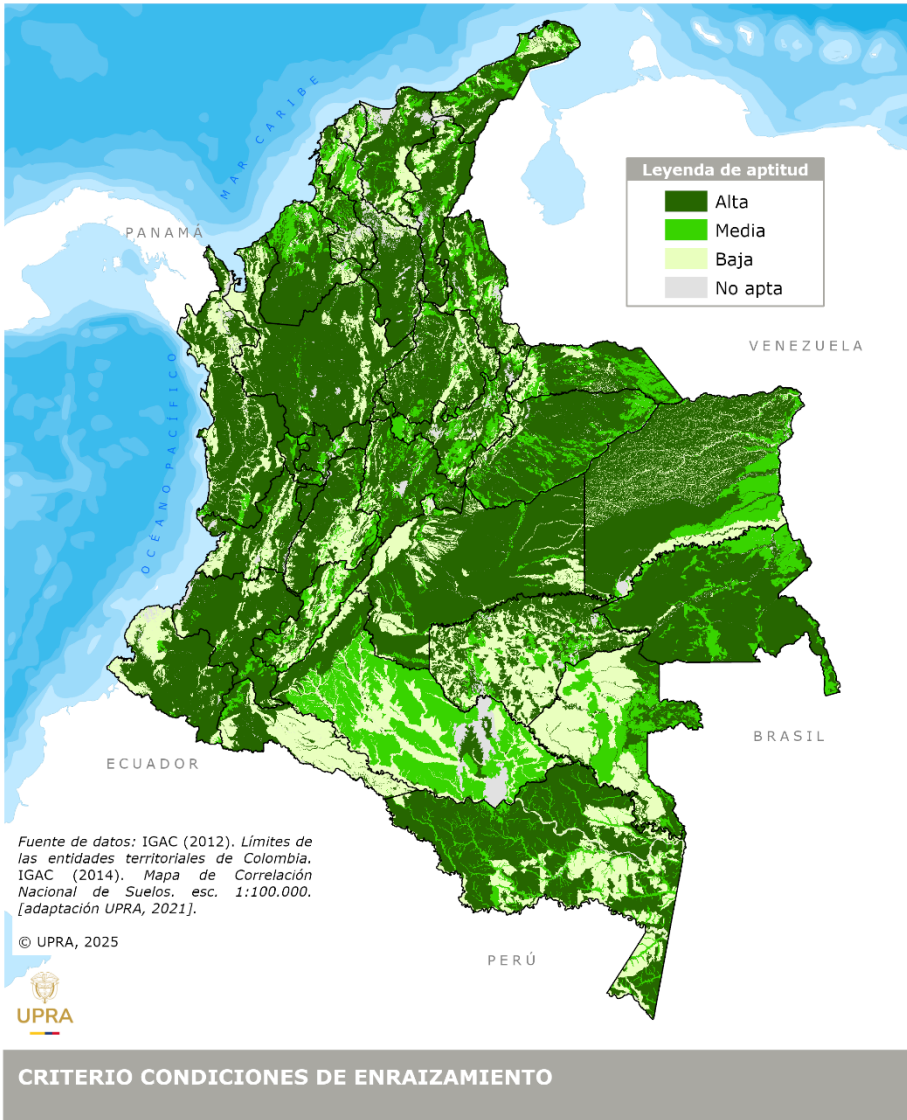
Las consociaciones de suelos calificados como, *Petrocalcic*, *Petrogypsic* y *Petroferric* no se consideran aptos debido a la limitación extrema para la penetración de las raíces.

Árbol de decisión para el criterio

Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo	F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr, ArA	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A2
	A, AF, L, ArL	Sin fase de pedregosidad	A2



	Ar	Con fase de pedregosidad	A2
		Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Superficial	F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr, ArA	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A2
	A, AF, L, ArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A2
	Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Muy superficial	Cualquiera	Cualquiera	A3
Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic			N1

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025  UPRA CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.	

1.8.1. Variable Profundidad efectiva

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 desarrollo de las raíces (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La profundidad del suelo puede influir en el tipo de plantas que pueden crecer en él. Los suelos más profundos generalmente pueden proporcionar más agua y nutrientes a las plantas que los suelos más superficiales. Además, la mayoría de las plantas dependen del suelo como soporte mecánico y esto es especialmente cierto para las plantas leñosas altas (Rajakarunay Boyd, 2008). Determina el espacio donde las raíces pueden desarrollarse, afectando el proceso vegetativo y la formación de nuevos brotes. En un suelo profundo las plantas pueden encontrar mayor humedad; por lo tanto, resisten mejor la sequía. Para el cultivo de la ahuyama, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 25 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos (<i>petroférico</i>, <i>petrocalcic</i> y <i>petrogypsic</i>) y sin presencia de horizontes argílicos o compactados. Otros elementos que afectan la profundidad efectiva son las condiciones de hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones, los cuales se evalúan en otros criterios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Se definieron como no aptos (N1), para el establecimiento del cultivo comercial de ahuyama, los suelos donde existen contactos <i>petroféricos</i> , <i>petrogypsic</i> y <i>petrocálcicos</i> , debido a extrema dificultad de ser penetrados por el sistema radicular.		
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 que ocupa la mayor área dentro de la unidad. Esto quiere decir que en la unidad cartográfica existen algunos sectores con diferentes profundidades efectivas a la calificada y, por lo tanto, pueden tener aptitudes diferentes.		



METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

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

Clases por profundidad efectiva

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

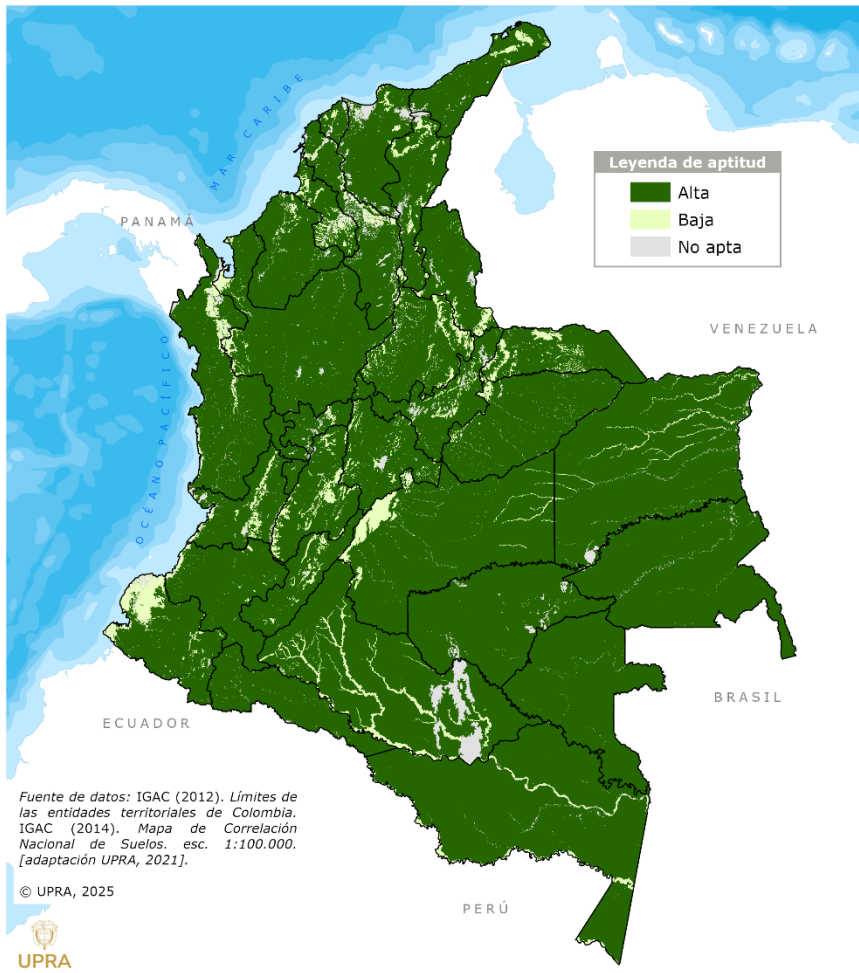
Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos de profundidad efectiva para el cultivo de ahuyama (Japón, 1981; Jaramillo, 1983; Rincón, 1989; Vallejo, y Estrada, 2004; Hernández, 2015; Cosme, 2021), se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos con profundidad mayor de 50 cm; aptitud media (A2), entre 25 y 50 cm, aptitud baja (A3) menor de 25 cm y se excluyeron las profundidades menores a 25 cm por contactos, por no tener espacio físico suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas, así:

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
Profundo, moderadamente profundo (>50), Superficial (25-50)	Alta (A1)
-	Media (A2)
Muy superficial (0-25), Lithic	Baja (A3)
Petrocalcic, petrogypsic, petroferic	No apto (N1)

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025  CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO Variable Profundidad efectiva	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Cosme, L. (2021). Manual del Cultivo de Zapallo Macre (<i>Cucurbita maxima</i> Duch) bajo las condiciones de la costa central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227. • Hernández, E. (2015). Guía para la Producción Comercial de la Calabaza Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico. https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=12631. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá. 119 p.	



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá.
- Jaramillo V., J. G. (1983). Ahuyama o zapallo. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/22627#:~:text=Resumen,moschata%2C%20ahuyama%20a%20C.>
- Japón J. (1981). Cultivo de calabazas. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_11-12.pdf.
- Rajakaruna, N. y Boyd, R. (2008). Edaphic Factor. En: 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>>.
- Rincón, O. (1989). Cultivo de la auyama. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1 (1989); p. 16-20. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq
- United States Department of Agriculture (USDA) (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. EUA: Soil Conservation Service.
- Vallejo, F., y Estrada, E. (2004). El cultivo de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. <https://drive.google.com/file/d/1A0tW7ky82kl-UVxXtFqNqV-l4Azci4c4/view>.

1.8.2. Variable Textura

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: Textura	UNIDAD DE MEDIDA: Clases texturales	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la «tierra fina» del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990)		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se relaciona con la consistencia, la permeabilidad y la porosidad del suelo, que afectan la penetración de las raíces y el espacio entre partículas, permitiendo que circule el oxígeno que favorece la aireación y, por lo tanto, buena formación del sistema radicular.		
En suelos de texturas finas, las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos, más aún si se tiene en cuenta que las raíces jóvenes son muy débiles; mientras que, en los suelos de texturas gruesas, se puede presentar exposición libre de las raíces por desplazamiento de las partículas por acción del agua o el viento.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
No se excluye alguna clase textural para el desarrollo del cultivo de ahuyama, aunque la textura con altos contenidos de arcilla representa mayor grado de dificultad para el desarrollo de raíces.		



LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

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

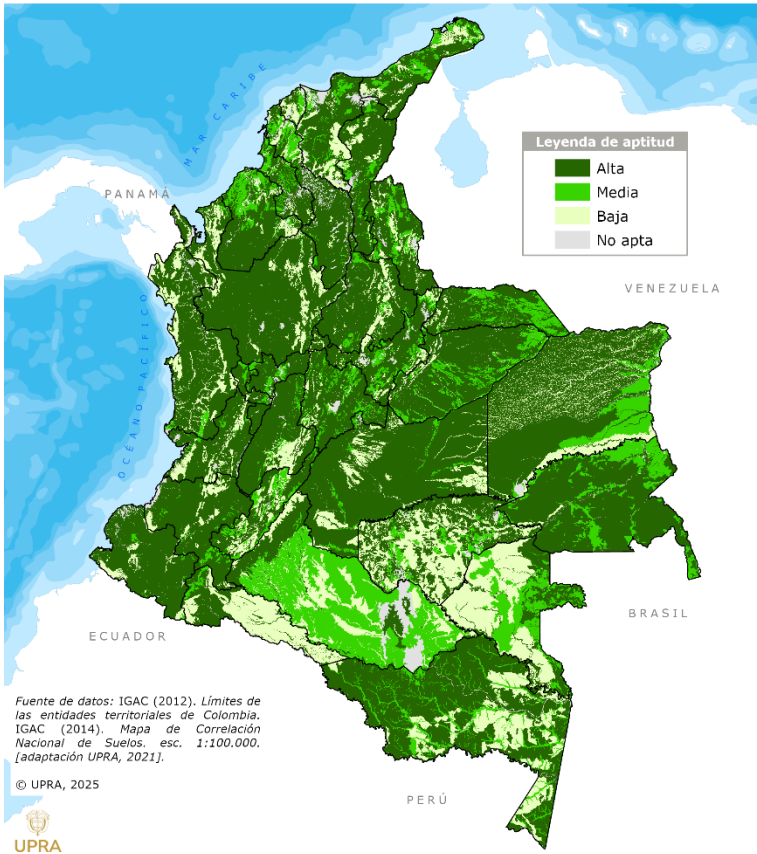
Esta variable se define con base en los requerimientos para los cultivos de ahuyama, en relación con su crecimiento y desarrollo, consultados con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos para obtener buenos resultados de los cultivos (Japón, J, 1981; Rincón, 1989; Universidad Nacional de Colombia, 2004; Vallejo y Estrada, 2004; Hernández, 2015; Del Pino, 2016; Agrosavia, 2019; Cosme, 2021), las clases texturales que se determinaron con aptitud alta (A1), tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), donde el cultivo de ahuyama puede obtener un mejor desarrollo debido al buen suministro de oxígeno y condiciones de suelo suelto, para crecimiento de las raíces.

Los grupos texturales con aptitud media (A2), se califican de esta forma debido a que la clase que integran el grupo textural francas finas, presentan baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en suelo y por tanto favorecen los encharcamientos con problemas en disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, el endurecimiento del suelo; igualmente, los suelos orgánicos y los *Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic* por sus buenas características físicas y los subgrupos *Vertic*.

Las clases texturales finas, se califican con aptitud baja (A3), por su alto contenido de arcilla, lo cual desarrolla alta pegajosidad y baja aireación, donde se incluyen los *Vertisoles* y los *Psamments*, por efectos contrarios de poca adherencia.

Rangos de aptitud	
Textura (clases texturales)	Aptitud
F, FL, FA, FArA, FArL, FAr, ArA	Alta (A1)
A, AF, L, ArL	Media (A2)
Ar	Baja (A3)
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos, esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO Variable Textura	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). <i>Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana</i>. Mosquera, Colombia: Agrosavia. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/34/27/382-1?inline=1.	



- Cosme, L. (2021). *Manual del Cultivo de Zapallo Macre (Cucurbita maxima Duch)* bajo las condiciones de la costa central del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1227>.
- Del Pino, M. (2016). Guía didáctica: cultivo y manejo de cucurbitáceas: Parte especial: Zapallos y zapallitos. Horticultura y Floricultura-FCA y F- UNLP. Perú.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/60755/mod_folder/content/0/Guia%20de%20cucurbitaceas%202016.pdf.
- Hernández, E. (2015). *Guía para la Producción Comercial de la Calabaza Tropical*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.
<https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=12631>.
- Japón J. (1981). *Cultivo de calabazas*. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Bravo, Murillo, 101 - Madrid-20.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1981_11-12.pdf.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Rincón, O. (1989). *Cultivo de la auyama*. Revista ESSO Agrícola; Vol. 36, Núm. 1 (1989); p. 16-20.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/29674/27132_15166.pdf?seq
- Universidad Nacional de Colombia (2004). *Cultivo de zapallo. Variedad Unapal Bolo verde y Unapal Mandarin*. Programa de Investigación: Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas. Sede Palmira.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82037/9588095239.pdf?sequence=2>.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2017). *Soil survey manual*. Agriculture Handbook No. 18. 639 p. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>.
- Vallejo, F. y Estrada, E. (2004). *El cultivo de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. <https://drive.google.com/file/d/1A0tW7ky82kl-UVxXtFqNqV-l4Azci4c4/view>.

1.8.3. Variable Pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Físico		SUBCOMPONENTE: Edáfico
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: Pedregosidad	UNIDAD DE MEDIDA: Fase cartográfica de pedregosidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos para el cultivo de ahuyama porque, disminuyen el área útil por unidad de superficie y de almacenamiento de agua, y acelera la infiltración.		



La alta pedregosidad influye negativamente en los cultivos de ahuyama, por tener influencia en la diferenciación, formación y desarrollo del sistema de raíces.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No se consideran áreas no aptas (N1) por la variable.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en el Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Solamente aparece la fase pedregosa (> 35 %), pero no están discriminadas en rangos por porcentaje. Se asume tácitamente como no pedregoso, como cuando no se encuentra la fase cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

La variable se tomó como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa o sin fase de pedregosidad, sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.

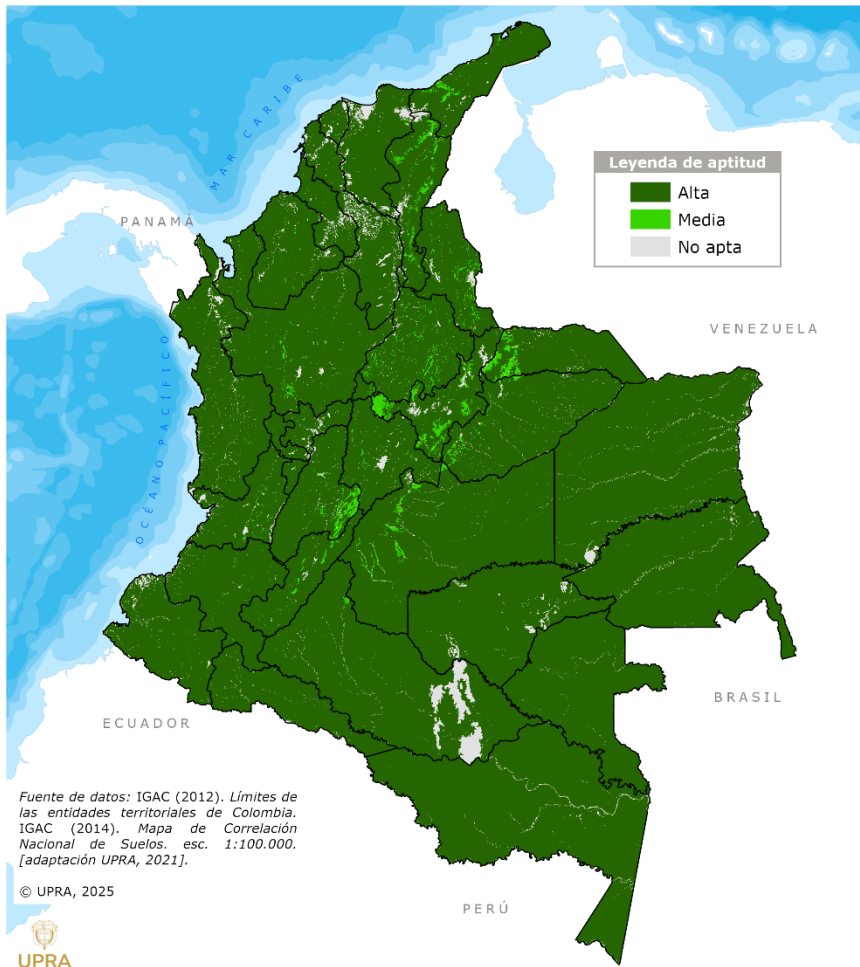
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Rangos de aptitud

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

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

Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: IGAC (2012). Límites de las entidades territoriales de Colombia. IGAC (2014). Mapa de Correlación Nacional de Suelos. esc. 1:100.000. [adaptación UPRA, 2021]. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO Variable Pedregosidad	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá. • Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.) (1987). Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. EUA: SMSS. monografía técnica no. 15. p. 44-46.	



2. Fichas metodológicas componente socioecosistémico

2.1. Criterio *Integridad ecológica*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Criterio 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). Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; y la riqueza potencial de especies migratorias. - Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales.		
DEFINICIÓN		
Capacidad del ecosistema, para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y 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 ahuyama. 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 MinAgricultura 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 ahuyama 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.

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).

LIMITANTES PARA 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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

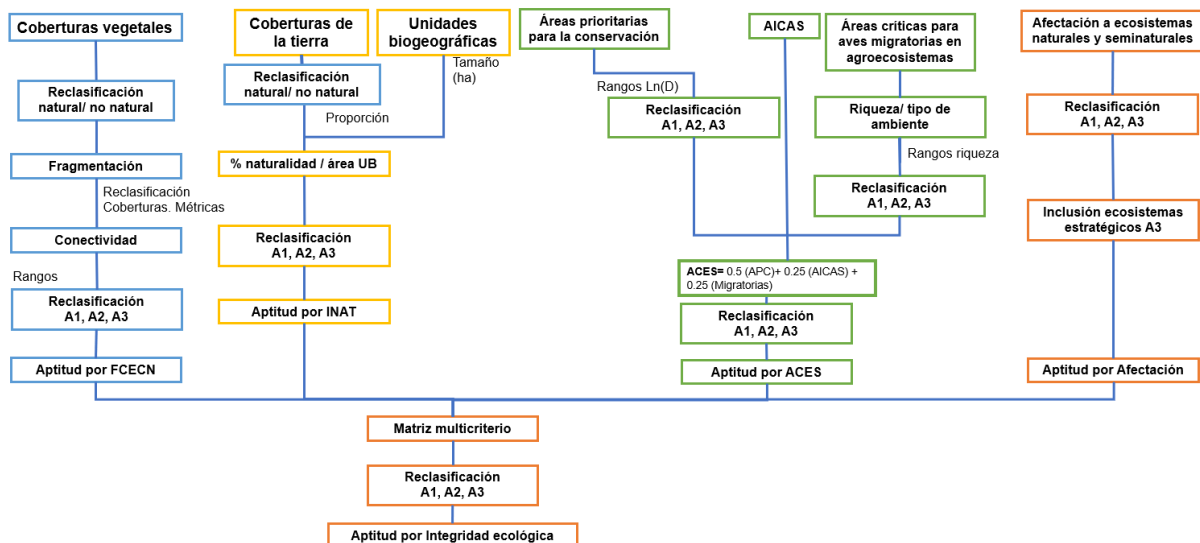
La integridad ecológica analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema (integridad espacial e integridad ecosistémica) (Vélez y Gómez, 2008), mediante la integración de las siguientes variables:



- *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)*.
- *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales*.

Para la evaluación del criterio se realizó el procesamiento independiente de cada una de sus cuatro 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 este proceso, empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del *software* ArcGis, 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:

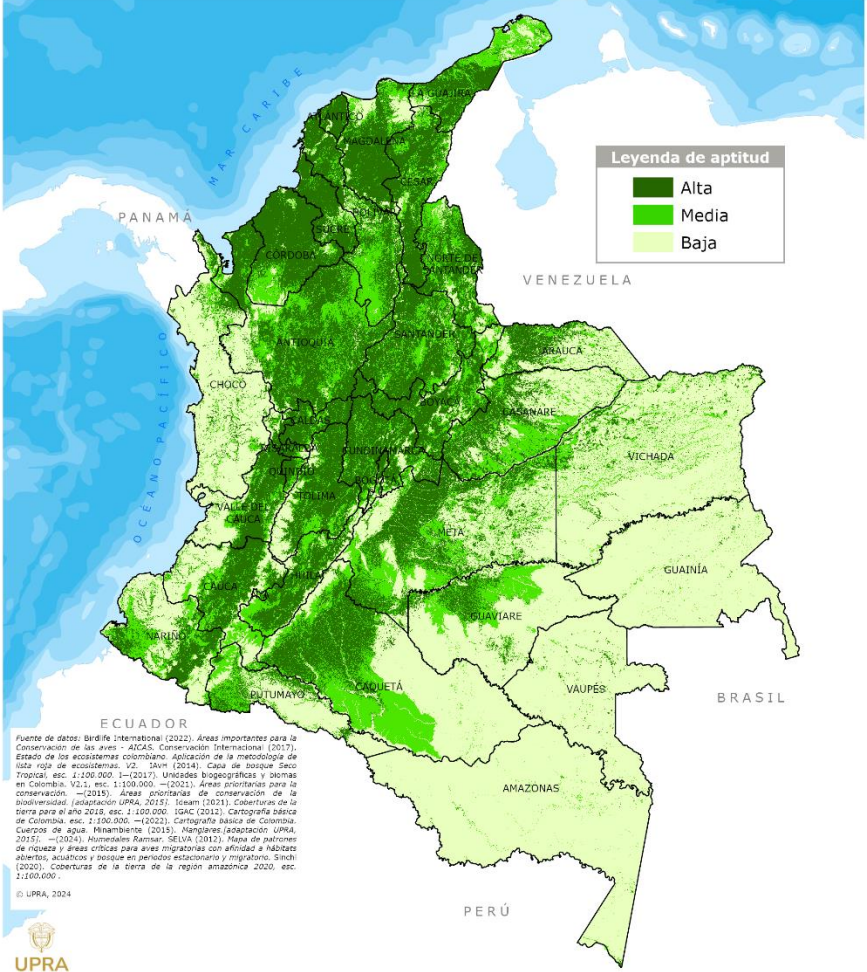
Criterio	Categorías de aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	La actividad productiva irrumpe en baja medida, sobre la conectividad natural, espacios naturales, o los procesos vitales	La actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución	Lugares donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe	-

	de especies sensibles. (1,728 - 3)	durante el proceso productivo. (1,2105-1,728)	actuar con mayor precaución durante el proceso productivo. (1 - 1,2105)		
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. > 17.000.000 Mayor número de parches, menor tamaño medio de los parches, dimensión fractal media del parche (>1,45); parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 0- 17.000.000 Menor número de parches, moderado tamaño medio de los parches, dimensión fractal media del parche (1,41- 1,45); parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta 0 Parches asociados a coberturas naturales; mayor tamaño medio de los parches; menor dimensión fractal media del parche (< 1,41); 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)	Categorías de concentración de especies sensibles	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles • Áreas sin identificación o baja presencia de APC	Zonas de baja densidad de especies sensibles • APC con alta presencia de especies sensibles	Zonas de moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles. • APC con densidad muy alta asociada a	-



		• Ausencia de AICAS • Áreas sin importancia para especies migratorias. >2,333	• Ausencia de AICAS • Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias 1,667-2,333	• coberturas naturales • Presencia de AICAS • Áreas de importancia muy alta para especies migratorias <1,667	
Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	Categorías de riesgo de los ecosistemas	Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Ecosistemas calificados como vulnerables (VU) y preocupación menor (LC)	Ecosistemas calificados como críticos (CR), en peligro (EN), ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosques secos, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madres viejas, morichales)	-



Unidad de análisis		Polígonos de coberturas Corine Land Cover
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO		
 CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA		
FUENTES DE INFORMACIÓN		
• BirdLife International (2022). <i>Áreas importantes para la conservación de las aves AICAS</i>. March 2022 version. BirdLife International, Cambridge, UK. • Ciontescu, N. (2012). <i>Instructivo metodológico para la evaluación de atributos e integridad ecológicos en áreas protegidas</i>. ArcGIS-Fragstats. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia. • Conservación Internacional (2017). <i>Estado de los ecosistemas colombianos. Aplicación de la metodología de lista roja de ecosistemas</i>. V 2.1., escala 1:100.000.		



- 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 (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Instituto Sinchi) (2020). Cobertura de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2014). Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000.
- Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2015). Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. (Adaptación UPRA 2015).
- Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2017). Unidades biogeográficas y biomas en Colombia. V 2.1., escala 1:100.000.
- Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2021). Áreas prioritarias para la conservación.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Bogotá, 72 pp.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2022). Cartografía básica de Colombia. Cuerpos de agua.
- MinAmbiente (2015). Manglares. (adaptación UPRA 2015).
- MinAmbiente (2024). Humedales RAMSAR.
- Investigación para la conservación en el Neotrópico (Selva) (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre Selva y UPRA. 165 pp. Bogotá.
- 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

2.1.1. Variable Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	UNIDAD DE MEDIDA: Categoría 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).		
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 ahuyama, 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 ahuyama puede aumentar la matriz de áreas transformadas y afectar la continuidad de los procesos naturales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La variable contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental, mediante el análisis de 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

Esta variable no genera exclusión técnica (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.

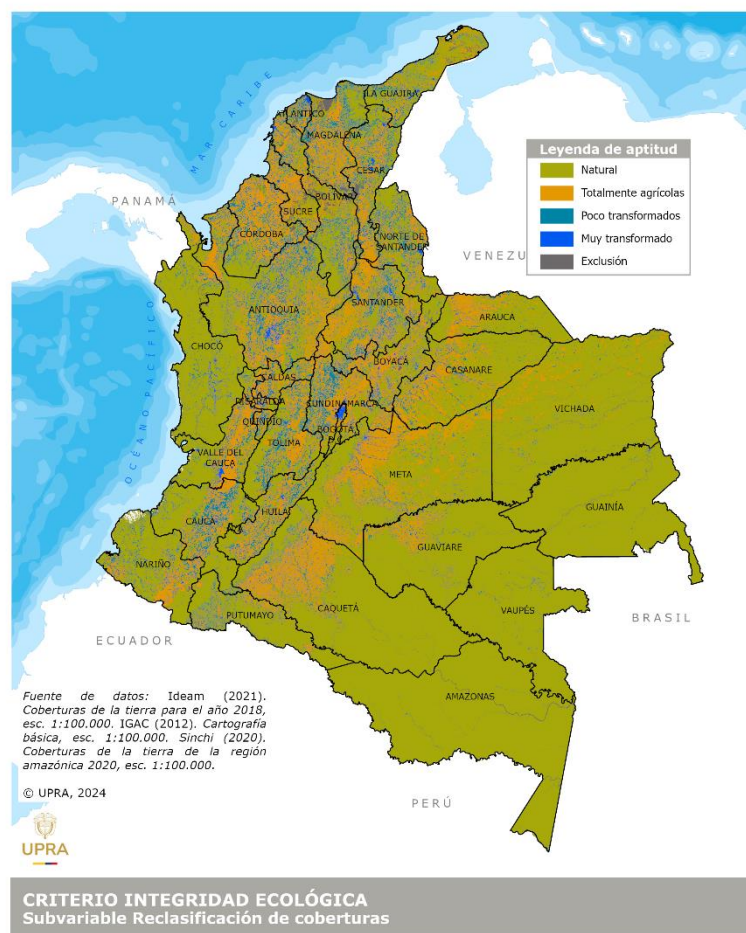
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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).

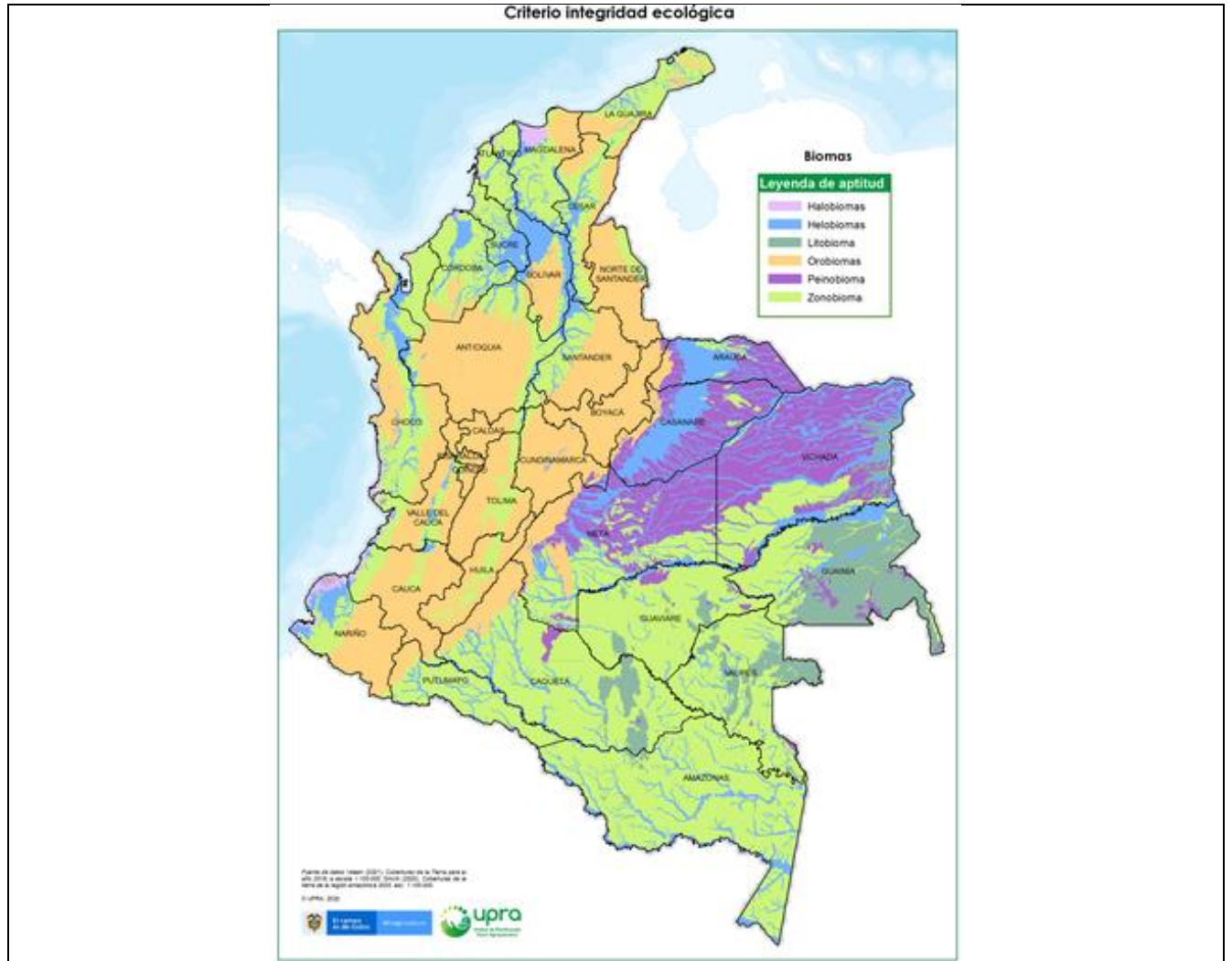
Esta reclasificación se hace necesaria para obtener precisión sobre el grado de artificialización de las coberturas y reconocer el probable impacto positivo o negativo, que pueda tener el establecimiento de cultivos de ahuyama sobre los diferentes ecosistemas, naturales o artificiales existentes en el 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).

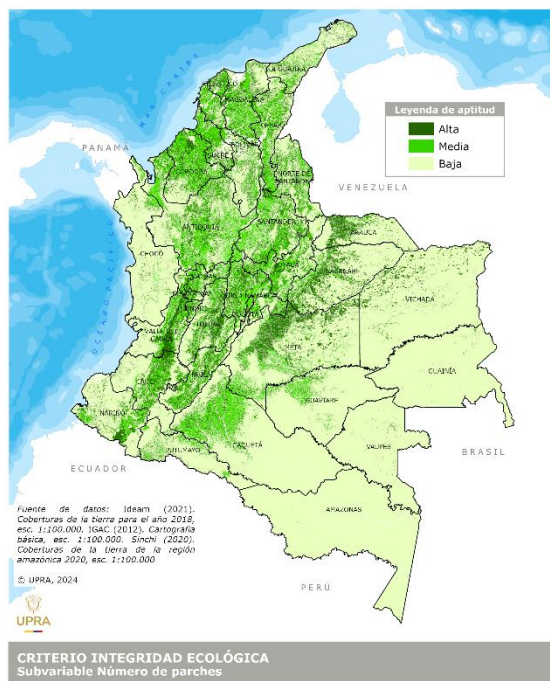
Los índices descriptores generan información relevante sobre el tamaño y la cantidad de parches (considerando como parche cada polígono de cada una de las diferentes coberturas reclasificadas); mediante este cálculo se puede deducir que cuando una categoría determinada de cobertura posee pocos parches 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, nos indica que tan probable es que un determinado parche pueda fraccionarse, siendo los valores cercanos a 1 los de mayor estabilidad geométrica (formas circulares o cuadradas) y los valores que más se alejen de 1 son parches de menor estabilidad geométrica los cuales por lo general presentan cada vez más formas ameboides, formas que muestran gran probabilidad de partición o fragmentación. El otro índice calculado,

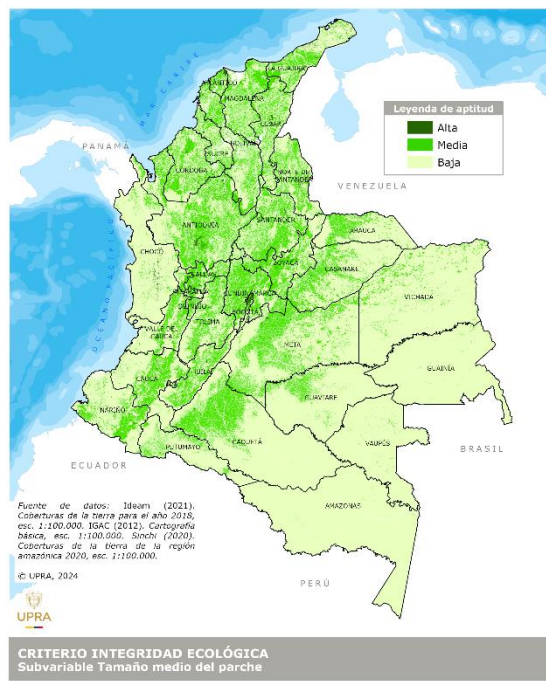
complejidad de forma, muestra similares resultados a la dimensión fractal, diferenciándose en que este genera una relación entre la forma de cada uno de los parches frente al total de la clase (suma de todos los polígonos) de cada una de las coberturas reclasificadas.

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

Índices descriptores

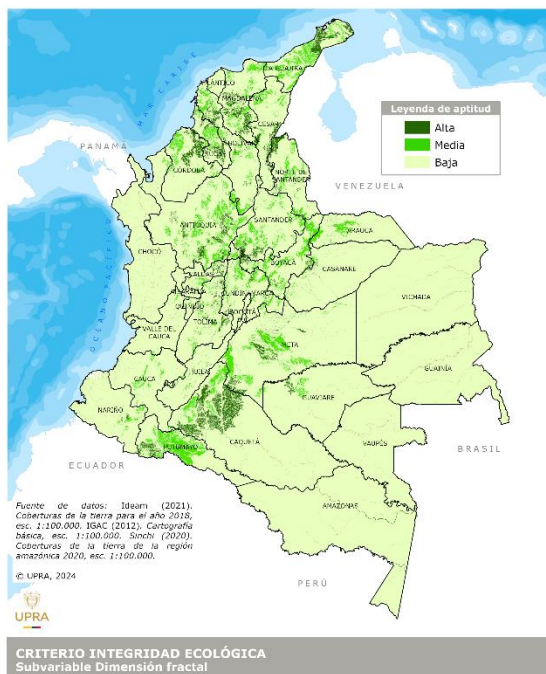


Número de parches

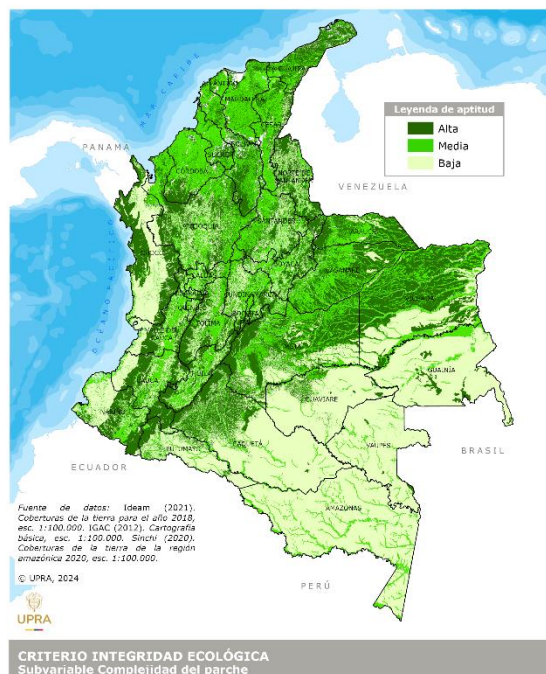


Tamaño medio del parche

Índices de forma



Dimensión fractal



Complejidad de forma

Tanto los índices descriptores como los de forma se fusionaron en un solo mapa para obtener un mapa de índices descriptores y un mapa de índices de forma, respectivamente, a través de la aplicación de árboles de decisión, como se observa a continuación:

Índices descriptores

Tamaño medio	Número de parches	Índices descriptores
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A3
A3	A3	A3

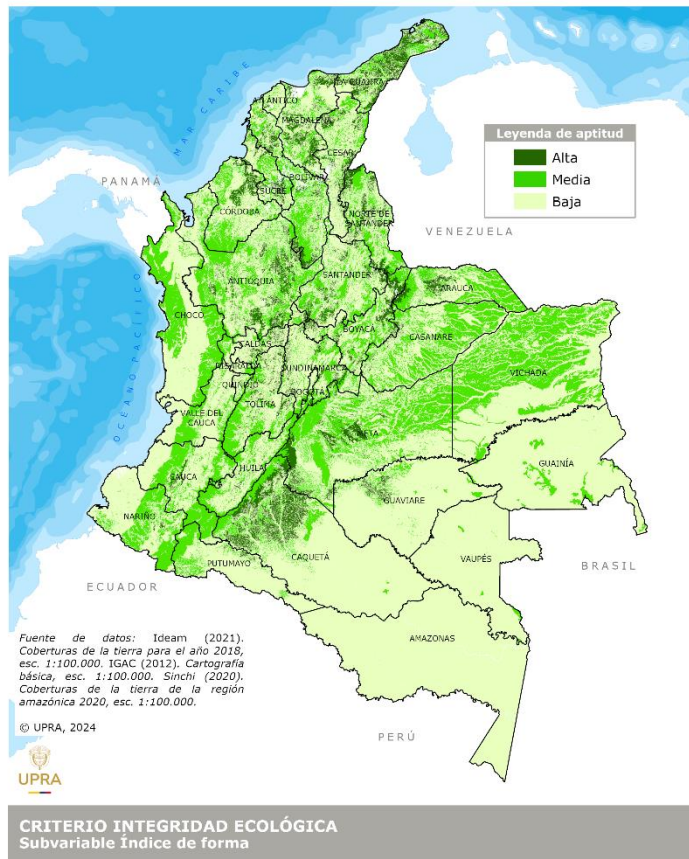
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvo el siguiente mapa para este grupo de índices:



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

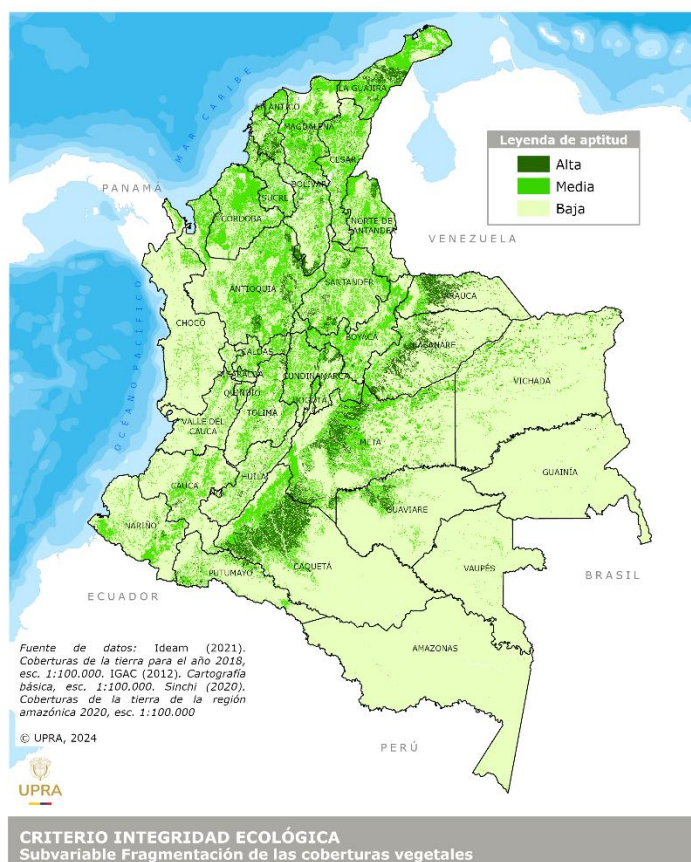
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvieron los siguientes mapas para el grupo de índices de forma:



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

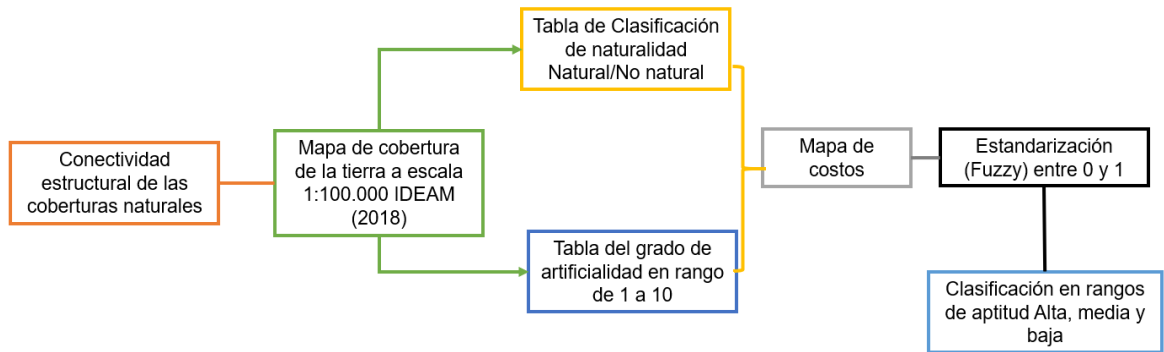


La siguiente subvariable estudiada para la conformación de la variable, corresponde a la conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), la cual permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento de 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, 2021). 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 CECN



Para establecer las calificaciones de artificialidad en la tabla se consideró:

- Áreas que representan un alto costo para la conectividad de las estructuras de las coberturas naturales como los territorios artificializados, tendrán una 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.

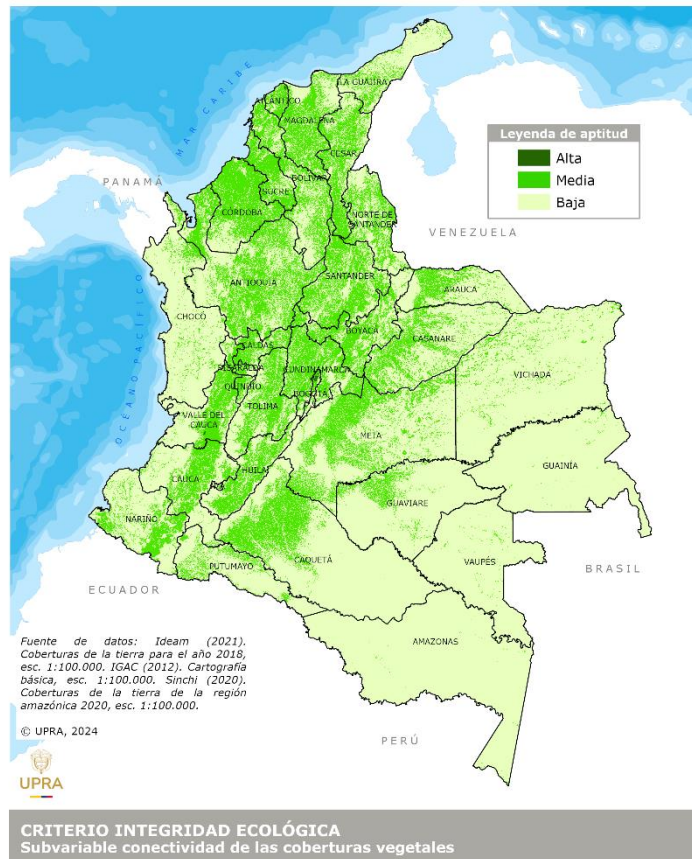
Calificación de costos para el criterio conectividad estructural:

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 o *aptitud alta* (A1), la conectividad baja tendrá *aptitud media* (A2), y a la alta conectividad se le asigna una menor aptitud o *aptitud 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	Aptitud
Conectividad baja > 17.000.000 Mayor número de parches; menor tamaño medio de los parches; mayor dimensión fractal media del parche (> 1,45); parches cortos con menor complejidad de forma	Alta (A1)
Conectividad media 0- 17.000.000 menor número de parches; moderado tamaño medio de los parches; moderada dimensión fractal media del parche (1,41-1,45); 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 (< 1,41); parches largos con mayor complejidad de forma	Baja (A3)
No aplica	No apto (N1)

- Correa A., C. A. (2009). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. En: Revista Pérez-Arbelaezia No. 19: 115-139.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Instituto Sinchi) (2020). Cobertura de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, para el año 2018, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- MacArthur, R. y Wilson, E. (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.

2.1.2. Variable *Índice de naturalidad (INAT)*

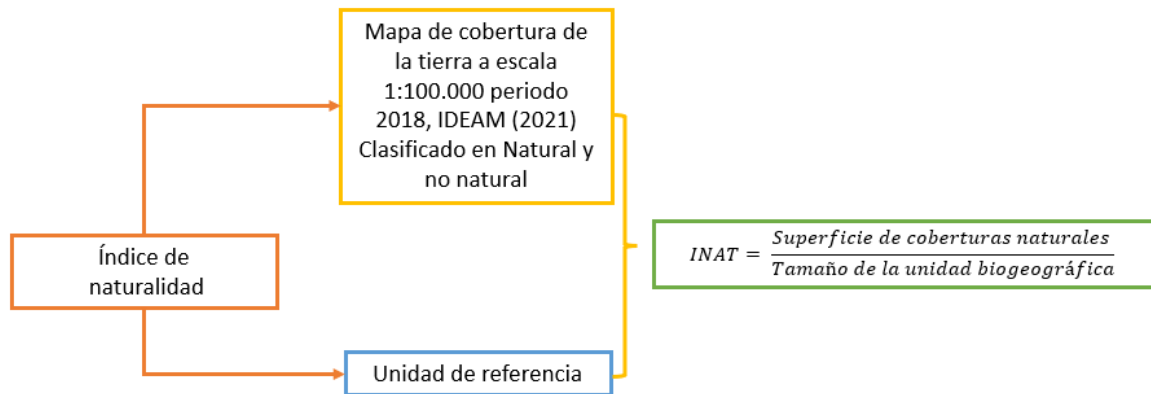
FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Índice de naturalidad a (INAT)	UNIDAD DE MEDIDA: Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Está referida a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, que son necesarios para sustentar la vida. La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis, está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio (Vélez y Gómez, 2008). De esta forma, en cada unidad biogeográfica se calcula la superficie ocupada por todas aquellas coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas y superficies de recarga hídrica, entre otros), en proporción al tamaño de la unidad biogeográfica. Así entre más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos de ahuyama, 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		
Esta variable no genera exclusión técnica (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 <i>Corine Land Cover</i> (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). Se determina el índice mediante la expresión:

$$INAT = \text{Superficie de coberturas naturales (ha)} / \text{tamaño de unidad biogeográfica (ha)}$$

Esquema metodológico de la variable índice de naturalidad

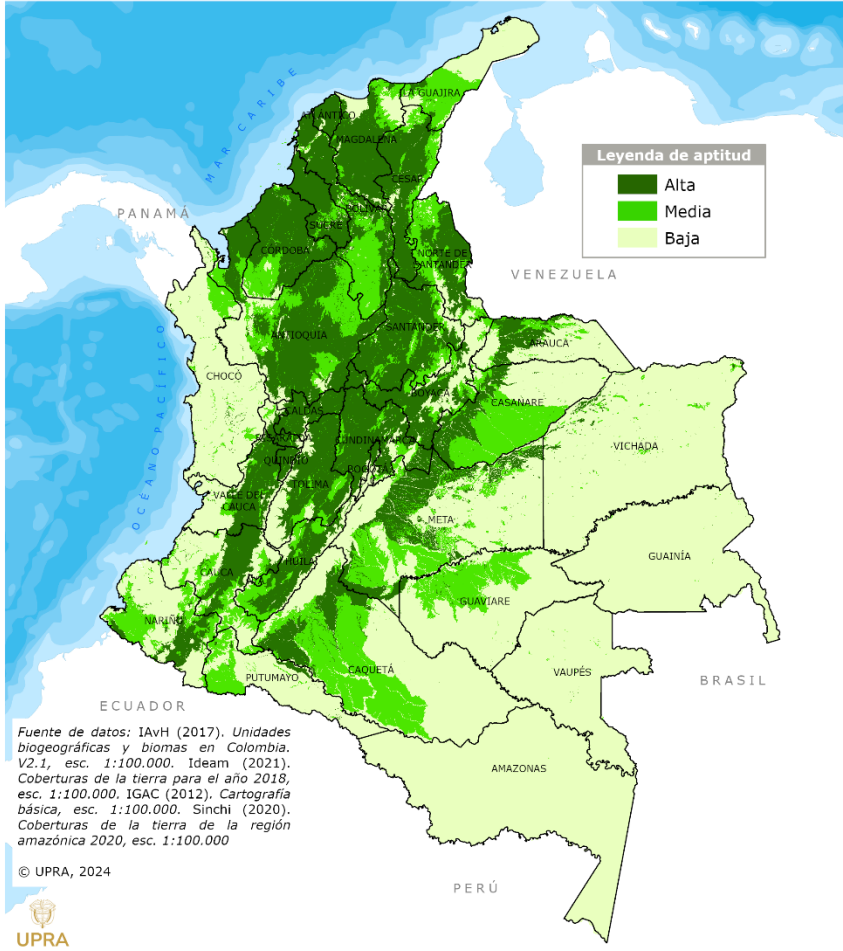


RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros de Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de cultivos de ahuyama.

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

Descripción	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	Coberturas vs Unidad biogeográfica
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA Variable Índice de naturalidad	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia. escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2017). Unidades biogeográficas y biomas en Colombia. V 2.1., escala 1:100.000. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, para el año 2018, escala 1:100.000. Bogotá.	



- Márquez, C. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>.
- 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

2.1.3. Variable Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	UNIDAD DE MEDIDA: 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 zonas 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).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite identificar áreas donde el establecimiento de cultivos de ahuyama puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas. 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 ahuyama, 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 este cultivo es mayor.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
La variable no genera exclusiones técnicas (N1). 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 y 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 del cultivo de ahuyama, puesto que pueden generar presiones recíprocas a los ciclos naturales de las especies.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

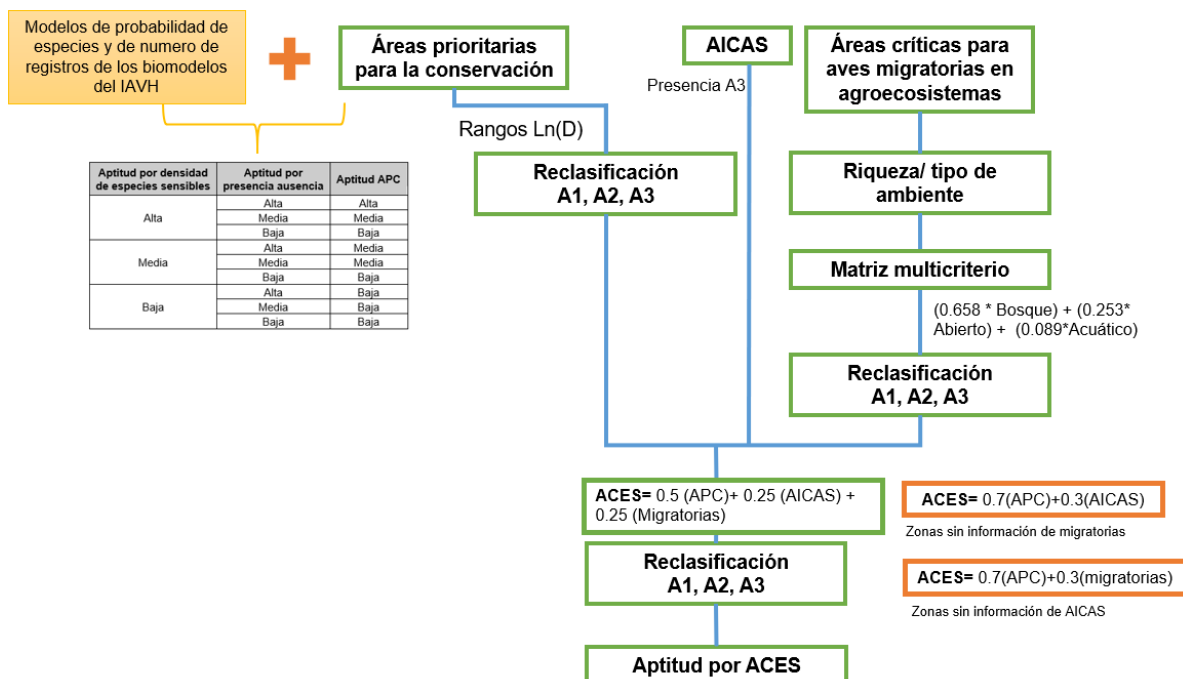
No existen estudios a nivel nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades variadas, para complementar el panorama nacional.

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) y las áreas de conservación priorizadas en múltiples escenarios de portafolios de áreas de conservación para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la adaptación al riesgo (IAvH (2021), BirdLife, (2022)), y agroecosistemas (Selva, 2012).

El esquema metodológico de la variable se describe a continuación:





• Áreas prioritarias de conservación (APC):

Esta subvariable se mide a través de la densidad de especies sensibles / km², en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se toma de base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013 en el portafolio de APC, escala 1:100.000. Adicionalmente se incluyó la capa geográfica de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia —que están siendo utilizadas para los Conpes nacionales ambientales— con datos para 355 áreas sobre bioma y superficie (hectáreas). Datos de presencia-ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAvH. 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 cultivos de ahuyama.

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, calculada mediante la suma de los valores reportados de mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios y plantas. La definición de los rangos de aptitud se determina mediante intervalos geométricos.

Descripción	Aptitud por densidad de especies sensibles
Áreas sin identificación de APC (ln (D) < -10,02)	Alta (A1)
APC con densidad muy baja de especies sensibles (ln (D) = -10,02 a -5,72) APC con densidad baja de especies sensibles (ln (D) = -5,71 a -2,77)	Media (A2)
APC con densidad moderada de especies sensibles (ln (D) = -2,76 a -1,42) APC con densidad alta de especies sensibles (ln (D) = -1,42 a -0,06) APC con densidad muy alta de especies sensibles (ln (D) = -0,05 a 6,42)	Baja (A3)

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 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:

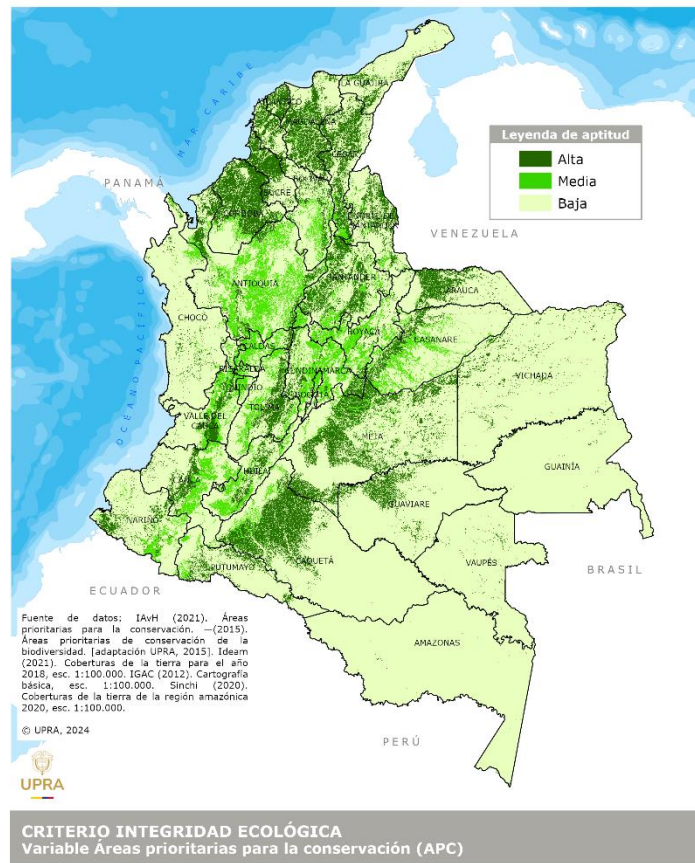
Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia-ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

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 *aptitud alta* (A1), en aquellas zonas donde no existen coberturas naturales.

Los rangos de aptitud para APC finalmente son:

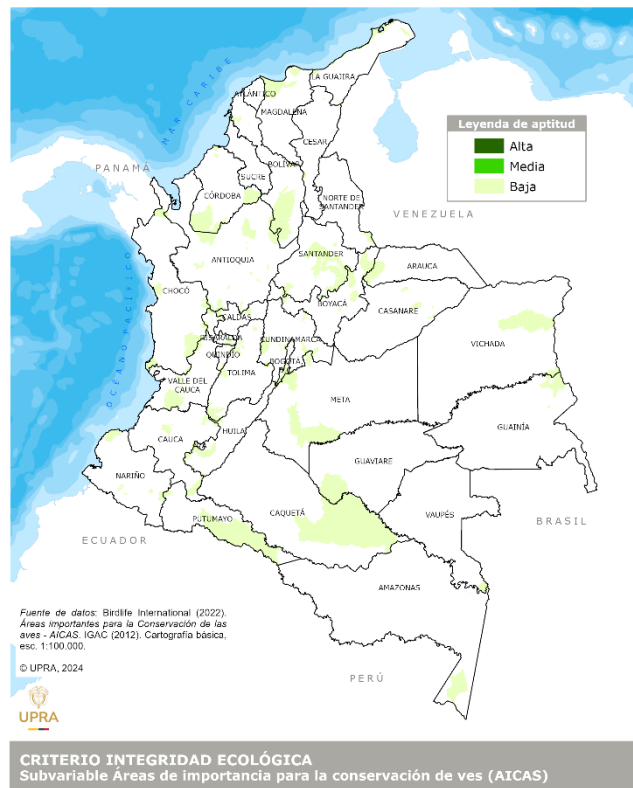
Descripción	Aptitud
Baja presencia de APC y especies sensibles	Alta (A1)
Alta presencia de APC y especies sensibles	Media (A2)
Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies	Baja (A3)

Finalmente, se incluyeron en *aptitud baja* (A3) los polígonos con valores de 60 a 100 % de frecuencia de selección en múltiples escenarios, del mapa de “Áreas de conservación priorizadas en múltiples escenarios de portafolios de áreas de conservación para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la adaptación al riesgo” del IAvH (2021).



- Áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS).

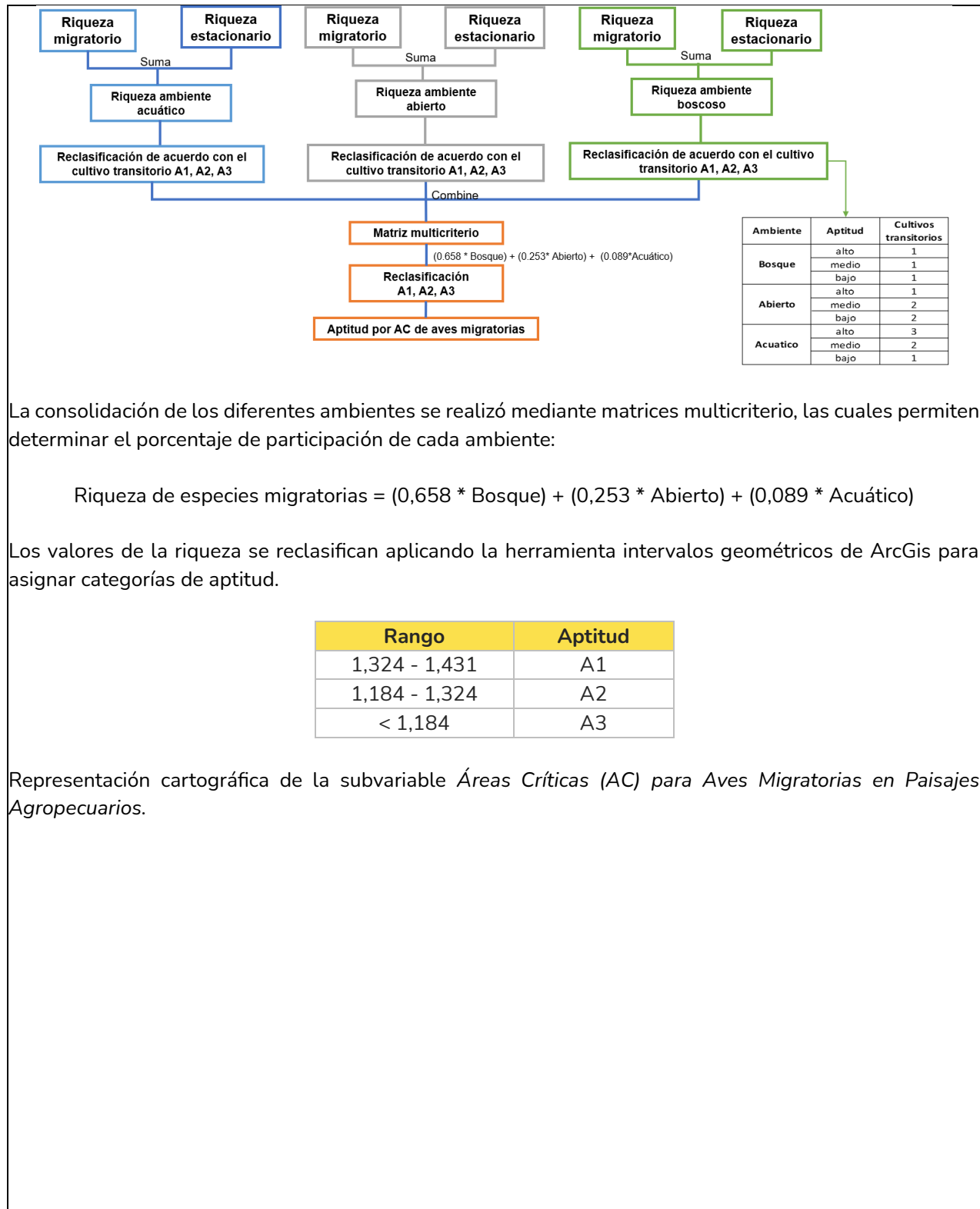
Para el desarrollo y análisis de las AICAS, se tomó la información suministrada por el IAVH, relacionada con Aicas, en formato shape y documental. Se ajustó la riqueza de la capa Aicas (BirdLife, 2022) de acuerdo con la información publicada en la página BirdLife International, tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICAS, 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 ahuyama, 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, a fin de identificar aquellas áreas que representan ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio.



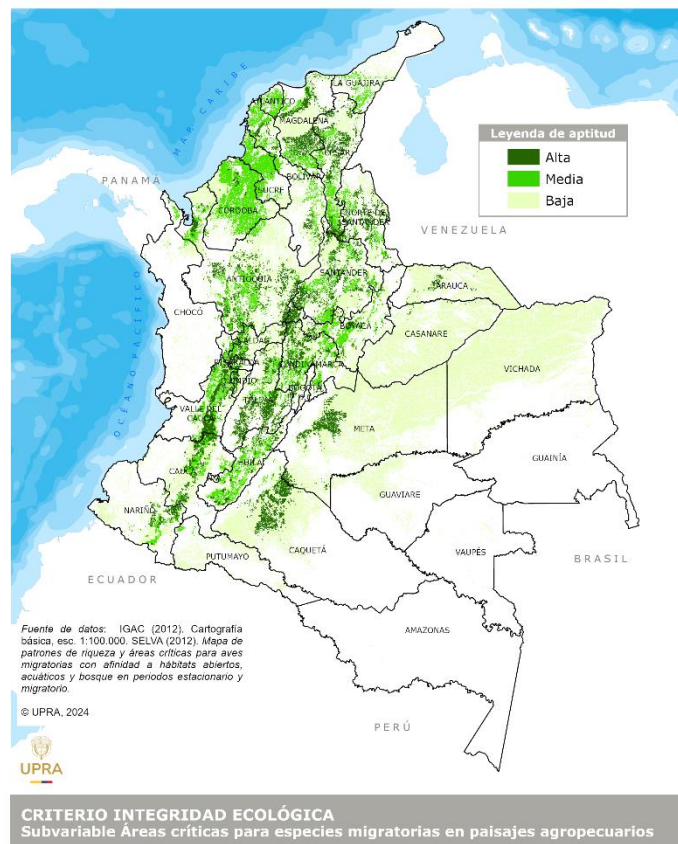
La consolidación de los diferentes ambientes se realizó mediante matrices multicriterio, las cuales permiten determinar el porcentaje de participación de cada ambiente:

$$\text{Riqueza de especies migratorias} = (0,658 * \text{Bosque}) + (0,253 * \text{Abierto}) + (0,089 * \text{Acuático})$$

Los valores de la riqueza se reclasifican aplicando la herramienta intervalos geométricos de ArcGis para asignar categorías de aptitud.

Rango	Aptitud
1,324 - 1,431	A1
1,184 - 1,324	A2
< 1,184	A3

Representación cartográfica de la subvariable *Áreas Críticas (AC) para Aves Migratorias en Paisajes Agropecuarios*.



La integración de toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad, evitando redundancias, se realiza a través de matrices multicriterio, obteniendo los siguientes pesos:

$$ACES= 0,5 (APC) + 0,25 (AICAS) + 0,25 (Migratorias)$$

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

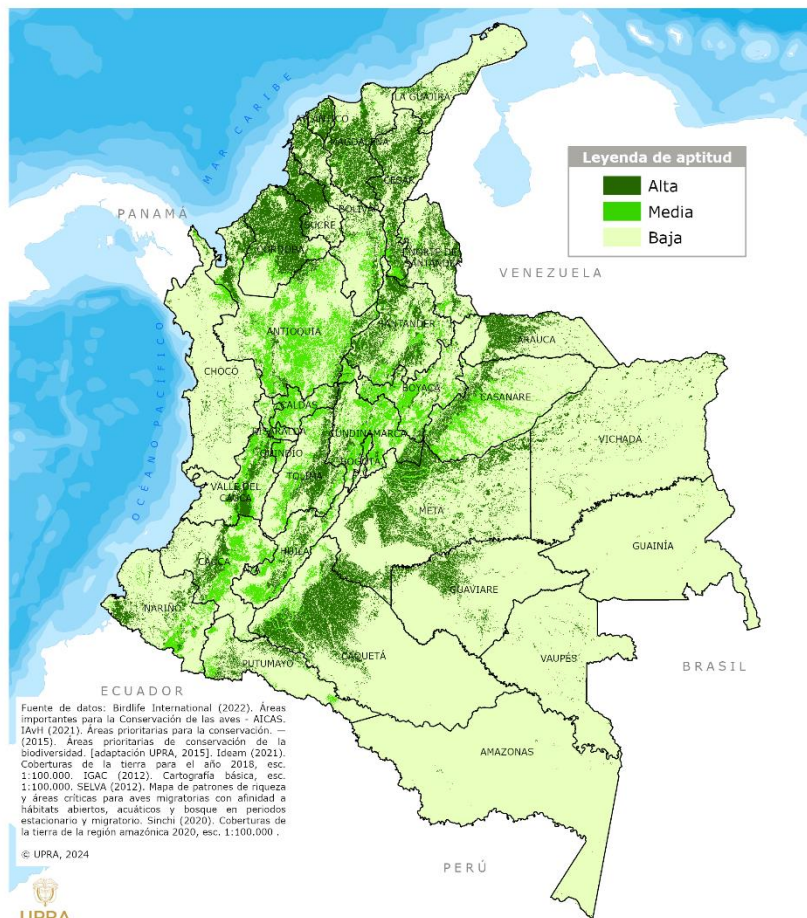
Se establecieron los siguientes rangos de aptitud para la variable ACES:

Rango	Aptitud
>2,333	Alta (A1)
1,667-2,333	Media (A2)
<1,667	Baja (A3)

Unidad de análisis

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Variable Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

FUENTES DE INFORMACIÓN
- BirdLife International (2022). Important bird and biodiversity area (IBA) digital boundaries: March 2022 version. BirdLife International, Cambridge, UK. - Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (Ideam) (2021). Coberturas de la tierra para el año 2018, escala 1:100.000. Bogotá. - Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. - Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) (2015). Áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad. (adaptación UPRA 2015) - Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) (2013). Áreas prioritarias para la conservación. Escala 1:250.000. - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (Instituto Sinchi) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. - Investigación para la conservación en el Neotrópico (Selva) (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre Selva y UPRA. 165 pp. Bogotá.

2.1.4. Variable Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	UNIDAD DE MEDIDA: Calificación cualitativa del estado de conservación	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Durante varios años los ecosistemas terrestres y acuáticos a nivel mundial han sido intervenidos y modificados de forma progresiva por la humanidad (Tilman et al., 2002), siendo la expansión de la frontera agrícola y los cambios de uso del suelo las principales causas de pérdida de biodiversidad (Norris, 2008), llegando a presentarse una reducción considerable del área de sistemas naturales con frecuente pérdida de especies (Leadley et al., 2014). Lo anterior ha contribuido a la degradación de más del 60 % de los servicios ecosistémicos que ofrecen los diferentes ecosistemas (MEA, 2005). Por tanto, Etter et al. (2017) señala la importancia de evaluar la transformación en los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados, dado que la conservación de la biodiversidad no debe solo abordar el componente biótico, sino que también debe considerar el impacto sobre los sistemas ecológicos. Se tiene una serie de categorías y criterios que constituyen el fundamento de la Lista Roja de Ecosistemas (LRE), que se considera como una herramienta clave en la evaluación de riesgos, que permite identificar áreas prioritarias para la conservación y restauración, asociadas a ecosistemas con evaluaciones altas de amenaza. Esto permitiría el mantenimiento de la provisión de servicios ecosistémicos brindados por estas áreas.		

En general, la variable se basa en la evaluación del estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, con el fin de identificar áreas que hacen parte de la estructura ecológica principal, que deben preservarse, conservarse y restaurarse, debido a que brindan una capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población, basados la reclasificación de las áreas evaluadas en el trabajo de Etter et al. (2017).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO

La variable permite identificar el estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, dada la potencial pérdida de biodiversidad que ocasiona el deterioro de ecosistemas que favorecen el desarrollo de procesos ecológicos esenciales, necesarios para sustentar la vida (Etter et al., 2017). Dicho deterioro es el resultado de la expansión de la frontera agrícola y la reducida conservación de las remanentes de ecosistemas importantes que se encuentran dentro de mosaicos de paisaje rural. Por tanto, se considera que áreas de especial importancia biológica y ecológica, se definirán con categorías altas de amenaza con el fin de garantizar su conservación.

Adicionalmente, la variable otorga una calificación de conservación (aptitud baja) a los ecosistemas estratégicos, los cuales juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos, puesto que 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).

Se consideran como ecosistemas estratégicos manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas y morichales.

El ecosistema de manglar reduce el impacto de las mareas depositando barro y formando pantanos donde se fijan los organismos. Igualmente, sirve como estabilizador de la línea costera ayudando en el control de erosión y constituye una barrera natural de amortiguamiento que protege a las costas de marejadas y vientos huracanados a manera de cortina rompevientos. Son definidos como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del MinAmbiente). Para su conservación el MinAmbiente desarrolló el Programa Nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar, en el año 2002.

En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice al interior de su área, y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995 de MinAmbiente).

Por su parte, los humedales son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a diversos factores que alteran sus características físicas, biológicas y químicas, afectando así la flora y la fauna presente en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en el artículo 2.º, 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.

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 y/o actividad pecuaria.

Este ecosistema hace parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo asociada con escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, por ello MinAmbiente desarrolló el “Plan de Acción Nacional de lucha contra la Desertificación y la Sequía (PAN) 2005”, a través del cual se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, así como la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.

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

Esta variable no genera exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El insumo base corresponde al trabajo de Etter et al. (2017) que en su momento representaba el estado y la vulnerabilidad de los ecosistemas, producto de la expansión histórica de la frontera agrícola y el bajo nivel de conservación de áreas remanentes de estos ecosistemas en los mosaicos de los paisajes rurales del país. Dado que la herramienta de Lista Roja de Ecosistemas (LRE), planteada por los autores considera también amenazas derivadas al cambio climático, es de esperarse que la información contenida en la capa requiere actualización.

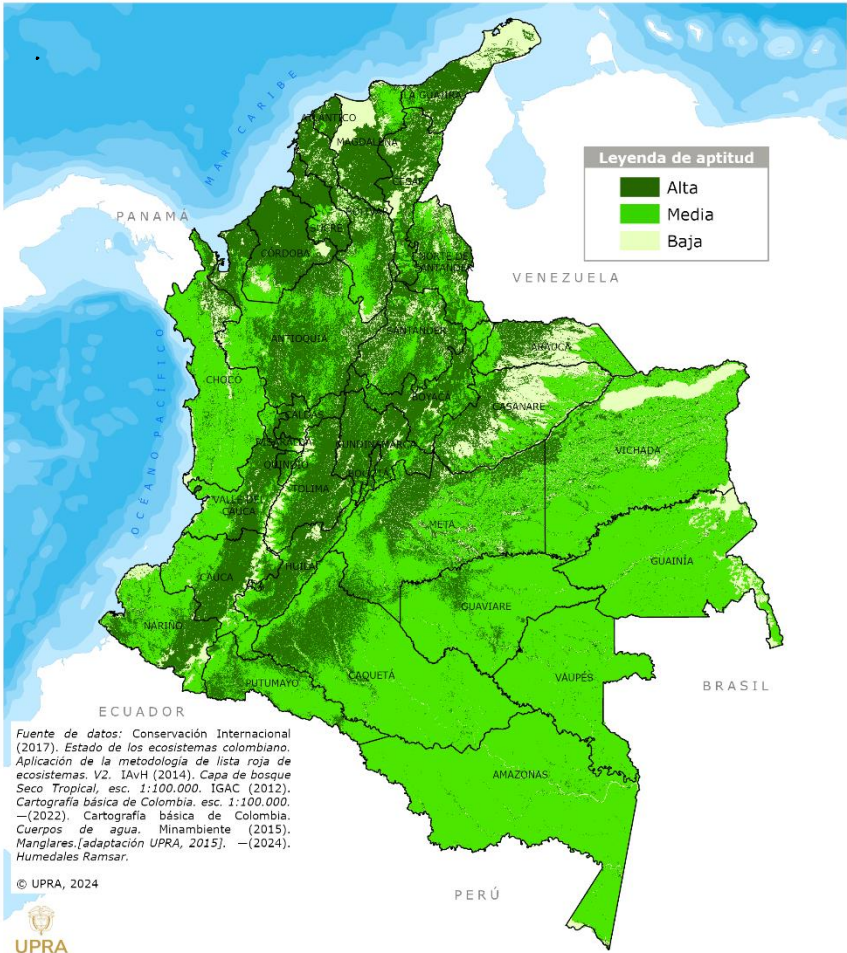
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se espacializó mediante la reclasificación del mapa del Estado de conservación de los ecosistemas (UICN) del estudio de Etter et al. (2017), considerando que los polígonos con estado de vulnerabilidad Crítico (CR) y en peligro (EN) se dejan en *aptitud baja* (A3), estado Vulnerable (VU) y preocupación menor (LC) se califican con *aptitud media* (A2) y las Áreas transformadas, agrícolas y artificiales que no presentan calificación de riesgo se dejan en *aptitud alta* (A1). Adicionalmente, ecosistemas estratégicos como manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas y morichales se clasifican en aptitud baja A3, dada su importancia en la prestación de servicios ecosistémicos y la potencial amenaza que presentan actualmente.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Calificación de la variable *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales*

Descripción	Aptitud
Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Alta (A1)
Estado de conservación vulnerable (VU) y preocupación menor (LC)	Media (A2)
Estado de conservación crítico (CR) y en peligro (EN). Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas, morichales)	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígonos del Estado de conservación de los ecosistemas y ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madres viejas, morichales)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA Variable Afectación ecosistemas naturales y seminaturales	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Etter A., Andrade A., Saavedra K., Amaya P. y Arévalo, P. (2017). Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas (Versión 2.0). Informe Final. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional Colombia. Bogotá. 138 pp • Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.	



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2022). Cartografía básica de Colombia. Cuerpos de agua.
- Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH) (2014). Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000
- Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila U.R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L.S.L., van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S.R. and P.J Mumby (2014). Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions. (Technical Series 78, 500 pp.). Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Márquez, G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC.: Island Press
- MinAmbiente (2015). Manglares. (adaptación UPRA 2015).
- MinAmbiente (2024). Humedales RAMSAR
- Norris, K. 2008. Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. Conservation Letters 1(1):2-11.
- Tilman, D., Reich, P.B. and J.M.H. Knops. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. Nature 441, 629–632.



2.2 Criterio Potencial de polinización natural por himenópteros

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Potencial de polinización natural por himenópteros		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Oferta floral natural y cultivada</i>, expresada en especies de flora natural y cultivada con potencial atractivo para polinizadores • <i>Distribución geográfica de polinizadores</i>, expresada como proporción de área de la unidad biogeográfica (%) • <i>Áreas de alta presión sobre polinizadores</i>, expresadas como polígonos de cobertura, píxeles de 30 m con calificación de aspecto y polígonos de cuerpos de agua, zonas de influencia de vías, trapiches, centros poblados, subestaciones y líneas de tensión. • <i>Aptitud Apis mellifera</i>, expresada como zonas aptas potenciales.		
DEFINICIÓN		
Se ha considerado que las abejas son los principales polinizadores (Cardinal y Danforth, 2013), y estas dependen de las recompensas florares (néctar) en todas sus etapas de vida (Ramello et al., 2024). <i>Apis mellifera</i> L., es el polinizador más extendido; sin embargo, no es necesariamente el mejor para una gran variedad de cultivos (Osterman et al., 2021). Por ejemplo, Serra y Campos (2010) señalan que para <i>Cucurbita maxima</i>, <i>A. mellifera</i> no es el mejor polinizador, pero contribuye en la producción de frutos y mejora el rendimiento del cultivo. <i>Cucurbita máxima</i> es una especie altamente dependiente de los insectos para la polinización y producción de frutos (Ashworth et al., 2009), destacándose la importancia de <i>Apis mellifera</i> (Nicodemo et al., 2009) y de diferentes abejas silvestres (Ramello et al., 2024). Es importante la presencia de abejas grandes, medianas y pequeñas, en la polinización de cultivos de <i>C. maxima</i> (Ramello et al., 2024). Dado que esta especie presenta un gran número de óvulos por ovario, 250 en promedio, requiere en promedio 167 a 500 granos de polen para cuajar el fruto, esto hace que se tengan altos requerimientos de polinización (Kamo et al., 2022). De acuerdo con Delgado-Carrillo et al. (2018), las especies del género <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> son polinizadores efectivos del género <i>Cucurbita</i>.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
De acuerdo con McGrady et al. (2019) las tasas de visitas de abejas silvestres en cultivos comerciales de <i>Cucurbita</i> mejoran el rendimiento de los cultivos.		

Debido a que las plantas del género *Cucurbita* son diclino-monoicas, es decir, tienen las flores femeninas y masculinas separadas, la producción de sus frutos es dependiente de los polinizadoras (Krug et al., 2010). Además, la producción de flores masculinas es mayor a la de las femeninas (Bazo et al., 2018) y solo el 20-50% de las flores femeninas llega a generar frutos (Mazzei et al., 2020).

Las flores femeninas de *C. maxima* y *C. moschata* producen mayor cantidad de néctar que las flores masculinas (Bazo et al., 2018); sin embargo, es posible que las flores masculinas reciban mayor número de visitas de polinizadores, debido a la morfología floral relacionada con una corola de mayor tamaño y amplia apertura que posibilita un acceso más rápido y sencillo del polinizador hacia el nectario (Mazzei et al., 2020).

Se han encontrado distintas especies de abejas polinizando especies del género *Cucurbita* en Suramérica (Mazzei et al., 2020), siendo las más abundantes *Apis mellifera* (Krug et al., 2010 y Vidal et al. 2010) y especies de la tribu *Meliponini* como *Trigona spinipes* (Nicodemo et al., 2009). Además, Delgado-Carrillo et al. (2018) señalan que las especies del género *Bombus* y la tribu *Meliponini* en general, son polinizadores efectivos para las especies de este género.

Por tanto, el criterio potencial de polinización natural por himenópteros favorece la identificación de áreas en donde potencialmente se encuentra mayor presencia de polinizadores como *A. mellifera* y abejas silvestres, representando en estas áreas un beneficio común tanto para los polinizadores como para el cultivo de ahuyama, dado que el cultivo ofrece grandes cantidades de polen y néctar (Nicodemo et al., 2007) y tiene un alto requerimiento de polinización para la producción de frutos, debido a la alta presencia de óvulos por ovario (Kamo et al., 2022).

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).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó el criterio. En primer lugar, debe hacerse referencia a la «Leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia» que, aunque permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, CLC engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional.

Otro limitante identificado es la ausencia de más investigaciones sobre el tema a nivel del país. No se cuenta con modelos de distribución de flora apícola, por tanto, se identificaron las especies de plantas considerando principalmente los estudios de USDA (2017), Velandia et al. (2012) y Giraldo et al. (2011), los cuales no se encuentran actualizados, pero corresponden a los estudios con mayor identificación de flora con potencial apícola.

Además, dada la falta de información específica sobre algunos cultivos, así como la falta de especificidad del conocimiento de ciertos aspectos relacionados con el uso actual y la fenología de las plantas cultivadas, hace que algunas variables del criterio no puedan tomarse como un marco de referencia lo más cercano posible a la realidad. No obstante, sirve como una suposición razonable sin olvidar que existe un cierto grado de incertidumbre para la calificación. Adicionalmente, aunque el país actualmente cuenta con estudios y colecciones de museo sobre sitios de colección de abejas del género *Xylocopa* spp., *Bombus* spp.



y la tribu *Meliponini*, siendo un nivel de colección adecuado, falta aún más colecciones a nivel del país. No se han realizado modelos corológicos previos sobre los factores que inciden en la distribución.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a través de una suma ponderada de 4 variables:

- Oferta floral natural y cultivada
- Distribución geográfica de polinizadores
- Áreas de alta presión sobre polinizadores
- Aptitud de *Apis mellifera*

La siguiente ecuación pondera cada variable para la construcción del criterio:

Potencial de polinización natural por himenópteros = $(0,165 * \text{Estado de conservación del hábitat}) + (0,494 * \text{Distribución geográfica de polinizadores}) + (0,057 * \text{Áreas de alta presión sobre polinizadores}) + (0,285 * \text{Aptitud } Apis mellifera)$

Los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las cuatro variables se determinaron a través de una matriz multicriterio y el criterio de experto. Los resultados de la suma se agruparon en tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software ArcGis.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Criterio	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja(A3)	No Apto (N1)
Potencial de polinización natural por himenópteros	Áreas con mayor potencial de distribución de polinizadores naturales y <i>Apis mellifera</i> , mejor Oferta floral natural y cultivada, y moderada presión sobre los polinizadores. (> 1,626)	Áreas con moderado potencial de distribución de polinizadores naturales y <i>Apis mellifera</i> , buena y moderada Oferta floral natural y cultivada, y menor presión sobre los polinizadores. (1,159-1,626)	Áreas con menor potencial de distribución de polinizadores naturales y <i>Apis mellifera</i> , baja Oferta floral natural y cultivada, y moderada a alta presión sobre los polinizadores. (< 1,159)	-

Unidad de análisis | Polígonos de coberturas *Corine Land Cover*, píxel de distribución
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

Leyenda de aptitud

- Alta
- Media
- Baja

CRITERIO POTENCIAL DE POLINIZACIÓN NATURAL POR HIMENÓPTEROS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R. and K. Oyama. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biol Conserv* 142(5):1050–1057
- Bazo, I. S., Espejo, R. J., Palomino, C. A., Flores, M. P., Chang, M. L., López, C. B. y R.S. Mansilla. (2018). Estudios de biología floral, reproductiva y visitantes florales en el “Loche” de Lambayeque (*Cucurbita moschata* DUCHESNE). *Ecología Aplicada*. 17(2), 191-205. <https://doi.org/10.21704/rea.v17i2.1239>
- Cardinal, S. and B.N. Danforth. (2013). Bees diversified in the age of eudicots. *Proc R Soc B-Biol Sci* 280:20122686.
- Delgado-Carrillo, O., Martén-Rodríguez, S., Ashworth, L., Aguilar, R., Lopezaiza-Mikel, M. and M. Quesada. (2018). Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* is determined by bee gender and diversity. *Ecosphere* 9(11): e02506.



- Giraldo, C., Rodríguez, A., Chamorro, F., Obregón, D., Montoya, P., Ramírez, N., Solarte, V. & G. Nates-Parra. (2011). Guía ilustrada de Polen y Plantas Nativas visitadas por Abejas. Cundinamarca, Boyacá, Santander, Sucre, Atlántico y Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN.
- Kamo, T., Nikkeshi, A., Tawaratsumida, T., Tanaka, Y., Nakamura, S. and S. Kishi. 2022. Pollination efficiency of bumblebee, honeybee, and hawkmoth in kabocha squash, *Cucurbita maxima*, production in Kagoshima, Japan. *Appl Entomol Zool* 57:119–129
- Krug, C., Alves-dos-Santos, A. and J. Cane. (2010). Visiting bees of *Cucurbita* flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini-Apidae)-Santa Catarina, southern Brazil. *Oecol Aust* 14(1):128–139
- Mazzei, M., Vesprini, J.L. y Galetto, L. (2020). Visitantes florales no polinizadores en plantas del género *Cucurbita* y su relación con la presencia de abejas polinizadoras. *Acta Agronómica*. 69 (4) 2020, p 256-265. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v69n4.87639>
- Mcgrady, C. M., Troyer, R., & S.J. Fleischer. (2019). Wild bee visitation rates exceed pollination thresholds in commercial *Cucurbita* agroecosystems. *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 5562-574. <https://doi.org/10.1093/jee/toz295>
- Nicodemo, D., Couto, R.H.N., Malheiros, E.B. y D. De Jong. (2007). Biología floral em moranga (*Cucurbita maxima* Duch. Var "Exposição"). *Acta Sci Agron* 29:611–616
- Nicodemo, D., Couto, R.H.N., Malheiros, E.B. y D. De Jong. (2009). Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Sci Agric* 66:476–480
- Osterman, J., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Bosch, J. and B.G. Howlett. (2021). Global trends in the number and diversity of managed pollinator species. *Agric Ecosyst Environ* 322:107653
- Ramello, P.J., Almada, V., Asworth, L., Alvarez, L. and M. Lucia. (2024). Bee size increases pollen deposition in *Cucurbita maxima* (Cucurbitaceae) crops. *Apidologie* (2024) 55:23. INRAE, DIB and Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature, 2024. <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01065-9>
- Serra, B.D. and L.A.O. Campos. (2010). Entomophilic pollination of squash, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Neotrop Entomol* 39:153–159
- Velandia, M., Restrepo, S., Cubillos, P., Aponte, A. y Silva, L. M. (2012). Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. 84 p.
- Vidal, M. das G., Jong, D. de, Wien, H. C. and R.A. Morse. (2010). Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Brazilian Journal of Botany*. 33(1), 106–113. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100010>

2.2.1. Variable Oferta floral natural y cultivada

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Potencial de polinización natural por himenópteros		
VARIABLE: Oferta floral natural y cultivada	UNIDAD DE MEDIDA: Especies de flora natural y cultivada con potencial atractivo para polinizadores	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	



DEFINICIÓN
Evalúa el potencial de flora natural y flora cultivada que puede ser atrayente para los polinizadores, dada la importancia de la identificación de especies vegetales y los recursos que estas proporcionan para la producción de miel y otros productos apícolas (Velandia et al., 2012). La flora y la vegetación son la fuente de alimento para las abejas y son las encargadas en definir la orientación de la producción de los apiarios (miel, cera, polen, jalea real, propóleos, núcleos, paquetes y reinas), y establecer los límites de la producción dada la oferta que estas generan. Esta oferta puede variar de una región a otra y a lo largo del año, dependiendo de las especies vegetales (biodiversidad y agrodiversidad) presentes en un área específica (Tejeda, 2019). El potencial que tiene esta vegetación para la polinización está dado principalmente por mecanismos de coevolución, es decir, los mecanismos de adaptación y evolución mutua, que a través de millones de años se han generado para realizar una alta especificidad entre las plantas, para ser polinizadas y las abejas (en este caso <i>A. mellifera</i>), para obtener néctar, polen y propóleos, ayudando y soportando la polinización de las especies vegetales (Rodríguez, 1978). De acuerdo con Agrobot (s. f.), dentro de los factores que han coevolucionado, se consideran que la expresión de la interacción polinizador-flor se fundamenta en: • <i>Atractividad o intensidad de uso</i>: Es la preferencia que muestran las abejas hacia unas especies en particular. Puede observarse en el campo que algunas especies son visitadas siempre, por innumerable cantidad de abejas. En el otro extremo se encuentran plantas que sirven como recurso esporádicamente a pocos individuos y finalmente las que no las atraen en ningún caso. • <i>Fidelidad</i>: Esta condición se observa a través de las sucesivas temporadas. Una especie puede ser siempre utilizada por las abejas (todos los años), en algunos años sí y en otros no o sólo ocasionalmente. • <i>Abundancia</i>: Es fundamental analizar la presencia de las especies utilizadas como recurso y determinar si son muy abundantes, abundantes, comunes o raras. • <i>Oportunidad de la floración</i>: Según el momento en que aparece dentro de la curva de floraciones de la zona, el estado de evolución de la colmena, y el recurso que aporta, una floración puede ser muy oportuna, oportuna o indiferente. • <i>Intensidad y longitud de la floración</i>: En general, en las especies de floración corta, se produce un aumento del número de flores hasta que se alcanza la plenitud y después de un corto estadio de máxima intensidad, desciende progresivamente hasta el final. Con el fin de lograr el éxito en la polinización los mecanismos de evolución han generado en la vegetación y las plantas varios elementos de atracción como lo son: • <i>Nectarios</i>: Los nectarios son los órganos que secretan néctar ubicándose en diversos lugares de la planta. Pueden ser florales como en estambres, pétalos, sépalos, ovario, o extraflorales como en pecíolo. • <i>Olores</i>: Los colores de las flores son mucho más ricos y complejos que lo que puede percibir el ojo humano, ya que incluyen el ultravioleta. Las abejas poseen receptores para este color y así pueden percibir complicados diseños ultravioletas que convergen hacia el centro de la flor guiándolas hacia el alimento. El rojo es percibido como negro por estos insectos. • <i>Perfumes</i>: Cuando una planta pasa del estado vegetativo al reproductivo, se produce una gran emanación de sustancias volátiles, denominada "estallido de olor", que funciona como llamado a los

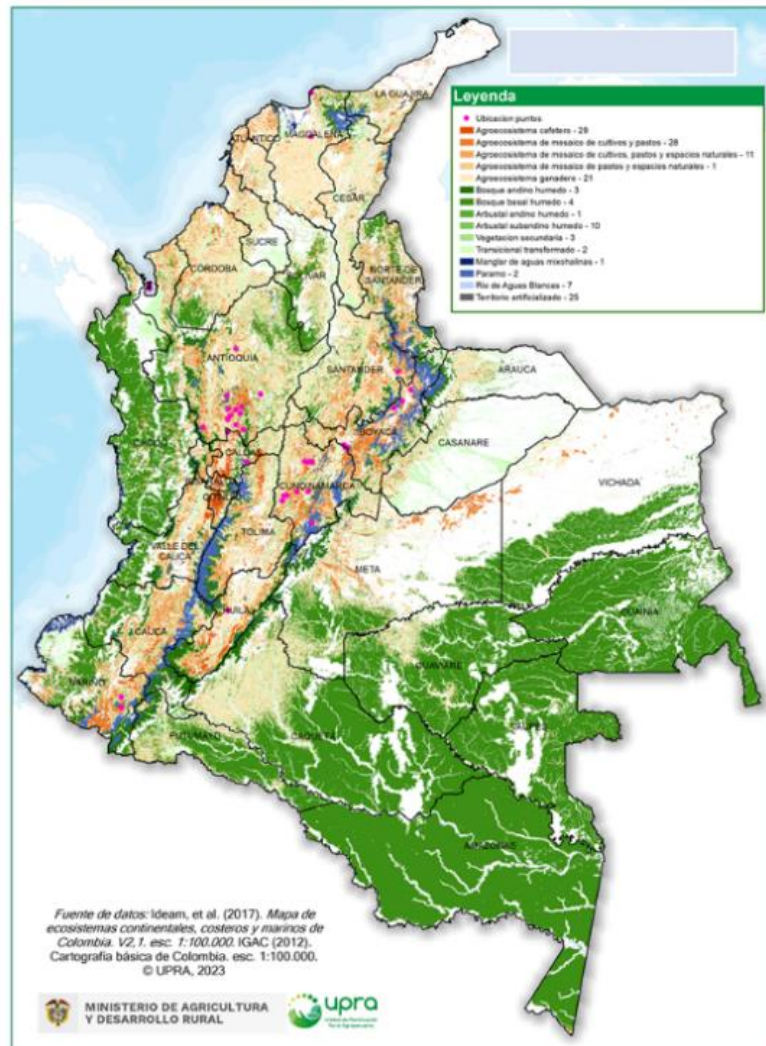
polinizadores. Estas sustancias se liberan a través de órganos denominados osmóforos, que se localizan especialmente en los pétalos.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO Define la potencialidad de la presencia de la flora y vegetación para suministrar adecuadamente fuentes de alimento y energía a las abejas y, por ende, proveer de productos y beneficios ecológicos y productivos que la polinización genera. Conocer el estado de conservación de esta flora es esencial para la identificación de las especies vegetales y los recursos que estas proporcionan para los polinizadores.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO Esta variable no genera exclusión técnica (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE No se cuenta con modelos de distribución de flora con potencial atrayente para los polinizadores. Además, dada la falta de información específica sobre algunos cultivos, así como la falta de especificidad del conocimiento de ciertos aspectos relacionados con el uso actual y la fenología de las plantas cultivadas, hace que esta variable sólo se pueda tomar como un marco de referencia lo más cercano posible a la realidad. No obstante, sirve como una suposición razonable del atractivo de la flora cultivada para las abejas, sin olvidar que existe un cierto grado de incertidumbre para la calificación, ya que el atractivo puede variar incluso dentro de las familias de plantas y de su etapa fenológica.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Se realizó un análisis a partir de información bibliográfica y generación cartográfica de las subvariables Oferta floral natural y Oferta floral cultivada. La elaboración de cada subvariable se llevó a cabo mediante la determinación de los tipos de flora y vegetación que tienen un alto atractivo y potencial para la atracción en las actividades de pecoreo, tanto en la flora asociada a los diferentes ecosistemas y vegetación natural del país, como en la flora cultivada asociada a las diferentes coberturas agrícolas con potencial melífero. Oferta floral natural. La metodología empleada para evaluar esta subvariable se fundamentó en los siguientes procedimientos: • Revisión de bibliografía de la flora silvestre reportada con alto potencial atrayente y de pecoreo en el país (286 especies evaluadas) • Revisión de lugares en los cuales se han colectado dichas plantas en el herbario Nacional Colombiano (COL), con el propósito de establecer su distribución geográfica y de tener criterios de georreferenciación. La tabla 1 presenta un extracto de la información utilizada y georreferenciada mediante la investigación realizada en herbario.

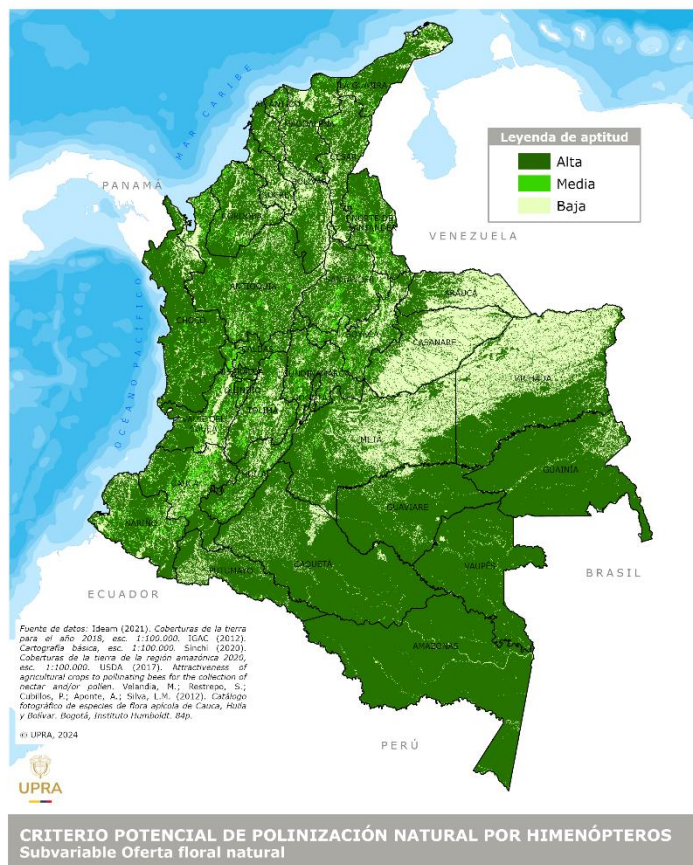
Tabla 1. Ejemplo de captura de información de las especies de flora natural con potencial atrayente para polinizadores

Nº	Familia	Especie	Género de abeja reportado												Recurso obtenido				Latitud	Longitud
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3		
1	Acantaceae	<i>Trichanthera gigantea</i>	x						x						x				4°41'38"	74°25'.49"
2	Actinidiaceae	<i>Saurauia aromatica</i>	x													x			5°11'00"	74°15 ´00"
3	Actinidiaceae	<i>Saurauia scabra</i>	x		x										x	x			4°32'39"	74°40'14"
4	Actinidiaceae	<i>Saurauia yasicae</i>						x							x				4°41'38"	74°25'49"
5	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	x												x	x			11°19'12"	77°18'31"
6	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	x												x	x			5°11'00"	74°15'00"
7	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	x												x	x			5°42'46"	75°18'35"
8	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	x												x	x			5°52'57"	75°33'58"
9	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	x												x	x			5°44'53"	75°58'35"
10	Adoxaceae	<i>Viburnum</i> sp.	x												x	x			6°35'0"	72°46'32"
11	Alliaceae	<i>Allium cepa</i>	x												x				11°09'12"	77°18'31"
12	Alstroemeria ceae	<i>Bomarea multiflora</i>	x												x				11°09'13"	77°18'37"
13	Amaranthace ae	<i>Alternanthera ficoidea</i>	x												x				6°16'08"	77°34'46"
14	Amaranthace ae	<i>Amaranthus</i> sp.		x	x				x						x				4°4'.38"	74°25'49"
16	Amaranthace ae	<i>Gomphrena globosa</i>		x	x										x				4°41'38"	74°25'49"
17	Amaranthace ae	<i>Iresine diffusa</i>	x	x											x				4°41'38"	74°25'49"
18	Amaryllidace ae	<i>Agapanthus</i> sp.	x												x				11°09'13"	77°18'37"
19	Anacardiacea e	<i>Tapirira</i> sp.	x												x				6°16'08"	75°34'46"
20	Anacardiacea e	<i>Tapirira</i> sp.	x												x				6°17'36"	75°01'42"
21	Anacardiacea e	<i>Anacardium excelsum</i>	x		x										x	x			10°31'00"	74°12'00"
22	Anacardiacea e	<i>Anacardium excelsum</i>	x		x										x	x			4°41'38"	74°25'49"
23	Anacardiacea e	<i>Astronium graveolens</i>	x		x										x	x			11°00'00"	74°15'00"
24	Anacardiacea e	<i>Mangifera indica</i>													x	x			5°5'48"	75°31'25"
25	Anacardiacea e	<i>Mangifera indica</i>													x	x			12°43'90"	75°33'58"
26	Apiaceae	<i>Spananthe paniculata</i>	x	x											x	x			4°41'38"	74°25'49"
28	Aquifoliaceae	<i>Ilex kunthiana</i>	x												x				11°00'00"	75°15'00"
29	Araliaceae	<i>Oreopanax bogotensis</i>	x												x				10°31'00"	74°12'00"
30	Araceae	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	x												x				8°01'29"	76°50'45"
31	Arecaceae	<i>Astrocaryum</i> sp.	x	x	x										x	x			11°0'""2"	77°18'31"
32	Arecaceae	<i>Astrocaryum</i> sp.			x										x	x			6°16'08"	75°34'46"
33	Arecaceae	<i>Astrocaryum</i> sp.			x										x	x			6°17'36"	75°01'42"

- Asociación de los puntos reportados de colección de cada una de las especies reportadas con el mapa de cobertura de la tierra (Ideam, 2018) y el mapa de ecosistemas de Colombia (Ideam, 2017).
- Conteo de puntos de distribución de cada una de las especies por ecosistema y determinación del grado de importancia que cada uno de ellos presenta en el soporte y establecimiento de las especies silvestres de flora con potencial de pecoreo (figura 1)
- Asignación de rangos de aptitud por ecosistema, según el número de especies apícolas presentes.

Figura 1. Clasificación de ecosistemas de acuerdo con el número de especies reportadas





Oferta floral cultivada.

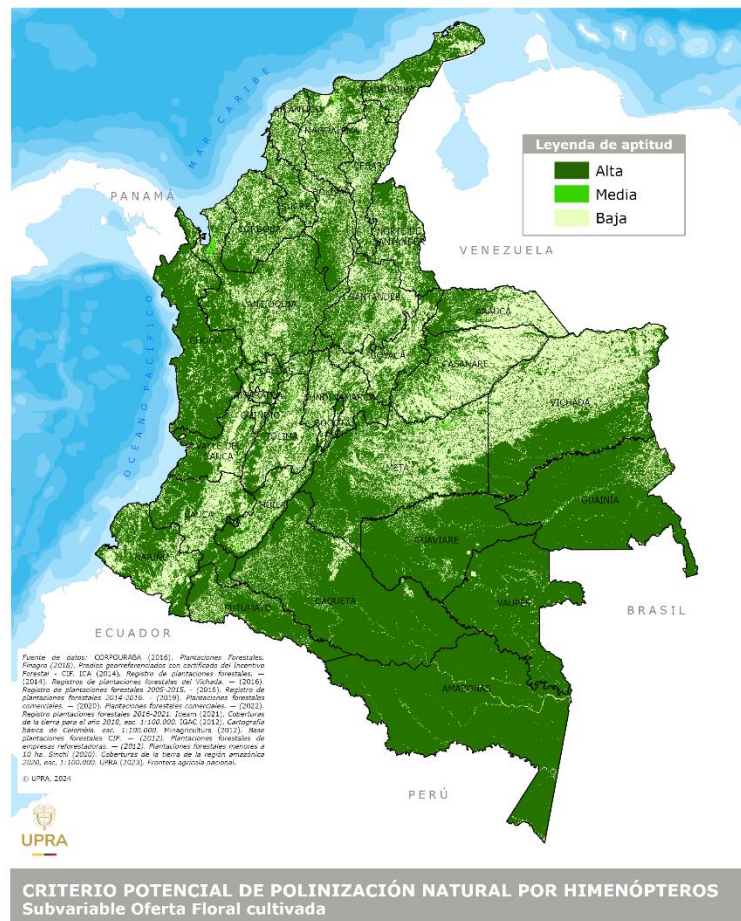
La lista de cultivos atractivos para los polinizadores de abejas se recopiló a partir de la información referida en el estudio “*Attractiveness of Agricultural Crops to Pollinating Bees for the Collection of Nectar and/or Pollen*” realizado por el USDA (2017), el cual recoge a partir de múltiples fuentes, (información publicada, recursos universitarios, extensión agrícola y opiniones de expertos) información sobre la polinización de cultivos específicos.

Los procesos metodológicos llevados a cabo para la evaluación de esta subvariable fueron los siguientes:

- Revisión de bibliografía de la flora cultivada reportada con alto potencial de pecoreo, según la información definida por la USDA (2017).
- Asignación de áreas de tipos de cultivo a las categorías de usos agropecuarios del mapa de cobertura Corine Land Cover (Ideam, 2018), de acuerdo con lo propuesto por la UPRA - IGAC, 2015, según el suministro principal de alimento a las abejas (néctar o polen) (Figura 1).
- Determinación de número de especies cultivadas por cada categoría de uso del mapa de cobertura, a través de un análisis de correspondencia canónica, mediante el uso del software PAST (Natural History

Museum University of Oslo, 2023). Este análisis se fundamenta en definir la correspondencia de una matriz de sitio/especie, donde cada sitio ha dado valores para una o más variables ambientales, por medio de esto se caracterizó cada una de las categorías del mapa de cobertura por importancia de presencia de especies apícolas cultivadas. Se definieron áreas para suministro de néctar y polen.

El mapa de la variable se obtuvo a través de la superposición cartográfica de las áreas con atractivo de cultivos por producción de polen y de néctar, considerando el valor máximo. Se adicionaron los polígonos de existencia de cultivos de *Acacia mangium*, debido al potencial para la obtención de mielato de acacia.

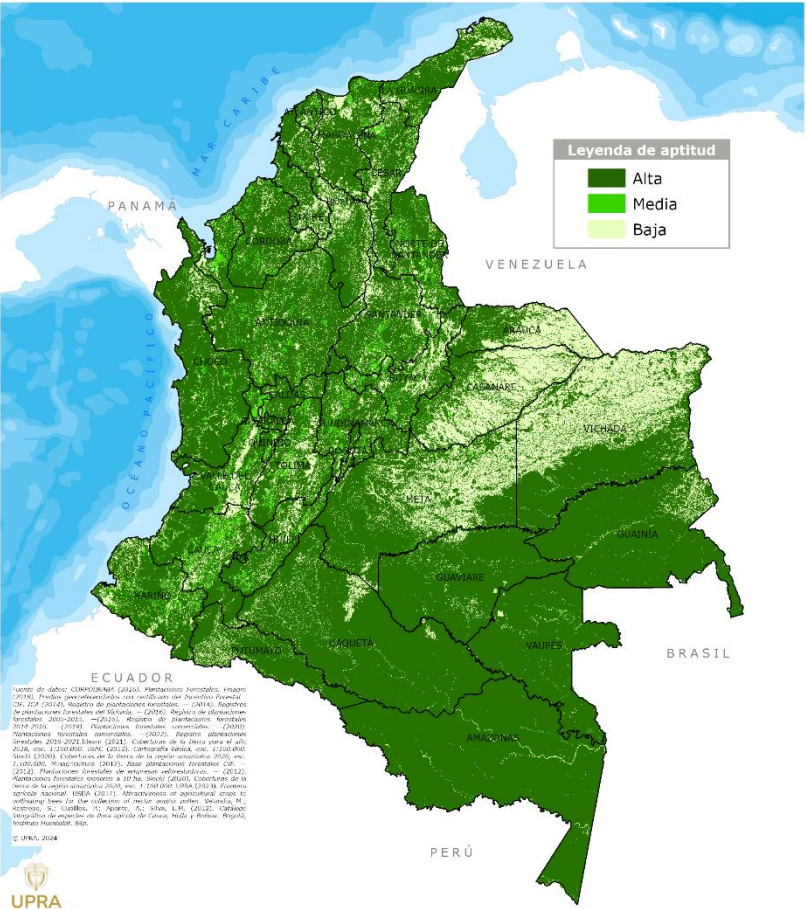


Una vez obtenidas las salidas cartográficas de cada una de las subvariables, previa clasificación en rangos de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), se realizó la síntesis mediante la superposición cartográfica por el valor máximo entre las dos capas, para así obtener el mapa final de la variable.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para la variable:



Descripción		Aptitud
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta una alta cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada.		Alta (A1)
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta mediana cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada.		Media (A2)
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta baja cantidad de recursos alimenticios provenientes de flora natural y/o cultivada.		Baja (A3)
Coberturas naturales y territorios artificializados, definidos como no agropecuarios		-
Unidad de análisis		Unidad de cobertura y ecosistemas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		
 CRITERIO POTENCIAL DE POLINIZACIÓN NATURAL POR HIMENÓPTEROS Variable Oferta floral natural y cultivada		



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrobot (s. f.). Flora apícola. https://agrobot.com/info_tecnica/alternativos/apicultura/aL_000003ap.htm
- Corpourabá (2016). Plantaciones forestales.
- Fondo para el financiamiento del sector agropecuario (Finagro) (2018). Predios georreferenciados con certificado de incentivo forestal CIF.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (Instituto Sinchi) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2014). Registro de plantaciones forestales
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2014). Registro de plantaciones forestales del Vichada
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2016). Registro de plantaciones forestales 2005 - 2015
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2016). Registro de plantaciones forestales 2016 - 2021
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2019). Plantaciones forestales comerciales
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2020). Plantaciones forestales comerciales
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2022). Registro de plantaciones forestales 2014-2016
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2018). *Mapa Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Coberturas de la tierra para el año 2018 escala 1:100.000
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2017). *Memoria técnica. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC)*, escala 1:100.000. 170 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia escala 1:100.000
- MinAgricultura (2012). Base plantaciones forestales CIF
- MinAgricultura (2012). Plantaciones forestales de empresas reforestadoras
- MinAgricultura (2012). Plantaciones forestales menores de 10 ha
- Natural History Museum University of Oslo (2023). PAST. Paleontological Statistics. Version 4.13. Reference manual
- Rodríguez Calderón, Ángela Teresa. (1978). Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (*Vaccinium meridionale*), Chamba (*Campomanesia lineatifolia*) y Cholupa (*Passiflora maliformis*) / Ángela Rodríguez C. [y otros seis]. - primera edición. - Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias.
- Tejeda-Rico, G., González, S., Miranda, K., Palmera, K., Carbone, E. y Sepúlveda-Cano, P. (2019). Flora con potencial apícola asociada a plantaciones orgánicas de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en el departamento del Magdalena. Laboratorio de Investigaciones en Abejas-LABUN. Palmas 40(4), 13-28.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2015). Leyenda de usos agropecuarios del suelo.
- Velandia, M.; Restrepo, S.; Cubillos, P.; Aponte, A. y Silva, L. M. (2012). Catalogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. 84 p.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2017). Attractiveness of Agricultural Crops to Pollinating Bees for the Collection of Nectar and/or Pollen.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). Frontera agrícola nacional.

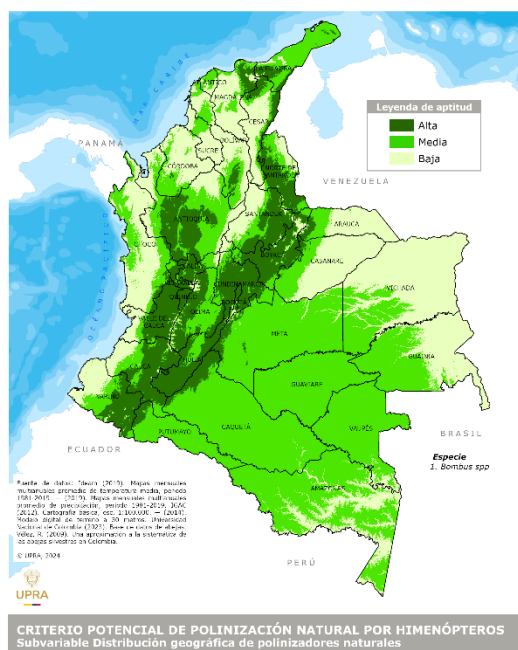
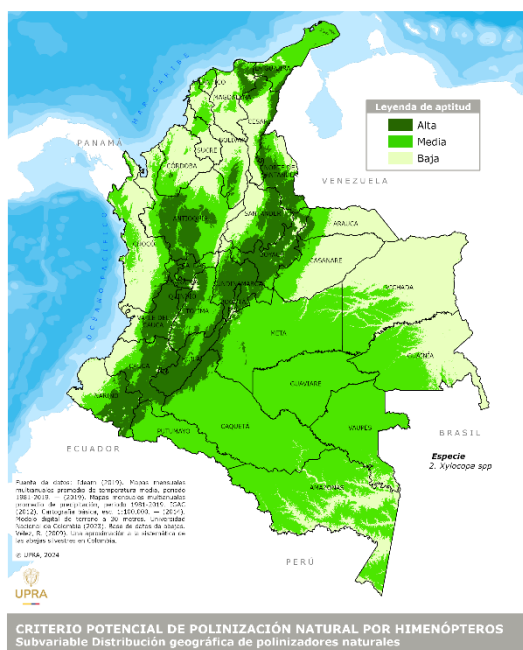
2.2.2. Variable Distribución geográfica de polinizadores

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Potencial de polinización natural por himenópteros		
VARIABLE: Distribución geográfica de polinizadores		UNIDAD DE MEDIDA: Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Define aquellas zonas donde se puede presentar una alta presencia de <i>Apis mellifera</i> y especies de abejas nativas, debido a alta distribución de especies de <i>Bombus</i>, <i>Xylocopa</i> o abejas de la tribu <i>Meliponini</i>, consideradas como los polinizadores nativos más importantes y frecuentes en Colombia (Nates-Parra, 2016) y a una alta probabilidad de uso común de recursos alimenticios provenientes de especies de plantas nativas y cultivadas. La variable permite identificar la oferta floral, tanto nativa como cultivada, que es utilizada como recurso alimenticio por diferentes tipos de abejas, incluidas <i>A. mellifera</i>, y, por lo tanto, podrían reconocerse como recursos sobre los cuales se genera competencia. Favorece la espacialización de aquellas áreas donde se puede presentar alta presencia de <i>A. mellifera</i> y abejas nativas, debido a alta distribución de las especies y a un recurso alimenticio común.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Integra unidades de mayor concentración y probabilidad de distribución de las diferentes especies de <i>Xylocopa</i> spp. y <i>Bombus</i> spp., y la tribu <i>Melioponini</i> en el territorio colombiano, permitiendo identificar zonas donde podría generarse superposición de distribución con las principales especies nativas y <i>A. mellifera</i>, dada la competencia por alimento, pues se identifican zonas es las que podría reconocerse un uso similar de recursos florales por diferentes especies de abejas, incluidas <i>A. mellifera</i> (Thomson, 2004).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Esta variable no genera exclusión técnica (N1). Existe una amplia gama de polinizadores que permiten llevar a cabo el proceso de polinización en diferentes zonas.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
En primer lugar, se tienen en el país actualmente estudios y colecciones de museo sobre sitios de colección de abejas del género <i>Xylocopa</i> spp., <i>Bombus</i> spp. y la tribu <i>Meliponini</i>, aunque el nivel de colección es adecuado, falta aún más colecciones a nivel del país. No se han realizado modelos corológicos previos sobre los factores que inciden en la distribución. En segundo lugar, se identificaron las especies de plantas considerando principalmente los estudios de USDA (2017), Velandia et al. (2012) y Giraldo et al. (2011), los cuales no se encuentran actualizados, pero corresponden a los estudios con mayor identificación de flora con potencial apícola.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Se analiza mediante la integración de las siguientes subvariables:		

Distribución geográfica de polinizadores naturales. Se fundamentó en la ubicación cartográfica de los puntos de colección de las abejas sin aguijón, carpinteras y abejorros, según información suministrada por el Laboratorio de Abejas del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Labun); cuya colección de abejas probablemente es la de mayor número de taxones representados en Colombia y alberga unos 27.000 ejemplares de las diferentes regiones naturales de Colombia para los diferentes géneros de la familia *Apidae* (Nates-Parra, 2016).

Una vez georreferenciados los puntos de colección de la tribu *Meliponini*, *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp., y según la información bibliográfica y los datos de colección se identificaron las variables ecológicas y ambientales de mayor importancia para cada sitio de colección, encontrándose que el rango altitudinal y la precipitación son las variables que más condicionan dicha distribución. Se definió un límite altitudinal para *Xylocopa* de 2800 m s. n. m., para *Bombus* 3500 m s. n. m. y para la tribu *Meliponini* 2200 m s. n. m., de acuerdo con lo reportado Vélez-Ruiz (2009).

Posteriormente, con esta información y mediante la utilización de la extensión *MAXENT* para ArcGis, se realiza la generación de la modelación de áreas de distribución. A partir del análisis de los datos obtenidos, se generaron rangos categóricos siguiendo intervalos geométricos para la definición de aptitud por la presencia de los géneros *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp. y la tribu *Meliponini*.





La subvariable se construyó a partir del promedio de la distribución de *Xylocopa* spp., *Bombus* spp. y la tribu *Meliponini*.



- Recurso floral compartido por los polinizadores.

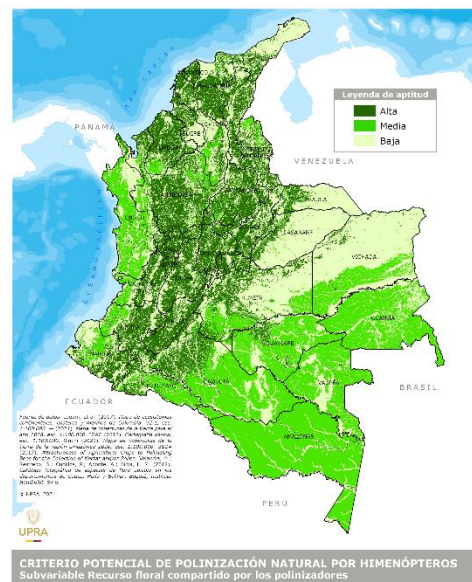
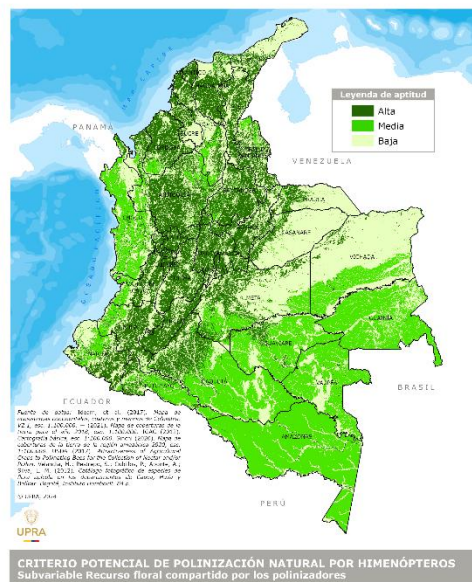
Se compone de dos subvariables asociadas a la flora natural y flora cultivada. La información base se construyó a partir de los estudios de USDA (2017), Velandia et al. (2012), Giraldo et al. (2011) y Nates-Parra (2016), con los cuales se elaboró el listado de las especies de plantas que son recursos alimenticios para diferentes especies de abejas, incluyendo *A. mellifera*.

Una vez obtenido el listado, se realizó una división entre plantas cultivadas y plantas nativas, y se diferenció para cada planta la especie o género de abeja que la visita. Para la flora cultivada se realizó una homologación con el mapa de coberturas *Corine Land Cover*, considerando el tipo de cultivo y se construyó una categoría de competencia de acuerdo con la abundancia de especies nativas que utilizan el recurso, siendo *baja* cuando solo se presentaba una especie, *moderada* dos especies, *alta* superior a dos especies. Posteriormente, se realizó un resumen de la frecuencia de estas categorías de competencia para cada categoría de cobertura y se dio una única calificación de competencia por cobertura.

Para la subvariable *flora natural*, se tomó el listado de especies nativas y se realizó la búsqueda en la base de datos del Herbario Nacional Colombiano, para obtener las coordenadas de localización de cada especie.

Para cada especie de planta se identificó la especie de abeja que la visita, y se elaboró una tabla resumen del total de especies de abejas por planta. Posteriormente, se realizó una calificación por competencia considerando *baja competencia* cuando se presente una especie de abeja, *competencia moderada* 2 especies, y *alta competencia* más de dos especies. Posteriormente, se realizó un cruce entre los puntos de localización de cada especie de flora natural con la capa de ecosistemas Ideam (2017) y se asignó a cada polígono el calificativo de competencia mayor.

Finalmente, la subvariable se obtuvo mediante la unión por el máximo de las subvariables flora natural y flora cultivada, es decir, manteniendo el calificativo más alto de competencia.

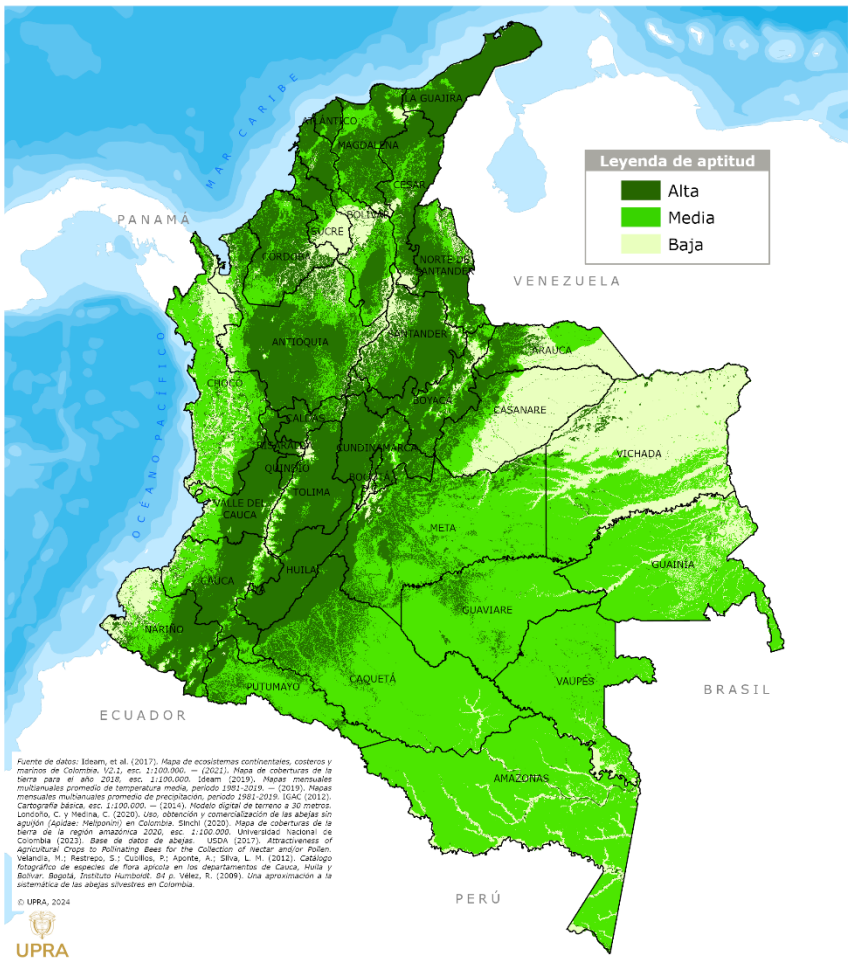


La variable se elaboró a partir de la integración por el máximo de las subvariables *Distribución geográfica de polinizadores naturales* y *Plantas con competencia interespecífica de abejas nativas con A. mellifera*.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para la variable:

Variable	Categorías de Aptitud			No apto (N1)
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	
Distribución geográfica de polinizadores	Alta probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con Alta competencia por recursos florales > 2,3	Moderada probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con moderada competencia por recursos florales 1,6 - 2,3	Baja probabilidad de distribución de abejas nativas asociadas a los géneros <i>Xylocopa</i> , <i>Bombus</i> y la tribu <i>Meliponini</i> , con baja competencia por recursos florales < 1,6	-

Unidad de análisis	Polígonos de cobertura y ecosistemas, Unidades categóricas del promedio de distribución espacial de los géneros <i>Xylocopa</i> spp., <i>Bombus</i> spp. y la tribu <i>Meliponini</i>
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
	 Fuente de datos: Ideam, et al. (2017). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. 1:2.5, esc. 1:200,000. — (2021). Mapa de cobertura de la tierra para el año 2018. esc. 1:200,000. Ideam (2019). Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019. — (2019). Mapas mensuales multianuales promedio de precipitación, periodo 1981-2019. IGAC (2012). Cartografía básica. esc. 1:200,000. — (2014). Modelo digital de terreno a 30 metros. Londono, C. y Medina, C. (2020). Uso, obtención y comercialización de las abejas sin aguijón (<i>Apidae: Meliponini</i>) en Colombia. Sinchi (2020). Mapa de coberturas de la tierra de la región amazónica 2020. esc. 1:100,000. Universidad Nacional de Colombia (2023). Base de datos de abejas. — USDA. (2017). Attractiveness of agricultural crops to pollinating bees for the collector of honey and/or pollen. Velando, M.; Restrepo, S.; Cuadros, R.; Aponte, A.; Silva, L. H. (2012). Catálogo Botánico de especies de flora asociada en los departamentos de Cauca, Nariño y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. Ed. p. Vélez, R. (2008). Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres en Colombia. © UPRA, 2024 UPRA CRITERIO POTENCIAL DE POLINIZACIÓN NATURAL POR HIMENÓPTEROS Variable Distribución geográfica de polinizadores
FUENTES DE INFORMACIÓN	
	- Giraldo, C., Rodríguez, A., Chamorro, F., Obregón, D., Montoya, P., Ramírez, N., Solarte, V. y Nates-Parra, G. (2011). Guía ilustrada de Polen y Plantas Nativas visitadas por Abejas. Cundinamarca, Boyacá, Santander, Sucre, Atlántico y Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Laboratorio de Investigaciones en Abejas-Labun. - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Instituto Sinchi) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José



Benito Vives de Andrés (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2017). *Memoria técnica. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC)*, escala 1:100.000. 170 p.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2019). Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2019). Mapas mensuales multianuales promedio de precipitación, periodo 1981-2019
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Mapa de coberturas de la tierra para el año 2018 escala 1:100.000.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia escala 1:100.000
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Modelo digital de terreno a 30 metros.
- Londoño, C. y Medina, C. (2020). Uso, obtención y comercialización de las abejas sin aguijón (*Apidae: Meliponini*) en Colombia.
- y las iniciativas de polinizadores. En. Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Capítulo Abejas. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología
- Thomson, D.M. (2016). Local bumble bee decline linked to recovery of honey bees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters* 19(10): 1247- 1255.
- Thomson, D.M. (2004). Competitive interactions between the invasive European honeybee and native bumble bees. *Ecology* 85(2): 458–470.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2017). Attractiveness of Agricultural Crops to Pollinating Bees for the Collection of Nectar and/or Pollen.
- Universidad Nacional de Colombia (2023). Base de datos de abejas
- Vélez, R. (2009). Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres en Colombia
- Velandia, M., Restrepo, S., Cubillos, P., Aponte, A. y Silva, L. M. (2012). Catálogo fotográfico de especies de flora apícola en los departamentos de Cauca, Huila y Bolívar. Bogotá, Instituto Humboldt. 84 p.
- Vélez-Ruiz, R. (2009). Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia. Tesis para optar al título de Magíster en Ciencias-Entomología. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

2.2.3. Variable Áreas de alta presión sobre polinizadores

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Potencial de polinización natural por himenópteros		
VARIABLE: Áreas de alta presión sobre polinizadores	UNIDAD DE MEDIDA: Polígonos de cobertura, pixeles de 30 metros con calificación de aspecto y polígonos de cuerpos de agua, zonas de influencia de vías, trapiches, centros poblados, subestaciones y líneas de tensión.	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Define aquellas zonas en las cuales se presentan aspectos críticos que amenazan las poblaciones de abejas polinizadoras y en consecuencia la prestación del servicio ecosistémico de polinización a una región determinada.		
La variable espacializa aquellas áreas con mayor y menor favorabilidad para el desarrollo de las abejas, en relación con factores de estrés antrópicos asociados a cambios de uso del suelo donde se presenta alta		



utilización de agroquímicos en sistemas agrícolas con predominio de monocultivo y agricultura de alto impacto, cercanía a áreas urbanas y muy transformadas por la acción humana las cuales limitan sitios de nidificación y de vegetación que provea alimento a las abejas, y factores de estrés asociados a condiciones geográficas que limitan la actividad del apiario.

De acuerdo con De Groot (2023) existen factores de estrés que generan pérdida de colmenas a nivel mundial, dentro de los que se encuentra la escasez de recursos alimenticios asociado al cambio de uso del suelo y uso masivo de pesticidas, relacionado con la intensificación convencional de la agricultura, que aumenta los factores de estrés no solamente para *A. mellifera*, sino también para otras abejas.

El cambio de uso del suelo enfocado en la expansión agrícola lleva a la reducción de coberturas naturales afectando la actividad apícola (Dixon et al., 2021), debido a la introducción de amenazas potenciales de exposición directa e indirecta a una amplia gama de insecticidas, fungicidas, herbicidas, que reducen la capacidad de vuelo de las abejas, retrasan el desarrollo de los adultos y reducen la longevidad del panal de cría (Dos Santos et al. 2018, Wu et al. 2011). Además, la expansión agrícola industrial ha motivado el cultivo intensivo de pocos cultivos, y este aumento de los monocultivos ha llevado a homogenizar los paisajes agrícolas, afectando la biodiversidad por disminución de especies vegetales (De Groot et al., 2021), lo que lleva a la pérdida espacial y temporal de recursos florales, y por tanto pueden no satisfacerse adecuadamente los requerimientos nutricionales de las abejas (De Groot, 2023).

Existen también, factores de estrés relacionados con condiciones geográficas o estructuras naturales del paisaje que pueden afectar la distribución de los recursos (De Groot, 2023). Si bien, las abejas requieren de agua para satisfacer sus necesidades y humedecer el polen para facilitar su consumo (Widiatmaka et al., 2016), es importante considerar que los cuerpos de agua corresponden a estructuras naturales del paisaje que pueden generar efectos de barrera, de acuerdo con sus dimensiones, restringiendo el movimiento de diferentes grupos de insectos voladores como las abejas (Wratten et al., 2003). Además, las abejas regresan al nido en repetidas ocasiones durante el día, para abastecer las celdas de cría con polen y néctar, por lo tanto, la presencia de estructuras paisajísticas naturales o artificiales, como amplios cuerpos de agua, pueden afectar negativamente la dinámica de la población, al reducir el acceso a los recursos (Zurbuchen et al., 2010).

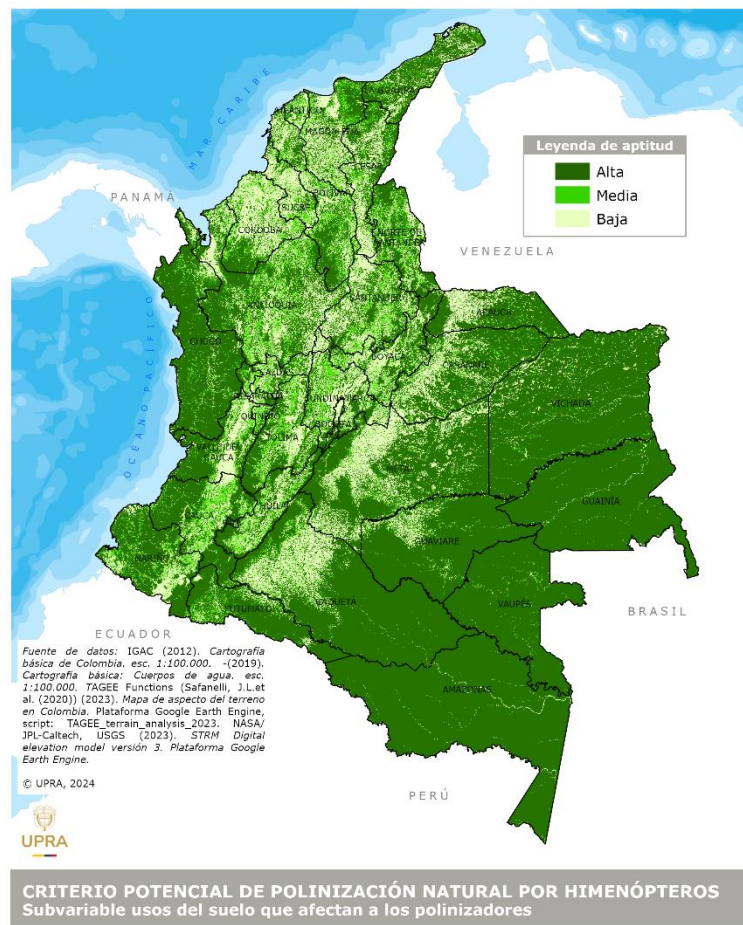
Adicionalmente, la cercanía a carreteras y asentamientos urbanos también genera condiciones de estrés a las abejas, puesto que se relaciona con gases de efecto invernadero, contaminación atmosférica y acústica, contaminantes urbanos e industriales y demás factores antrópicos (Maris et al., 2008), además que los vehículos que circulan por las carreteras suelen contener metales pesados (Widiatmaka et al., 2016). De acuerdo con la FAO (1990) la apicultura debe estar a salvo de toxinas y productos químicos, debido a que por la naturaleza higroscópica de la miel es posible que esta absorba dichos contaminantes.

El ruido de las carreteras perturba a las abejas (Widiatmaka et al., 2016) y las carreteras también pueden actuar como barreras dificultando el desplazamiento de las abejas (Koivula y Vermeulen, 2005) lo cual puede afectar la dinámica de la población (Zurbuchen et al., 2010).

Otros factores de estrés se relacionan con la exposición a campos electromagnéticos artificiales de baja frecuencia como los de la líneas eléctricas, que pueden obstaculizar el desarrollo, la supervivencia y la navegación de las abejas, debido a que producen un trastorno de magnetorrecepción relacionado con la alteración de los mapas magnéticos que utilizan durante el vuelo de búsqueda de alimento, provocando desorientación en las abejas por lo que menos recolectores retornaran a la colmena (Hsu et al., 2007).

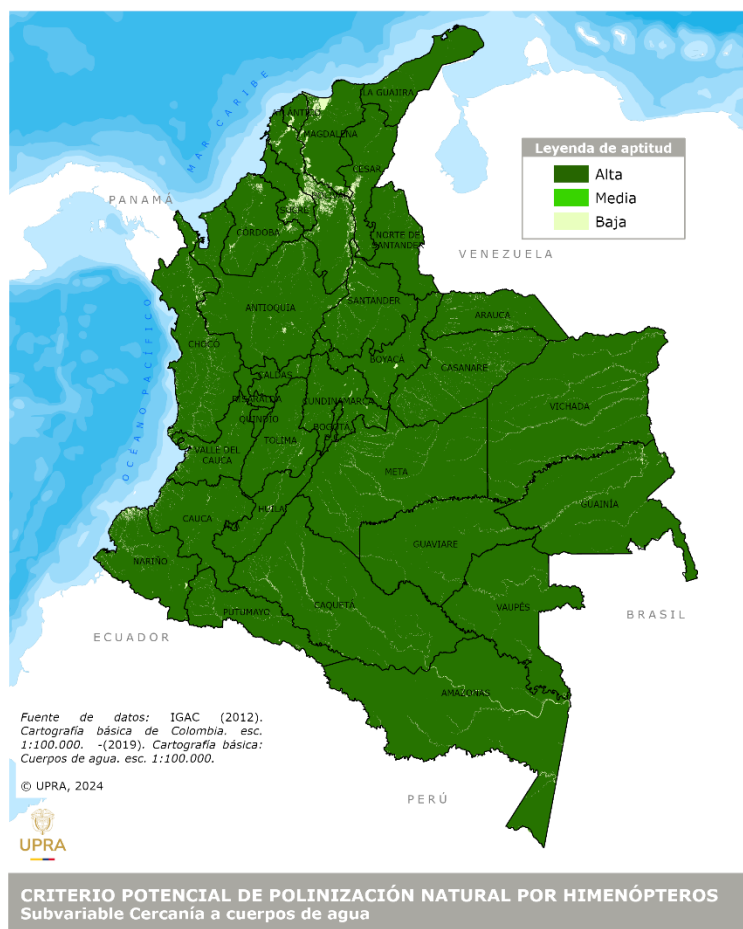


IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite comprender y mostrar espacialmente las prácticas relacionadas con la agricultura industrial y de alto impacto, la transformación de ecosistemas naturales efectuada por el hombre, las implicaciones de la homogenización de la diversidad que pueden comprometer la actividad apícola (León, 2014). Por ejemplo, el dominio de monocultivos extensivos puede no satisfacer los requerimientos nutricionales de las abejas (Odoux et al., 2012), puesto que el monocultivo puede representar un exceso de un único recurso floral disponible en una época determinada con periodos largos de escasez de alimentos (De Groot et al., 2021), lo que pone en peligro la supervivencia de las abejas, así como los servicios de polinización que ellas proporcionan (Potts et al., 2010). Adicionalmente, la variable integra condiciones geográficas que pueden limitar la actividad de las colonias de abejas, correspondientes a la presencia de cuerpos de agua y el aspecto de la pendiente, las cuales se relacionan con el forrajero y el mantenimiento de la temperatura interna de la colmena (De Groot, 2023). Permitiendo integrar al cambio de uso del suelo, esas áreas con mayor o menor favorabilidad geográfica para el establecimiento de actividades apícolas. Además, se integran factores de estrés de origen antrópico que también pueden limitar la actividad de las colonias al interferir en la actividad de forrajero, la supervivencia y la navegación de las abejas, el desarrollo, fisiología y sanidad de la colmena; al relacionarse con las deficiencias nutricionales y la cercanía a fuentes contaminantes provenientes de vías y asentamientos humanos.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
No hay valores de exclusión, ninguna subvariable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó el criterio. En primer lugar, debe hacerse referencia a la «Leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología <i>Corine Land Cover</i>, adaptada para Colombia», que, aunque permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, CLC engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional. Por otro lado, se usa información que depende de las actualizaciones de la cartografía base del IGAC, cartografía del Sistema Interconectado Nacional STN de la Unidad de planeación Minero-Energética (UPME), y de la información nacional asociada a la localización de trapiches.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Las áreas de presión sobre la apicultura se analizan mediante la integración de las siguientes subvariables: • <i>Usos del suelo que afectan a los polinizadores.</i> Se construye a partir de la reclasificación de la “Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología <i>Corine Land Cover</i> adaptada para Colombia”, la cual proporciona las características temáticas de cobertura y uso de la tierra del país. Esta reclasificación permitió asignar un grado de aptitud (A1, A2, A3), a partir del análisis de las características de cada tipo de cobertura, su importancia ambiental, así como los factores tensionantes sobre las poblaciones de abejas polinizadoras.



- *Condiciones geográficas que afectan a los polinizadores.*

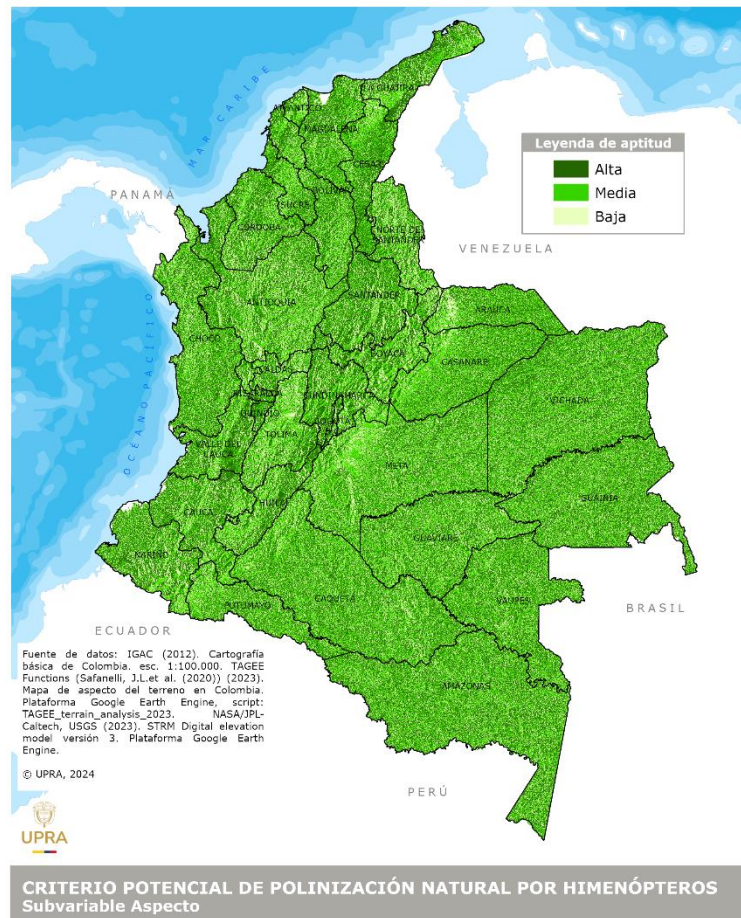
Se compone de dos subvariables relacionadas con aspecto y cuerpos de agua. Los cuerpos de agua corresponden a drenajes dobles, embalses, ciénagas y lagunas, tomados de la cartografía básica del IGAC (2019, 2012), los cuales se mantienen en aptitud media (A2), debido a que dependiendo de sus dimensiones pueden perjudicar la Colmena (Wolff et al., 2006); sin embargo, son importantes para la salud y equilibrio de las abejas, pues el equilibrio térmico depende de la disponibilidad de agua, debido a que las abejas utilizan agua para regular la temperatura dentro de la colmena (Amiri et al. 2011 y Wolff et al. 2006).



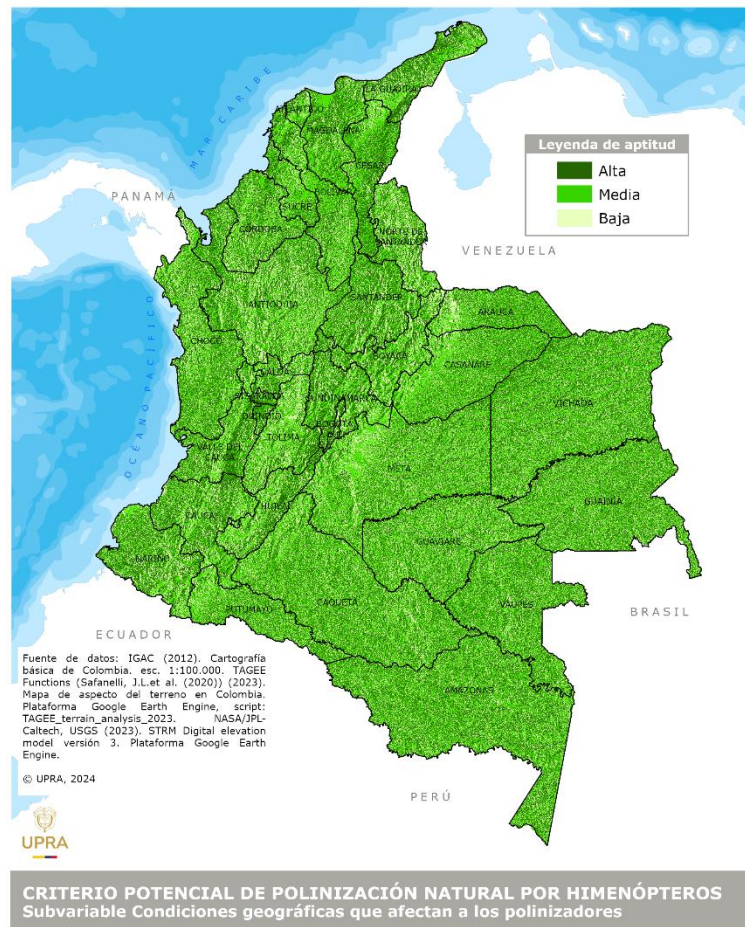
La subvariable *aspecto*, se especializó a partir del algoritmo Terrain Analysis (TAGEE) desarrollado por Safanelli et al. (2020) en Google Earth Engine, el cual se basa en el modelo de elevación digital (DEM) y el modelo digital de superficie del satélite avanzado de observación terrestre (AW3D30) y métodos de cálculo adaptados a la geometría y los valores de elevación estimados dentro de una ventana esférica de 3x3.

Para el análisis de esta subvariable se considera que un aspecto de 0 significa que la pendiente está orientada al norte, 90 orientada al este, 180 orientada al sur y 270 orientada al oeste. La evaluación de este atributo es de importancia, considerando que el exceso de calor perjudica las colonias, por lo que localizaciones con sombra permanente después del mediodía, mejoran los rendimientos en comparación con aquellas colonias con mayor exposición al sol, debido a que las abejas gastan menor tiempo en recolectar agua para regular la temperatura interna de la colmena (Lampeitl, 1991).

Además, los primeros rayos de sol del día son benéficos para las colonias, pues con estos las abejas inician su trabajo de recolección más temprano y la radiación ultravioleta contribuye a la salud de la colonia al influir en la disminución de la presencia de bacterias y hongos (Wolff et al., 2006).



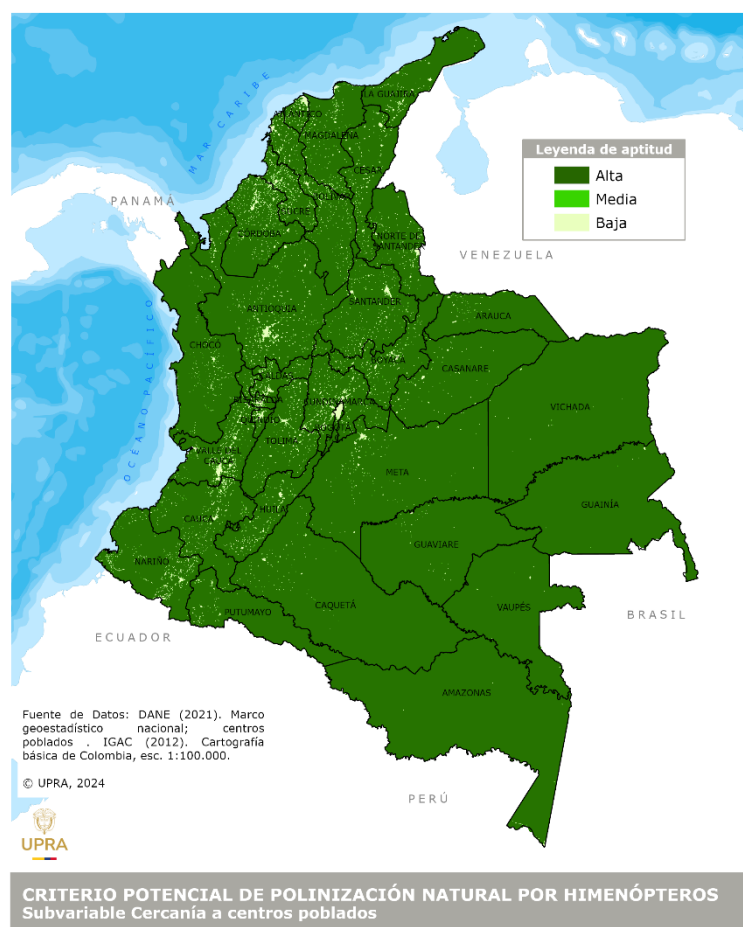
Se integran las dos subvariables, sobreponiendo en aspecto los cuerpos de agua con *aptitud baja* (A3).



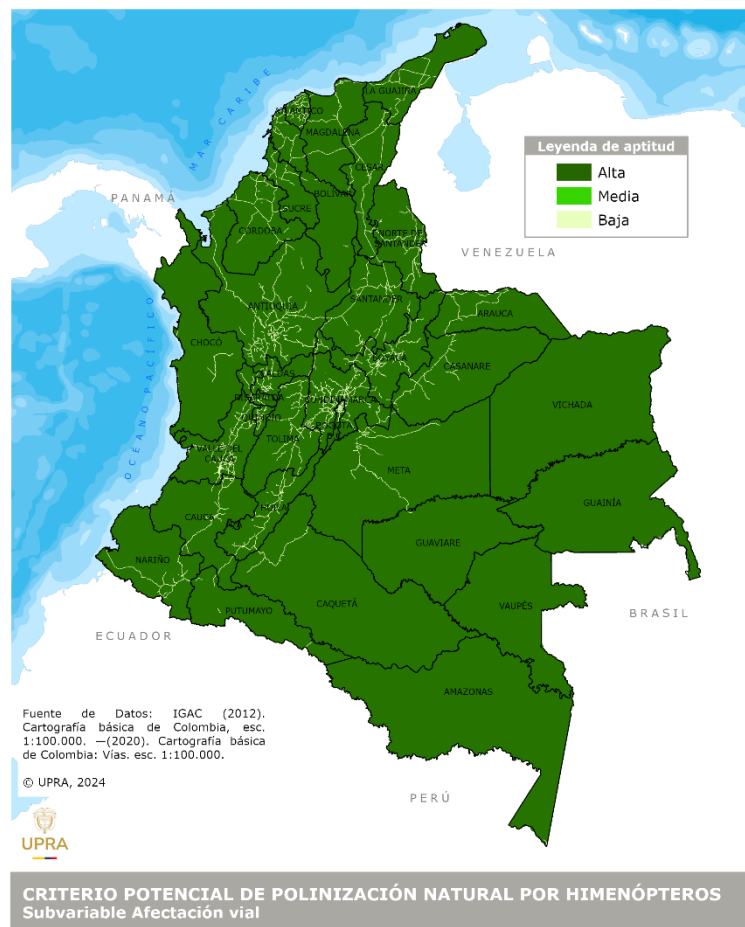
- *Infraestructura que afecta a los polinizadores.*

Se compone de cuatro subvariables: *Cercanía a centros poblados*, *cercanía a trapiches*, *afectación vial* e *Interconexión eléctrica*.

Los centros poblados se localizan a partir de la Cartografía básica del IGAC (2012) y DANE (2021). Se consideró que áreas cercanas a centros poblados (distancia inferior a 400 metros) presentan *aptitud baja* (A3), áreas localizadas a una distancia entre 400 a 600 metros presentan una *aptitud media* (A2) y distancias superiores a 600 metros se consideran como áreas de *aptitud alta* (A1).



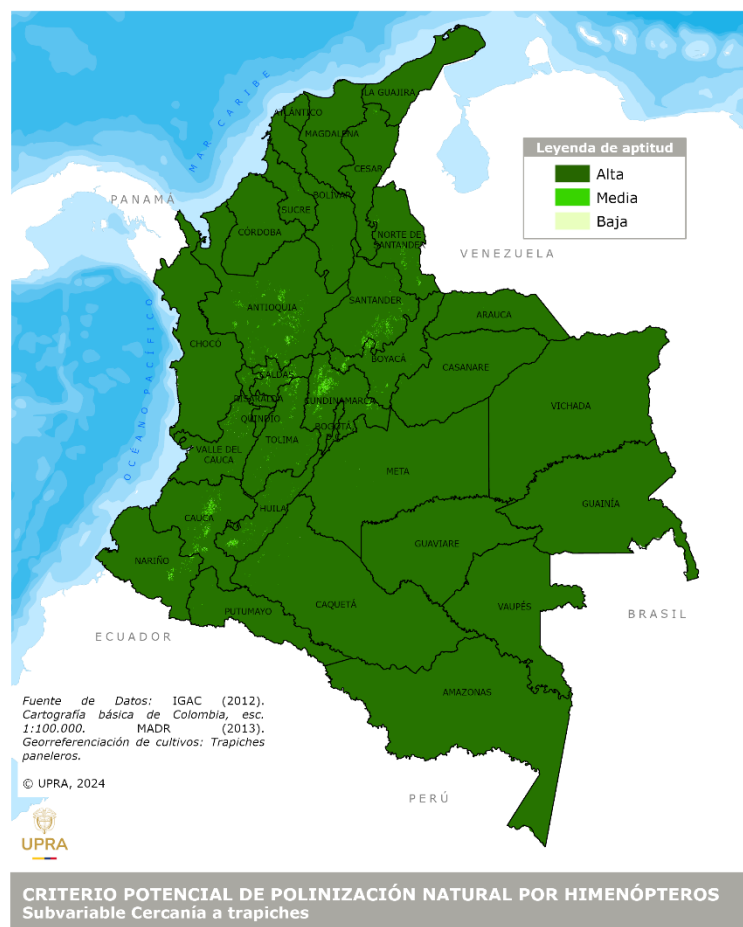
La afectación vial, se espacializó a partir de la cartografía básica del IGAC (2012), considerando las vías tipo 1, de 2 o más carriles, sobre las cuales se realizó un buffer de 100 metros, y se calificaron las áreas al interior del buffer con *aptitud baja* (A3). Adicionalmente se realizó un buffer a 200 metros, para indicar una *aptitud media* (A2) a una distancia de 100 a 200 metros, y las áreas asociadas a distancias superiores a 200 metros se consideran con *aptitud alta* (A1).



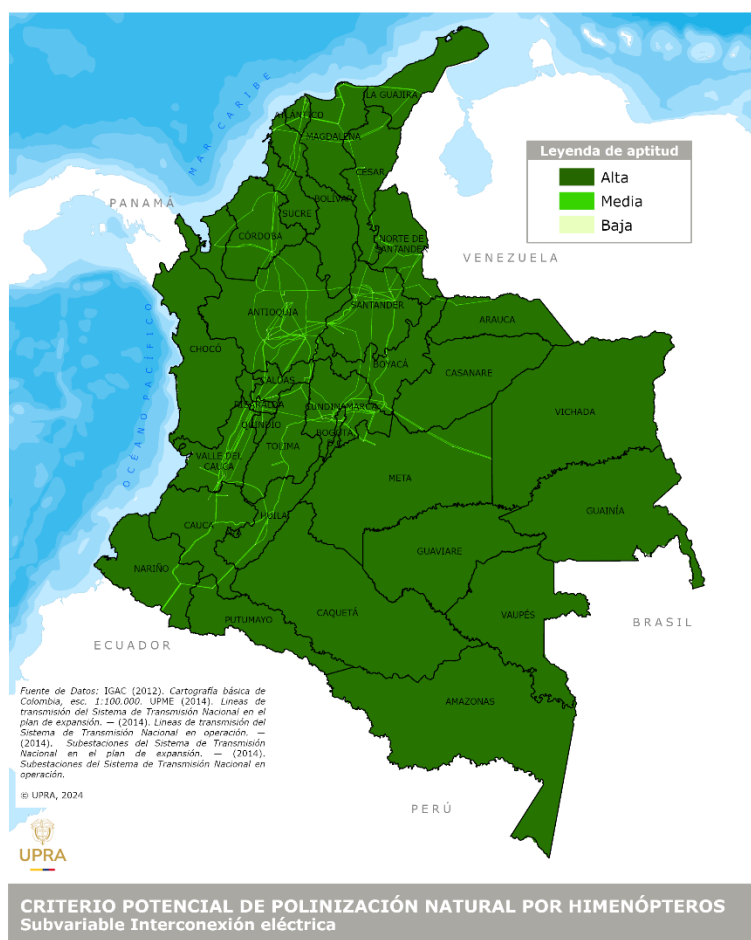
El mapa de la subvariable *Cercanía a trapiches*, se basó en la localización de estos lugares considerando la variable presencia de trapiches del criterio infraestructura y logística de la *Identificación de zonas aptas en Colombia para el cultivo de caña panelera* (Siachoque et al., 2020).

La ubicación de apiarios debe hacerse lo más lejano posible de molindas, trapiches o cualquier sitio que produzca sustancias dulces, debido al aumento de la tasa de mortalidad de las abejas, por los riesgos mortales en los intentos de robo de sustancias dulces a causa de los sistemas mecánicos, altas temperaturas y manejo de químicos (Silva et al., 2006).

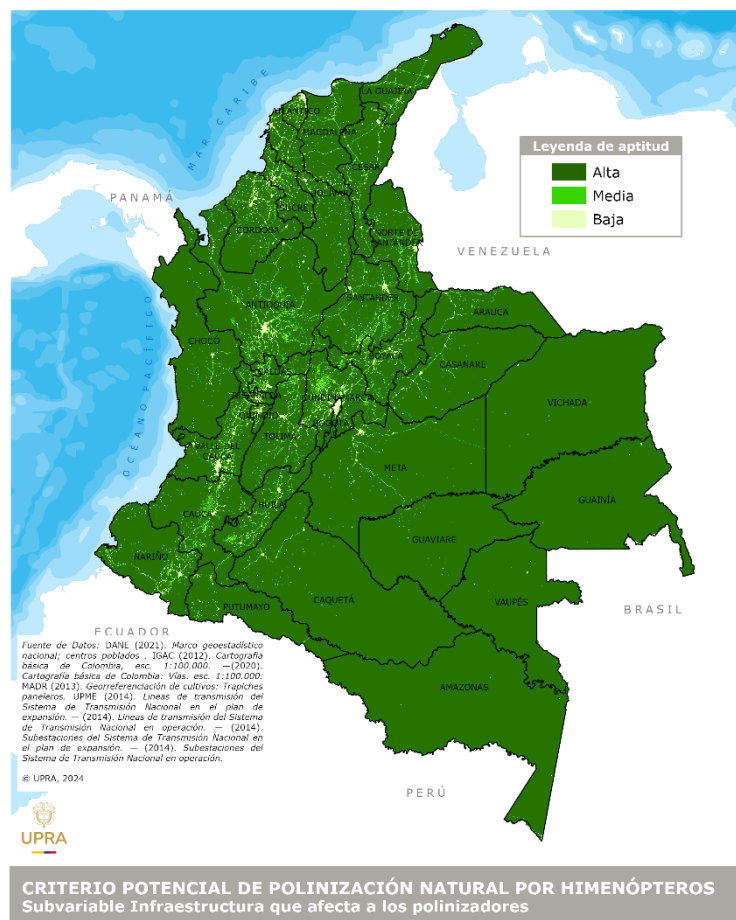
Se calificaron las áreas localizadas a distancias inferiores a 100 metros de estos sitios, con *aptitud baja* (A3). Áreas localizadas a distancias entre 100 y 500 metros se calificaron con *aptitud media* (A2) y aquellas localizadas a distancias superiores a 500 metros se dejaron con *aptitud alta* (A1).



La subvariable *Interconexión eléctrica*, se basó en la cartografía del Sistema interconectado nacional de la UPME, a partir de la cual se identificaron los puntos de localización de las subestaciones y las líneas de tensión. Molina-Montenegro et al. (2023) demostraron que la exposición a campos electromagnéticos de las redes de distribución de energía altera la navegación magnética de las abejas, aprendizaje, mecanismos de toma de decisiones, vuelo y búsqueda de alimento, especialmente a distancias inferiores a 10 metros. Se generó buffer de 10 metros sobre los puntos de localización de las subestaciones, y dichas áreas se calificaron con *aptitud baja* (A3); adicionalmente, se elaboraron buffer de 10 metros de las líneas de tensión y se calificaron con *aptitud media* (A2), el resto del área nacional se dejó en *aptitud alta* (A1).



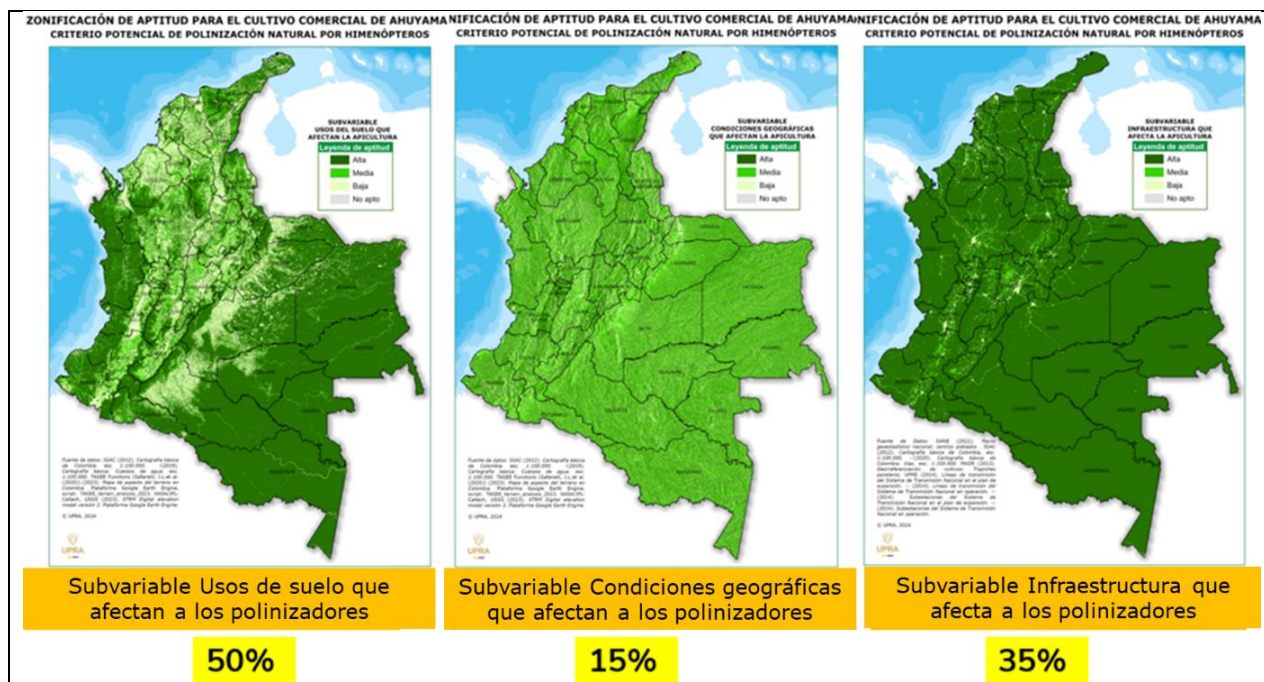
Finalmente, la subvariable se construyó a partir de la integración por el mínimo de las cuatro subvariables (*Cercanía centros poblados*, *Cercanía a trapiches*, *Afectación vial* e *Interconexión eléctrica*).



La variable *Áreas de alta presión sobre polinizadores* se elaboró teniendo en cuenta la siguiente ponderación:

Variable *Áreas de alta de presión sobre la apicultura* = $(0,5 * \text{Usos del suelo que perjudican la apicultura}) + (0,15 * \text{Condiciones geográficas que afectan la apicultura}) + (0,35 * \text{Infraestructura que afecta la apicultura})$

Diagrama metodológico para la integración del criterio *áreas de presión sobre los polinizadores*



Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud, A1, A2 y A3, como se presentan en la siguiente tabla, empleando intervalos por Natural Breaks con 4 cortes, como método de agrupamiento del software ArcGis:

Criterio	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Áreas de presión sobre la apicultura	> 2,5	2-2,5	< 2	-

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos de aptitud para la variable

Subvariables	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Usos del suelo que afectan a los polinizadores	Categoría de aptitud de cada unidad de cobertura	Cultivos agroforestales, pastos enmalezados, plantaciones y coberturas naturales y seminaturales	Mosaicos, cultivos permanentes herbáceos, arbustivos y arbóreos, pastos limpios y arbolados	Territorios artificializados, mosaicos de cultivos, cultivos transitorios, áreas húmedas y superficies de agua	-



Condiciones geográficas que afectan a los polinizadores	Píxeles de 30m con calificación de aspecto y Polígonos de cuerpos de agua	Aspecto 240 y 360 grados Sin presencia de cuerpos de agua	Aspecto 120 y 240 grados Presencia de cuerpos de agua	Aspecto 0 y 120 grados	-
Infraestructura que afecta a los polinizadores	Zonas de influencia de vías, trapiches, centros poblados, subestaciones y líneas de tensión	Corresponde a las zonas en las cuales no se presentan condiciones de estrés antrópico para <i>A. mellifera</i> en relación con Cercanía centros poblados, Cercanía a trapiches, Afectación vial e Interconexión eléctrica.	Corresponde a las zonas en las cuales se puede presentar condiciones moderadas de estrés antrópico para <i>A. mellifera</i> por Cercanía a centros poblados, Cercanía a trapiches, Afectación vial e Interconexión eléctrica.	Corresponde a las zonas en las cuales se presentan altas condiciones de estrés antrópico para <i>A. mellifera</i> por Cercanía a centros poblados, Cercanía a trapiches, Afectación vial e Interconexión eléctrica	-



Unidad de análisis	Polígonos de cobertura, píxeles de 30 metros con calificación de aspecto y polígonos de cuerpos de agua, zonas de influencia de vías, trapiches, centros poblados, subestaciones y líneas de tensión.
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja CRITERIO POTENCIAL DE POLINIZACIÓN NATURAL POR HIMENÓPTEROS Variable Áreas de presión sobre los polinizadores Fuente de datos: IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia, esc. 1:200.000. V. (2019). Cartografía básica. Cuerpos de agua, esc. 1:200.000. TIGCE. Funciones Socioecon. 3, 46 al. (2020) (2021). Mapa de aspecto del terreno en Colombia. Pseudocolor. Google Earth Engine, v.10. TIGCE, Serv. Análisis 2021. RASAP. Colteja, IGAC (2019). 270m digital elevation model version 1. Pseudocolor. Google Earth Engine. TIGCE (2021). Mapa georreferenciado nacional, centros poblados. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia, esc. 1:200.000. (2020). Cartografía básica de Colombia. VNA, esc. 1:200.000. MADS. CH 1. Georreferenciación de cultivos. Trapiches apícolas. UPRA (2014). Zonas de influencia del sistema de Transmisión Nacional en el área de estudio. (2014). Subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional en operación. (2014). Subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional en el área de estudio. (2014). Subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional en operación. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia, esc. 1:200.000. (2019). Cartografía básica. Cuerpos de agua, esc. 1:200.000. TIGCE. Funciones Socioecon. 3, 46 al. (2020) (2021). Mapa de aspecto del terreno en Colombia. Pseudocolor. Google Earth Engine, v.10. TIGCE, Serv. Análisis 2021. RASAP. Colteja, IGAC (2019). 270m digital elevation model version 1. Pseudocolor. Google Earth Engine. © UPRA, 2024	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Amiri, F., Shariff, A. and S. Arekhi. (2011). An Approach for Rangeland Suitability Analysis to Apiculture Planning in GharahAghach Region, Isfahan-Iran. World Appl. Sci. J. 12, 962–972 - De Groot, G.S., Aisen. M., Sáez, A. and C. Morales (2021). Large-scale monoculture reduces honey yield: The case of soybean expansion in Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment 306 (2021) 107203. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107203.	



- De Groot, G. S. (2023). Recursos florales y pesticidas en el paisaje y su influencia en la apicultura: Un abordaje a distintas escalas espaciales. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Comahue. Centro Regional Universitario Bariloche.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). Marco geoestadístico nacional; centros poblados
- Dixon, D., Zheng, H. and C. Otto. (2021). Land conversion and pesticide use degrade forage areas for honey bees in America's beekeeping epicenter. PLoS ONE 16(5): e0251043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251043>
- Dos Santos, C.F., Otesbelgue, A. and B. Blochtein. (2018). The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. PLoS One. 2018 Jul 6;13(7): e0200286. doi: 10.1371/journal.pone.0200286. PMID: 29979763; PMCID: PMC6034858.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1990). Beekeeping in Asia. Food and Agriculture Organization, Rome. Ferrari, 2014
- Hsu, C., Ko, F., Li, C., Fann, K. and J. Lue. (2007). Magnetoreception system in honeybees (*Apis mellifera*). PLOS ONE 2, e395 (2007).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía Básica de Colombia: Cuerpos de agua escala 1:100.000
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2019). Cartografía Básica de Colombia. Escala 1:100.000
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Cartografía Básica de Colombia escala 1:100.000
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Cartografía Básica de Colombia; vías, escala 1:100.000
- Koivula M.J. y Vermeulen H.J.W. (2005) Highways and forest fragmentation-effects on carabid beetles (Coleoptera, Carabidae), Landscape Ecol. 20,911–926.
- León, T. (2014). Perspectiva ambiental de la agroecología: La ciencia de los agroecosistemas. IDEAS 23. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 151-211 p.
- Maris, N., Mansor, S. y Shafri, H. (2008). Apicultural Site Zonation Using GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. J. Trop. Agric. Sci. 31(2), 147–162
- MinAgricultura (2013). Georreferenciación de cultivos: Trapiches paneleros.
- Molina-Montenegro, M., Acuña-Rodríguez, I., Ballesteros, G., Baldelomar, M., Torres-Díaz, C., Broitman, B. y Vázquez, P. (2023). Electromagnetic fields disrupt the pollination service by honeybees. Science. Advances. 9, eadh1455 (2023).
- NASA/JPL-Caltech, USGS (2023). STRM Digital elevation model versión 3. Plataforma Google Earth Engine.
- Odoux, J.F., Feuillet, D., Aupinel, P., Loublier, Y., Tasei, J.N., Mateescu, C., (2012). Territorial biodiversity and consequences on physico-chemical characteristics of pollen collected by honeybee colonies. Apidologie 43, 561–575. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0125-1>.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W., (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends Ecol. Evol. 25, 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.
- Safanelli, J.L., Poppiel, R.R., Ruiz, L.F.C., Bonfatti, B.R., Mello, F.A.O., Rizzo, R. y J.A.M. Demattê. (2020). Terrain Analysis in Google Earth Engine: A Method Adapted for High-Performance Global-Scale Analysis. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2020, 9, 400. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi9060400>
- Siachoque, R., Cortés, C., Polo, S., Páramo, G., Acosta, C., Gómez, J., García, L. y C. Ñustez, C. (2020). *Cultivo de caña de azúcar para la producción de panela. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.
- Silva, G. D., Arcos, D A.L. y D.J.A. Gómez. (2006). Guía ambiental apícola. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 142 p.
- Tagee Functions (Safanelli, J. et al. (2023). Mapa de aspecto del terreno en Colombia. Plataforma Google Earth Engine, script: Tagee_terrain_analysis_2023.
- UPME (2014). Líneas de transmisión del sistema de transmisión nacional en el plan de expansión
- UPME (2014). Líneas de transmisión del sistema de transmisión nacional en operación.
- UPME (2014). Subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional en el plan de expansión
- UPME (2014). Subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional en operación
- Widiatmaka, W., Ambarwulan, W., Sjamsudin, C. and L. Syaufina. (2016). Geographic information system and analytical hierarchy process for land use planning of beekeeping in forest margin of Bogor regency, Indonesia. Journal Silvicultura Tropika Vol. 07 No. 3, Suplemen Desember 2016, Hal S50-S57.



- Wolff, L., Lopes, M., Pereira, F., De Camargo, R. and J. Neto (2006). Localização do Apiário e Instalação das Colméias. Documentos 151. EMBRAPA Meio-Norte, 2006
- Wratten, S.D., Bowie, M.H., Hickman, J.M., Evans, A.M., Sedcole, J.R. and J.M. Tylianakis. (2003). Fieldboundaries as barriers to movement of hover flies (Diptera: Syrphidae) in cultivated land, Oecologia 134, 605–611.
- Zurbuchen, A., Bachofen, C., Muller, A., Hein, S. y Dorn, S. (2010). Are landscape structures insurmountable barriersfor foraging bees? A mark-recapture studywith two solitary pollen specialist species. Apidologie 41 (2010) 497–508.

2.2.4. Variable Aptitud *Apis mellifera*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Potencial de polinización natural por himenópteros		
VARIABLE: Aptitud <i>Apis mellifera</i>	UNIDAD DE MEDIDA: Polígonos con aptitud potencial para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Corresponde a las áreas con aptitud potencial para el establecimiento de la producción apícola de <i>Apis mellifera</i>. Dichas áreas corresponden al mapa integrado biofísico elaborado por la UPRa en la <i>Zonificación de aptitud para la producción comercial apícola</i> en el cual se consideran las diferentes variables y criterios de los componentes físico y socioecosistémico. De acuerdo con Agüero et al. (2018), <i>A. mellifera</i> se considera como una de las principales especies invasoras en sistemas mutualistas de polinización, dado que alcanza abundancias superiores en comparación con otros visitantes florales (Aizen et al., 2014). Por lo tanto, puede considerarse como el polinizador más extendido, sin embargo, no es necesariamente el mejor para una gran variedad de cultivos (Osterman et al., 2021).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
De acuerdo con Kamo et al. (2022), <i>Cucurbita maxima</i> es una especie que tiene altos requerimientos de polinización, dado que presenta un gran número de óvulos por ovario, requiriendo en promedio de 167 a 500 granos de polen para cuajar el fruto. Esta especie ofrece gran cantidad de polen y néctar (Nicodemo et al., 2007), por lo que se han reportado más de 80 especies de abejas silvestres pertenecientes a cinco familias como polinizadores de este cultivo (Ramello et al., 2024). Krug et al. (2010) y Vidal et al. (2010) señalan que <i>Apis mellifera</i> es uno de los polinizadores de especies del género <i>Cucurbita</i> más abundantes, debido a la alta densidad poblacional de esta especie (Delaplane y Mayer, 2000) y su carácter altamente generalista que indica que utiliza gran variedad de plantas para la obtención de polen y néctar (Valido et al., 2014).		

Por lo tanto, dado que *Cucurbita máxima* es una especie altamente dependiente de los insectos para la polinización y producción de frutos (Ashworth et al., 2009), debido a la alta presencia de óvulos por ovario (Kamo et al., 2022), y algunos autores han resaltado la importancia de *Apis mellifera* (Nicodemo et al., 2009), para satisfacer las demandas de polinización de este cultivo, es necesario identificar aquellas áreas en donde potencialmente puede establecerse *A. mellifera*.

Para *Cucurbita maxima*, *A. mellifera* contribuye en la producción de frutos y mejora el rendimiento del cultivo; sin embargo, no se considera como el mejor polinizador de acuerdo con los estudios de Serra y Campos (2010). Por el contrario, Ashworth et al. (2009) y Nicodemo et al. (2009) resaltan la importancia de *Apis mellifera* en la producción de frutos de este cultivo, dado su alta dependencia a la polinización.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Esta variable no genera exclusión técnica (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se cuenta con modelos de distribución de flora apícola y se cuenta con poca información específica sobre algunos cultivos, especificidad del conocimiento de ciertos aspectos relacionados con el uso actual y la fenología de las plantas cultivadas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El mapa de aptitud de *Apis mellifera*, se tomó del mapa integrado biofísico de la zonificación de aptitud de la producción apícola, el cual integra los criterios de los componentes físico y socioecosistémico. Se consideraron las áreas con exclusión técnica con aptitud baja.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para la variable:

Descripción	Aptitud
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta una alta favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Alta (A1)
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta mediana favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Media (A2)
Corresponde a las zonas en las cuales se presenta baja favorabilidad para el establecimiento de <i>Apis mellifera</i>	Baja (A3)



- Kamo, T., Nikkeshi, A., Tawaratsumida, T., Tanaka, Y., Nakamura, S. and S. Kishi. (2022). Pollination efficiency of bumblebee, honeybee, and hawkmoth in kabocha squash, *Cucurbita maxima*, production in Kagoshima, Japan. *Appl Entomol Zool* 57:119–129
- Krug, C., Alves-dos-Santos, A. and J. Cane. (2010). Visiting bees of *Cucurbita* flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini-Apidae)-Santa Catarina, southern Brazil. *Oecol Aust* 14(1):128–139
- Nicodemo, D., Couto, R.H.N., Malheiros, E.B. and D. De Jong. (2009). Honey bee as an effective pollinating agent of pumpkin. *Sci Agric* 66:476–480
- Nicodemo, D., Couto, R.H.N., Malheiros, E.B. and D. De Jong. 2007. Biologia floral em moranga (*Cucurbita maxima* Duch. Var “Exposição”). *Acta Sci Agron* 29:611–616
- Osterman, J., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Bosch, J. and B.G. Howlett. (2021). Global trends in the number and diversity of managed pollinator species. *Agric Ecosyst Environ* 322:107653
- Ramello, P.J., Almada, V., Asworth, L., Alvarez, L. and M. Lucia. (2024). Bee size increases pollen deposition in *Cucurbita maxima* (Cucurbitaceae) crops. *Apidologie* (2024) 55:23. INRAE, DIB and Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature, 2024. <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01065-9>
- Serra, B.D. and L.A.O. Campos. (2010). Entomophilic pollination of squash, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Neotrop Entomol* 39:153–159
- Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M. C., Jordano, P. (2014). Impacto de la introducción de la abeja doméstica (*Apis mellifera*, Apidae) en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias). *Ecosistemas* 23(3): 58-66.
- Vidal, M. das G., Jong, D. de, Wien, H. C. and R.A. Morse. (2010). Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Brazilian Journal of Botany*. 33(1), 106–113. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100010>

2.3 Criterio Apropriación de agua

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Criterio apropiación de agua		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Diferencia de uso consuntivo</i>, expresada en Millones de m³. • <i>Balance diferencia de uso de agua</i> (oferta-demanda hídrica), expresada en Millones de m³.		
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 ahuyama tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de las plantas. En el balance hídrico de la cuenca una parte del agua captada por las plantas queda contenida en la biomasa, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento de agua), y otra se pierde bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento o por vía evapotranspiración de los cultivos. Este requerimiento de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis, dependiendo de su oferta hídrica. En primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia, luego desde el agua de drenaje superficial e incluso desde el aporte de fuentes subterráneas; en casos excepcionales a partir de transvases desde cuencas circundantes. Así, entre mayor sea la demanda del cultivo de ahuyama, mayor será la cantidad de elementos involucrados para el suministro, y mayor será la competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis. Este abastecimiento suple diferentes aspectos, como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción, hasta concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país. Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis 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 la producción de dicho cultivo. La demanda hídrica del cultivo de ahuyama se calcula considerando el uso consuntivo del cultivo y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.		



IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de evapotranspiración de referencia (ETo) x subzona hidrográfica (SZH)) en el escenario de establecimiento del cultivo de ahuyama. 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.
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).
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
Los consumos de agua corresponden a datos teóricos estimados. Para la estimación del componente de diferencia de uso consuntivo se determinó el Kc de las coberturas actuales haciendo uso del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat del año 2022, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
El criterio está compuesto por dos variables, la <i>diferencia del uso consuntivo</i> y la <i>diferencia de uso del agua</i> <pre>graph TD subgraph "Variable diferencia uso consuntivo" A[Mosaico imágenes Landsat (NDVI) estimación del Kc para cada tipo de cobertura] --> B[Asignación de Kc a cada cobertura] B --> C["ETo * Kc (Cobertura)"] D[Kc de ahuyama] --> E["ETo * Kc 0.75"] C -- 1 --> F[Uso consuntivo cobertura] E -- 2 --> G[Uso consuntivo cultivo] F --> H[Comparación] G --> H H --> I[Uso consuntivo cultivo = uso consuntivo cobertura] end subgraph "Variable diferencia de uso del agua" subgraph Oferta J[Oferta media] --> K[Producto] L[IRH] --> K K --> M[Oferta hídrica] end subgraph Demanda N[Demanda de todos los sectores restando el de la cadena de acuerdo con ENA (2022)] --> O["X IPHE"] O --> P[Demanda sectorial] Q[Cadena Ajuste con uso consuntivo] --> R[Consumo de agua/ha] R --> S[Demanda del cultivo] P --> T[+] S --> T T --> U[Demanda total] end M --> V[Balance oferta/demanda] U --> V V --> W[Árbol de decisión] W --> X[Criterio de apropiación de agua] end</pre>

Donde:

CLC: Corine Land Cover,

Kc: coeficiente del cultivo,

IRH: índice de regulación hídrica,

IPHE: índice de presión hídrica de los ecosistemas.

De acuerdo con el Ideam (2010) el uso consuntivo se refiere al requerimiento de agua para el crecimiento adecuado de las plantas; para su cálculo se parte del valor de evapotranspiración y el coeficiente del cultivo (Kc); por lo tanto, la variable de la diferencia de uso consuntivo está referida a la comparación del Kc de las coberturas actuales multiplicado por la evapotranspiración de referencia y el Kc del potencial cultivo de ahuyama, a nivel del territorio nacional, multiplicado igualmente por la evapotranspiración de referencia.



En la misma dirección, es posible realizar una comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y las de un cultivo de ahuyama. Si el dato de la relación es mayor a 0 representa que la evapotranspiración del cultivo es más alta que la de la cobertura actual, por lo cual es mejor continuar con la cobertura actual; si el dato de la relación es menor a 0 es porque es menor la evapotranspiración del cultivo en relación con la cobertura actual, por lo cual un cambio de la cobertura actual por el cultivo de ahuyama sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, donde la variación no es grande, donde las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

Posteriormente se adiciona la demanda hídrica del cultivo de ahuyama, teniendo en cuenta el Kc descrito en la variable de diferencia de uso consuntivo, llevando el dato de milímetros (mm) a litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas, y ajustando con el valor de área potencialmente apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura. Esta demanda se multiplica por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por los ecosistemas para su sostenibilidad. En general, la diferencia del uso del agua en este caso corresponderá a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

Finalmente, con los resultados del índice de uso del agua y la diferencia de uso consuntivo, 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:

Diferencia de uso del agua	Diferencia uso consuntivo	Aptitud 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 establece un valor que corresponde a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo.

La aptitud varía entre un máximo de *aptitud alta* (A1) en aquellos lugares de ETo x SZH donde exista agua disponible como para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo. El valor mínimo de *aptitud baja* (A3), establecido en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico, en los cuales el establecimiento del cultivo de ahuyama pueda generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

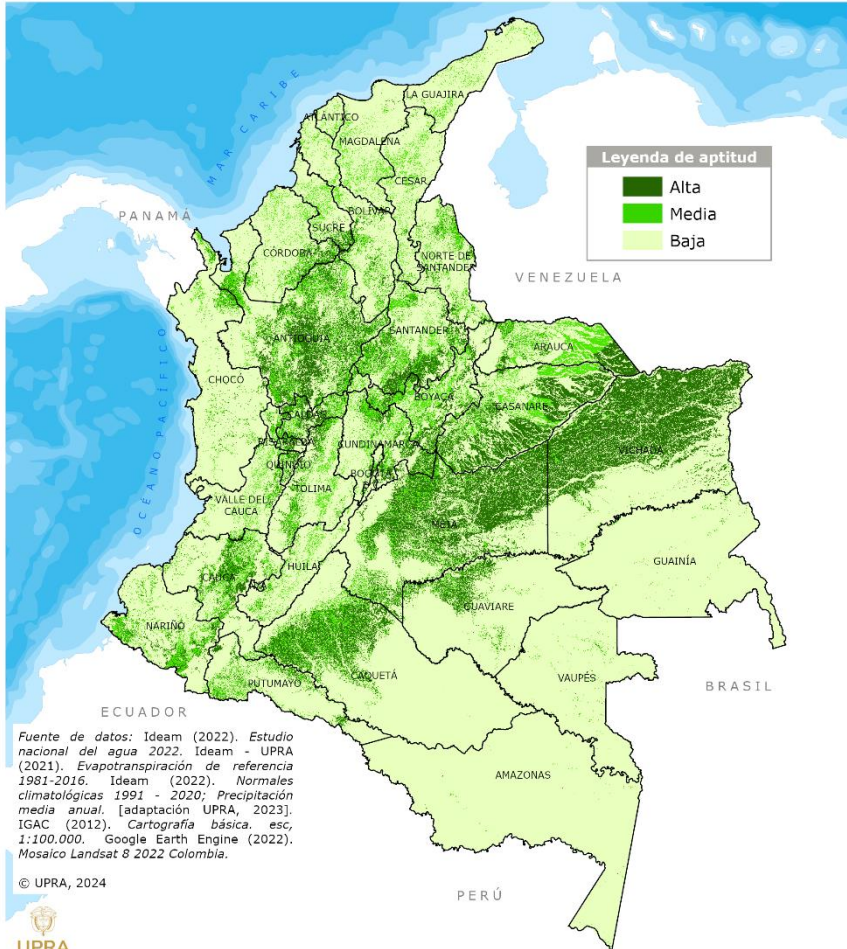


La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: diferencia de uso consuntivo y diferencia de uso de agua por el cultivo. Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales, por lo tanto, estas áreas se mantienen en *aptitud baja* (A3).

Rango de aptitud por *apropiación de agua* para el cultivo de ahuyama

Descripción	Rango de variación	Aptitud
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de ahuyama 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 ahuyama 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 ahuyama 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)



Unidad de análisis		Polígono de cobertura y pixel de 30 metros	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO			
 Fuente de datos: Ideam (2022). Estudio nacional del agua 2022. Ideam - UPRA (2021). Evapotranspiración de referencia 1981-2016. Ideam (2022). Normales climatológicas 1991 - 2020; Precipitación media anual. [adaptación UPRA, 2023]. IGAC (2012). Cartografía básica. esc. 1:100.000. Google Earth Engine (2022). Mosaico Landsat 8 2022 Colombia. © UPRA, 2024  CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA			
FUENTES DE INFORMACIÓN			
• Google Earth Engine (2022). Mosaico Landsat 8 2022 Colombia. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2019). Cartografía Básica de Colombia. Escala 1:100.000 • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá. 72 p. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). Normales climatológicas 1991-2020; precipitación media anual. (Adaptación UPRA 2023). • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). Estudio nacional del agua. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021). Evapotranspiración de referencia. 1981-2016.			



2.3.1. Variable *Diferencia de uso consuntivo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso consuntivo		UNIDAD DE MEDIDA: Mm³/año
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 del cultivo, partiendo del agua contenida en el suelo y que está disponible para la cobertura vegetal, es decir, para esta variable no se tiene en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos (UPRA, 2016). Según la FAO (2019), este uso consuntivo abarca la totalidad de agua requerida por un cultivo determinado, para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde la siembra hasta la cosecha, en un régimen climático específico. Este uso consuntivo está calculado para otras coberturas vegetales, de acuerdo con la metodología de Cuesta et al. (2005). La variable analiza la relación entre el uso consuntivo del cultivo de ahuyama y las otras coberturas vegetales.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La FAO (2006) define la evapotranspiración como la relación entre la evaporación y la transpiración. La evaporación entendida como evaporación directa del agua del suelo y la transpiración asociada a la vaporización del agua contenida en los tejidos vegetales. El cálculo de la evapotranspiración propia de la cobertura y del cultivo de ahuyama, 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 ahuyama. Se pretende evaluar es la sostenibilidad del territorio con relación a la evapotranspiración, si es mejor mantener las coberturas actuales o eventualmente, sería mejor tener un cultivo como el de ahuyama. Esta evaluación analiza la sostenibilidad del territorio con relación a la evapotranspiración, y a la acumulación y disponibilidad natural del agua.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
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		



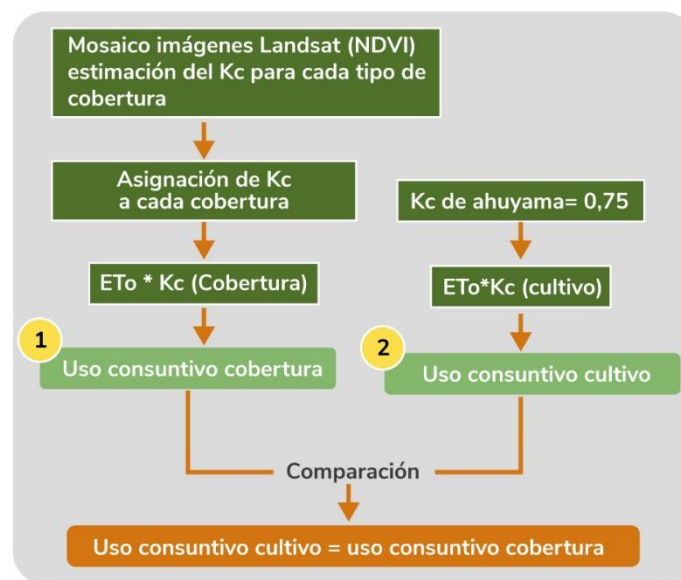
Los valores del K_c tanto para las coberturas actuales, como para algunas especies evaluadas son valores estimados a partir de modelamiento matemático, basado en imágenes Landsat, ya que no existen datos de campo elaborados con precisión

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El uso consuntivo se obtiene de acuerdo con el Ideam (2010), aplicando el enfoque del coeficiente del cultivo (K_c), el cual corresponde al coeficiente entre la evapotranspiración del cultivo (E_{tc}) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{Tp}) (FAO, 2006). La E_{Tp} representa un indicador de la demanda climática y el K_c cambia en función de las características principales del cultivo o cobertura vegetal, por tanto, la evapotranspiración del cultivo se obtiene de la multiplicación del E_{Tp} y el K_c correspondiente (FAO, 2006).

El procesamiento de la variable diferencia de uso consuntivo se llevó a cabo, mediante la estimación a partir de modelamiento y procesamiento de imágenes de satélite LANDSAT, del K_c de las coberturas actuales, de acuerdo con lo planteado por Cuesta *et al.* (2005), versus los K_c estimado para el cultivo de ahuyama descrito por FAO (2006), Cohen-Manrique (2020) y Rodríguez Restrepo (2023).

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo para el cultivo de ahuyama



1. Uso consuntivo de la cobertura.

Para el cálculo del uso consuntivo se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP), adoptada por el grupo físico del proyecto de zonificación. Los K_c de la cobertura actual se determinaron de acuerdo con la ecuación de Cuesta *et al.* (2005):

$$K_c = 1,5625 * NDVI - 0,05$$

Esta ecuación permite obtener el denominado K_c NDVI basado en la relación lineal existente entre el NDVI y el coeficiente de cultivo basal. El fundamento conceptual de dicho modelo se basa en que “diversos

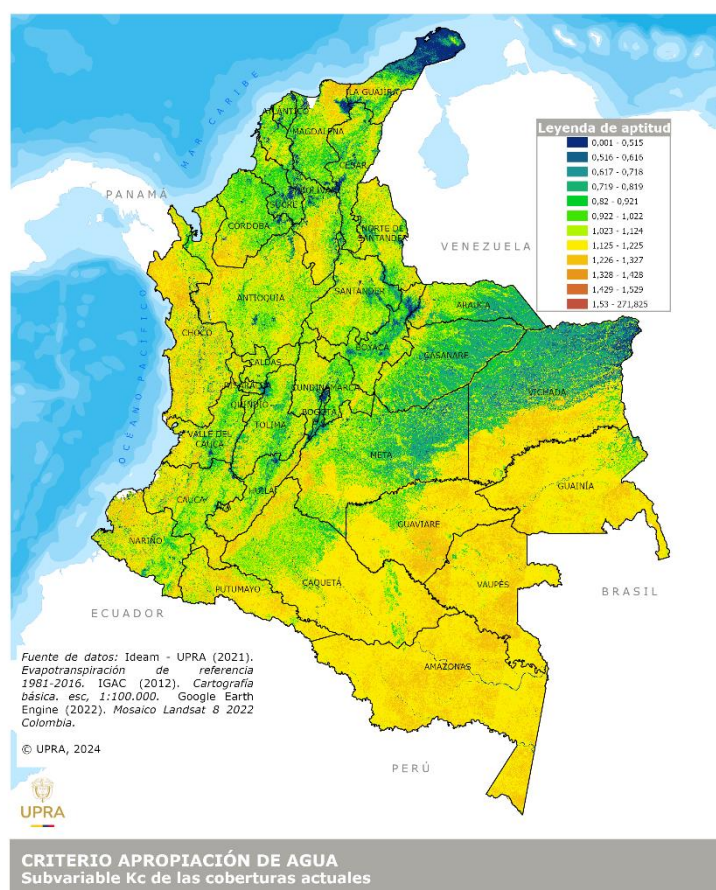
trabajos anteriores han mostrado la posibilidad de estimar el Kc a partir del denominado índice de vegetación normalizado, NDVI, que se calcula mediante una combinación algebraica de la reflectividad espectral de la cubierta vegetal en las bandas del rojo e infrarrojo cercano”.

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 4 del infrarrojo cercano del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat 2022 y RED a la banda 3 del rojo.

Figura 2. Kc de las coberturas actuales



Fuente: Elaboración propia.

2. Uso consuntivo del cultivo.

Se calculó la evapotranspiración de referencia del cultivo (ET_o), 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 (K_c), de la siguiente forma:

$$ET_o = K_c \times ETP$$

El valor de K_c , para el cultivo de ahuyama se tomó de FAO (2006), Cohen-Manrique (2020), Rodríguez Restrepo (2023).

Los datos generados requirieron 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/hectárea (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas).

Es importante señalar que las coberturas naturales se dejan en *aptitud baja* (A3), y no se realiza esta diferencia de uso consuntivo

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con la amplitud de los rangos de los datos, se estableció una división en tres intervalos equivalentes, y se realizó la siguiente reclasificación para obtener los datos de aptitud por uso consuntivo:

Aptitud por diferencia de uso consuntivo para el cultivo de ahuyama

Descripción	Rango ET_o (Mm^3)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual. Uso consuntivo menor	< 250,17	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar a la cobertura actual. Uso consuntivo moderado	250,17-433,44	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo. Uso consuntivo alto	> 433,44	Baja (A3)



Unidad de análisis		Píxel 30 metros
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		
Fuente de datos: Ideam - UPRA (2021). Evapotranspiración de referencia 1981-2016. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Google Earth Engine (2022). Mosaico Landsat 8 2022 Colombia. © UPRA, 2024 UPRA CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA Variable Diferencia de uso consuntivo		
FUENTES DE INFORMACIÓN		
• Cohen-Manrique, C., Burbano-Bustos, A., Salgado-Ordosgoitia, R. y R. Merlano-Porto. (2020). Control de riego en cultivos de ahuyama en Sincelejo, Sucre (Colombia) gestionados a través del Internet de las Cosas. Información Tecnológica Vol. 31(5), 79-88 (2020) http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000500079 • Cuesta, A., Montoro, A, A.M. Jochum, P. López y Calera, A. (2005). Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA (2005), Vol. 101 (3), 212-224. Madrid • González, M.; Saldarriaga G. y Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. En: Estudio nacional del agua. Cap. 5. Bogotá: Ideam. • Google Earth Engine (2022). Mosaico Landsat 8 2022 Colombia. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.		



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Estudio nacional del agua. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2014). Atlas climático de Colombia. Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021). Evapotranspiración de referencia. 1981-2016.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Aguas. FAO. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2019). Aquastat web site. Recuperado de: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html>
- Rodríguez Restrepo, R. (2023). Evaluación de la disponibilidad de agua en el suelo, sobre la respuesta fisiológica y el rendimiento de tres genotipos de zapallo, Cucurbita moschata Duchesne. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

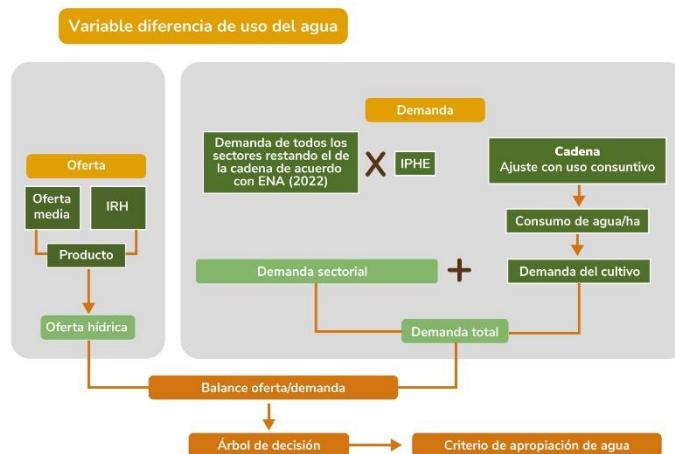
2.3.2. Variable Diferencia de uso del agua

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso del agua	UNIDAD DE MEDIDA: 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 ahuyama, tanto para su crecimiento, como para su sustento.		
De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa área, o por vía evapotranspiración desde el cultivo.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de ahuyama. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento de agua 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		
Esta variable no presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La estimación del consumo de agua de ahuyama se basa en el uso consuntivo y la aptitud potencial proveniente del criterio de cambio de cobertura, que se basa en la capa oficial de coberturas de la tierra		

2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2012), 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

La metodología empleada para la evaluación de esta variable se observa en el siguiente diagrama:



El procesamiento de esta variable se realizó a partir de la evaluación de tres subvariables, estimación de la oferta hídrica aprovechable (caudal ecológico), estimación de la demanda sectorial (sectores diferentes a la ganadería) y estimación del consumo potencial de agua por el cultivo.

Estimación de la oferta hídrica.

Se realizó un estimativo de la oferta hídrica total a partir de la generación del mapa de escurrimiento a nivel nacional y, posteriormente, el mapa de oferta hídrica total disponible o caudal ecológico (figura 1), estimado mediante el producto del mapa de oferta total y el índice de regulación hídrica calculado por subzonas hidrográficas (Ideam, 2022), siguiendo la metodología propuesta por el Estudio Nacional del Agua, (Ideam, 2018).

Para el cálculo de la oferta hídrica total, de acuerdo con la metodología mencionada anteriormente, se realizó en primera instancia la estimación de la evapotranspiración real mediante la siguiente ecuación:

$$ETR = \sqrt[2]{\left(ETP * P * \tanh \frac{P}{ETP}\right) * \left(1 - \cosh \frac{ETP}{P} + \sinh \frac{ETP}{P}\right)}$$

Donde:

ETR: evapotranspiración real (mm/año)

ETP: evapotranspiración potencial (mm/año)

P: precipitación (mm/año)

Posteriormente, a partir de la generación del mapa de evapotranspiración real, se realizó el mapa de escurrimiento por medio de la ecuación propuesta en el Estudio Nacional del Agua del año 2018, de la siguiente forma:

$$Esc = P - ETR$$

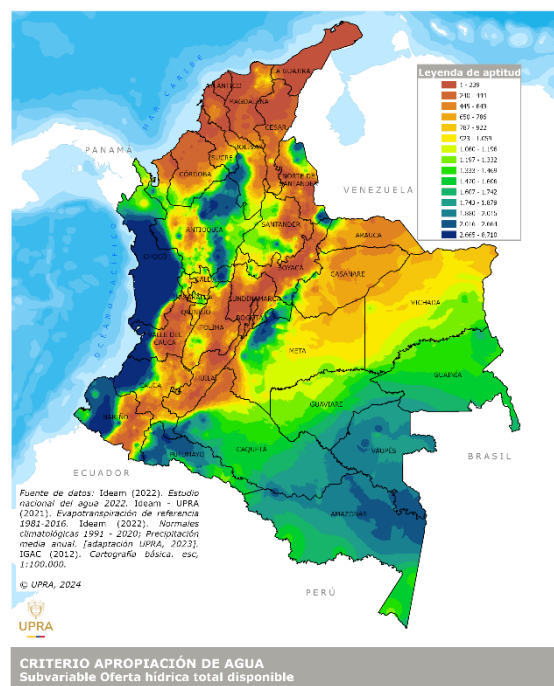
Donde:

Esc: escorrentía superficial (mm/año)

P: precipitación (mm/año)

ETR: evapotranspiración real (mm/año)

Figura 3. Oferta hídrica total disponible (caudal ecológico)



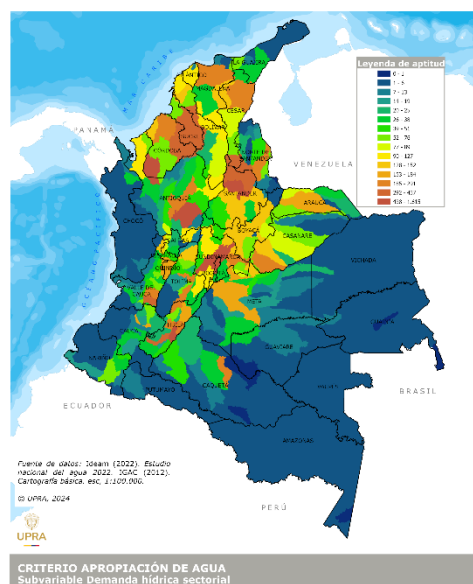
Fuente: Elaboración propia, a partir del ENA (2021).

Estimación de la demanda sectorial (sectores diferentes a ahuyama).

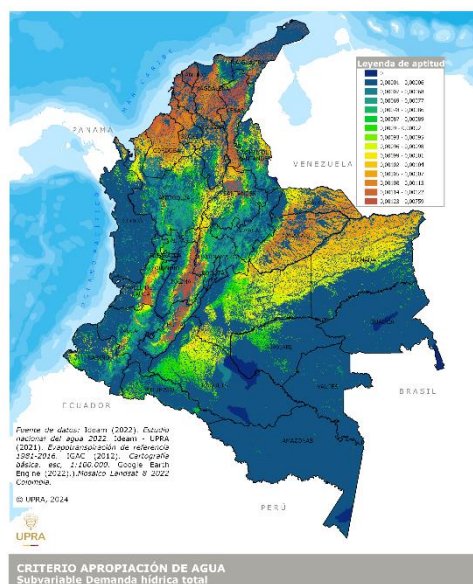
La demanda del agua se calculó tomando la información de la demanda sectorial del ENA (2022), información que se encuentra disponible a nivel de subzona hidrográfica para todo el país, teniendo en cuenta, que la información de oferta se cartografió en formato ráster con píxeles de 30 * 30 metros, fue necesario realizar un muestreo de la cartografía de demanda sectorial para poder obtener el posterior mapa del balance entre oferta y demanda.

Posteriormente, a esa demanda se le resta el valor de demanda de "otros cultivos transitorios" correspondiente a 66,8 millones de m³/año (ENA, 2018). Esta demanda se divide en todas las zonas hidrográficas que presenten existencia de cultivos de ahuyama.

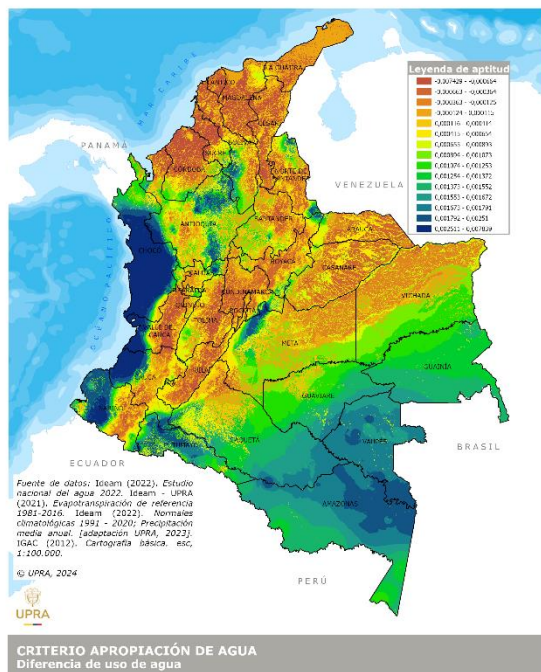
El resultado de esta demanda hídrica sectorial se multiplica por el índice de presión hídrica de los ecosistemas (IPHE), con el propósito de considerar las necesidades hídricas de mantenimiento de los ecosistemas naturales.



Posteriormente, a esta demanda sectorial, se le incluye la demanda de agua del cultivo de ahuyama, calculada a partir del uso consuntivo del cultivo de ahuyama ($K_c = 0,75$) y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el cultivo, definida del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.



La diferencia de uso del agua corresponderá entonces a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

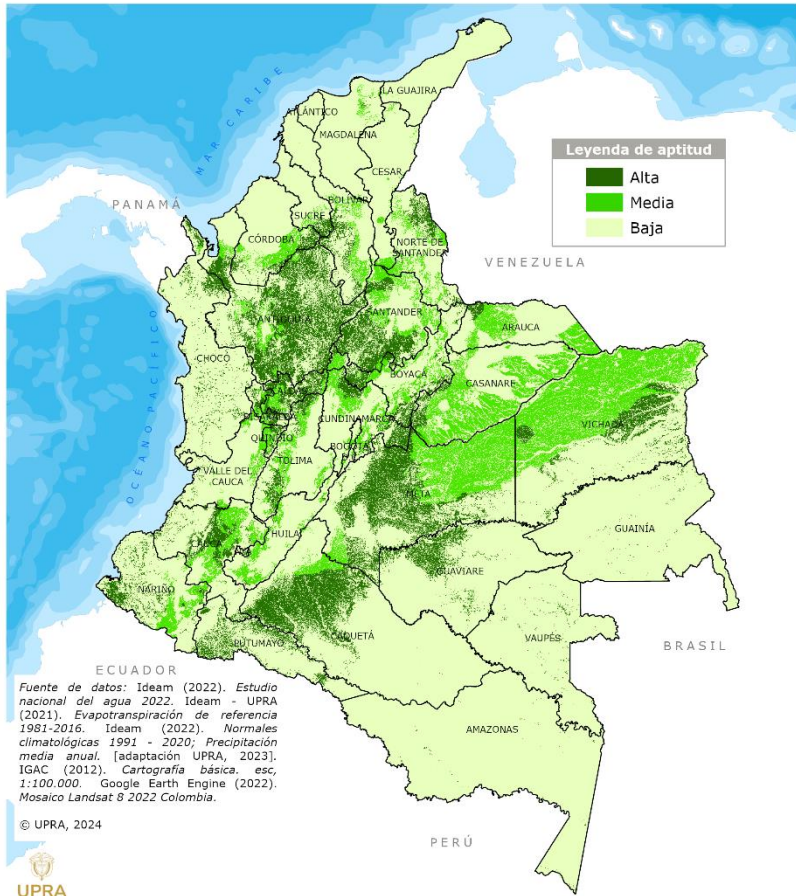


RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud por diferencia de uso de agua para el cultivo de ahuyama

Descripción	Diferencia de uso (Mm 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 ahuyama.	$> -0,000067$	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 ahuyama.	$-0,000473$ a $-0,000067$	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 ahuyama.	$< -0,000473$	Baja (A3)



Unidad de análisis		Pixel 30 metros	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE			
			
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA Variable Diferencia de uso del agua			
FUENTES DE INFORMACIÓN			
• Google Earth Engine (2022). Mosaico Landsat 8 2022 Colombia • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021). Evapotranspiración de referencia. 1981-2016. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). Estudio nacional del agua. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2022). Normales climatológicas 1991-2020; precipitación media anual. (Adaptación UPRA 2023). • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2019). Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:1000.000. Bogotá.			

2.4. Criterio Variación del contenido estimado de carbono

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Variación del contenido estimado de carbono		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
No presenta variables, se basa en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa.		
DEFINICIÓN		
Este criterio se asocia a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono, por lo cual se fundamenta en la estimación del contenido de carbono, calculado como el balance resultante entre captura y emisiones de CO₂ que se generarían por el desarrollo de cultivos de ahuyama 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 ahuyama, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. De forma complementaria, esta estimación posibilita la incorporación de 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.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
No hay valores de exclusión técnica (N1).		
LIMITANTES PARA 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 la mediana de las imágenes Landsat 2022 que cubren el territorio nacional, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
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):

$$\text{Biomasa} = 11,2693 + 9255 (X)$$

Donde:

X corresponde a la inversa de la banda 6 del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat 2022, correspondiente al rango del espectro electromagnético de infrarrojo de onda corta (SWIR 2).

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:

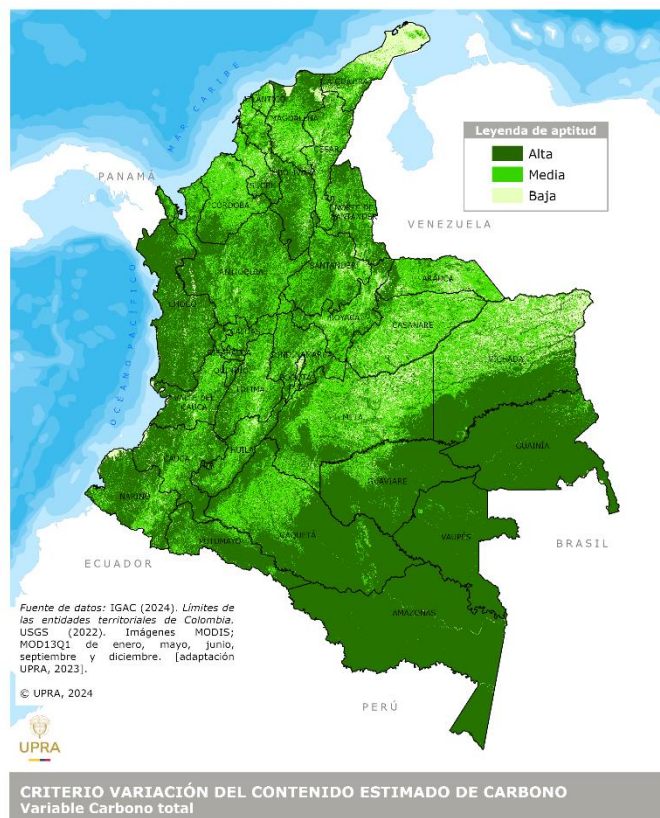
$$\text{Biomasa vegetal subterránea} = e^{(-1,085 + 0,925 \times \ln (BA))}$$

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 calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.



d. Contenido de carbono en el suelo.

Se estimó mediante álgebra de mapas, a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil World information, 2015), relacionada con las capas de porcentaje de C 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):

$$\text{Carbono orgánico suelo} = \% \text{ Carbono orgánico} \times \text{densidad aparente} \times \text{profundidad (0,3 m)} \times (1 - \% \text{ fragmentos gruesos})$$

e. Contenido de carbono total.

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

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



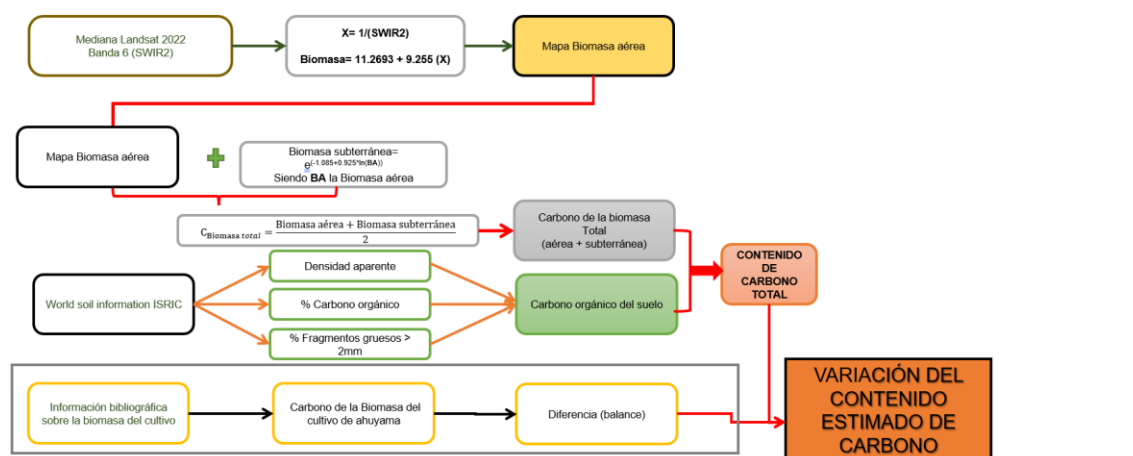
Con el fin de realizar el balance de carbono del potencial establecimiento del cultivo de ahuyama, se partió de un rendimiento del cultivo de 12 t/ha/año considerando lo reportado por UPRA (2022) en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) y lo descrito por Correa et al. (2019). Adicionalmente, se tuvo en cuenta un factor de residuo de 0,45, reportado por Quintero y Quiroga (2017) el cual permite calcular la biomasa contenida en el tallo y la hoja, obteniendo una producción de biomasa total de 17,4 t/ha/año, que representa una captura de 8,7 t/ha/año de carbono.

La calificación de la aptitud se lleva a cabo mediante la comparación del valor estimado de carbono (valor del píxel o de la unidad de análisis espacial), con el valor de referencia estimado de carbono capturado por el cultivo de ahuyama 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:

$$\text{Variación del contenido estimado de carbono} = C \text{ de la biomasa total} - C \text{ capturado por el cultivo de ahuyama}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de cultivos de ahuyama 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 (toneladas de carbono/hectárea/año). En otras circunstancias de cobertura actual, el reemplazo puede representar una cantidad capturada semejante o incluso, en otras condiciones, puede significar una menor cantidad de carbono, en cuyo caso se constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura, lo cual se traduce en emisiones de carbono a la atmósfera en forma de CO₂.

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.

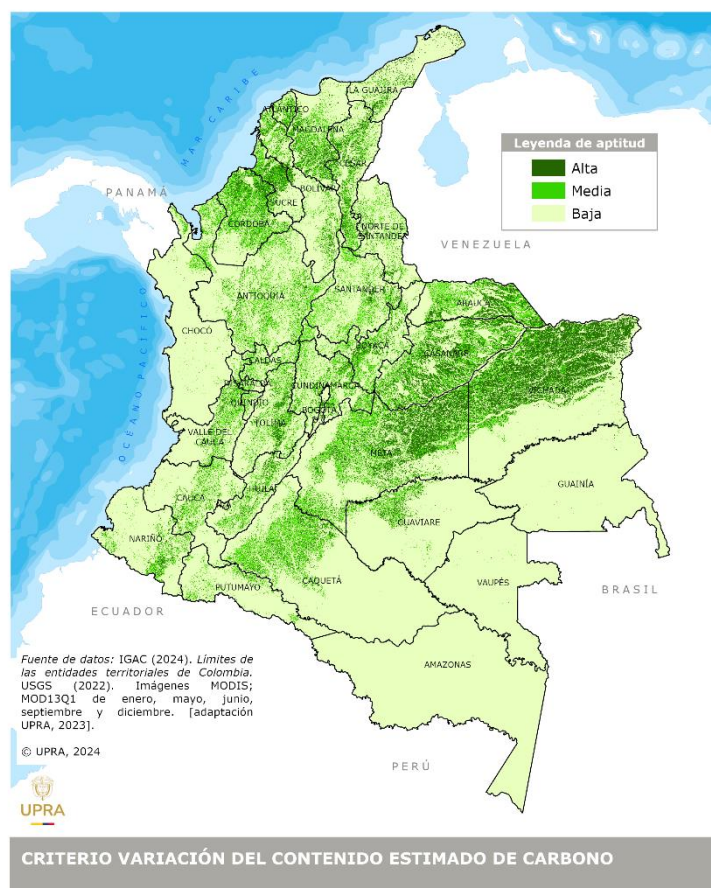
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la aptitud para el cultivo de ahuyama, desde el punto de vista de este criterio se estableció a partir de intervalos por cuantiles y siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono toneladas/ha/año)	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	< 47,797	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono	47,797-64,392	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	> 64,392	Baja (A3)

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

Unidad de análisis	Pixel toneladas/ha/año
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO	



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bolaños, Y; M, Bolaños y Paz, F. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. Terra Latinoam vol.35 no.1 Chapingo ene. /mar. 2017



- Brown, S. y Lugo, A. (1992). Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. En: *Interciencia* 17:8-18.
- Correa, E., Yacomelo, M., León, R., Orozco, A., Silva, G. & R. Tamara. 2019. Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez y M.I., Vargas. (2014). Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe. Dirección General de Cooperación Internacional y Desarrollo (Comisión Europea), FAO Fiat Panis, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Centro Común de Investigación). <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/7e06def6-10cf-4c8f-90f4-b981f410ef68>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Eggleston, H.; Buendía, L.; Miwa, K.; Ngara T. y Tanabe K. (Eds). Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Vol 4. Japón: IGES. Recuperado de <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>>.
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. In: Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Alvaro del Campo Parra (Ed). Pp. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali
- Soil World Information (ISRIC). (2013). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. Recuperado de: <<http://soilgrids1km.isric.org>>.
- Quintero, C. y Quiroga, L. F. (2017). Estimación del potencial energético a partir de la biomasa primaria agrícola en el departamento de Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).
- USGS (2022). Imágenes MODIS; MOD13Q1 de enero, mayo, junio, septiembre y diciembre (adaptación UPRA 2023).



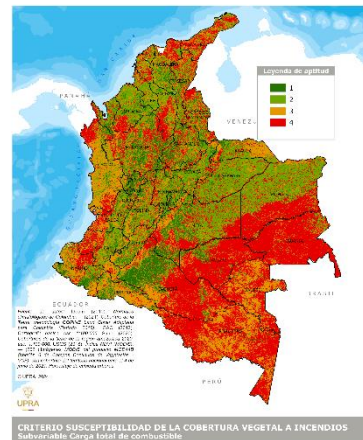
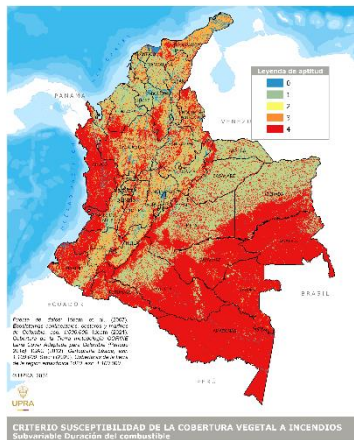
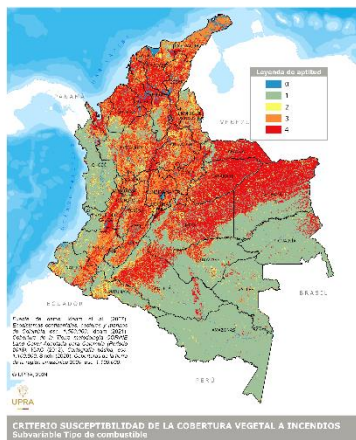
2.5. Criterio Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Criterio susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
El fenómeno de incendios de las coberturas vegetales es multicausal, altamente dinámico en tiempo y espacio y generador de impactos de alcance variable sobre el medio natural y social. Para su evaluación este criterio se compone de las siguientes variables: <i>Condiciones de pirogenicidad de las coberturas:</i> Evalúa la capacidad que una determinada cobertura pueda tener mayor o menor capacidad combustible y se analiza a partir de las siguientes subvariables: -<i>Tipo de combustible (Tc):</i> Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica. -<i>Duración del combustible (Dc):</i> Evalúa el tiempo en el cual un tipo de combustible en particular puede estar en estado de ignición. -<i>Carga de combustible (Cc):</i> califica la cantidad de biomasa combustible que la vegetación tiene en un área definida -<i>Influencia del fuego sobre los ecosistemas (If):</i> Desde el punto de vista de la ecología del fuego, esta variable define la adaptación que tienen los diferentes ecosistemas y coberturas para soportar y tener capacidad resiliente frente al fuego.		
DEFINICIÓN		
La susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios está definida por las características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO		
La evaluación y cartografía de la susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal, permite prever e incorporar en los rangos de aptitud, la probabilidad de que un cultivo pueda verse afectado por este tipo de incidentes, ya sea por la cercanía a coberturas y tipos de vegetación que puedan propagar el fuego e incidir y afectar directamente al cultivo de ahuyama, o porque el cultivo tiene características muy favorables para que por acción humana o natural puedan verse expuestos a fenómenos de esta naturaleza.		
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).		

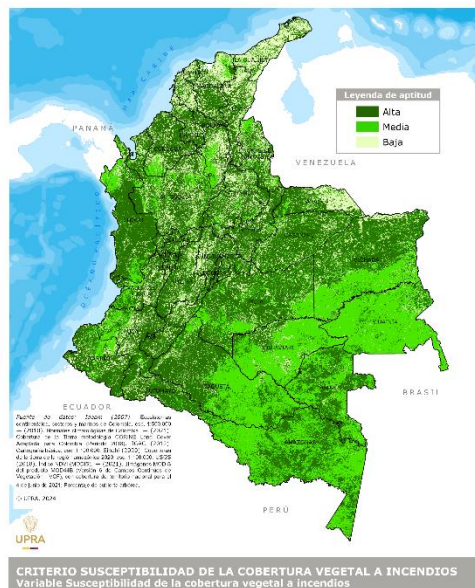
LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
La temporalidad de la información de <i>Corine Land Cover</i> asociada a las coberturas del periodo 2018 limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible. Adicionalmente la estimación de la biomasa 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
La susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios se evalúa mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, según lo propuesto en el modelo de combustibles desarrollado para Colombia por Páramo (2011).
Un modelo de combustibles representa la condición pirogénica de la vegetación, como un aspecto clave en la evaluación del comportamiento de nuestros ecosistemas frente al fuego, tanto en el inicio de un incendio, como en la modelación del comportamiento del fuego, en caso de presentarse eventos de esta índole (Ideam, 2011).
El modelo de combustibles propuesto tiene una estructura jerárquica y está compuesto por los siguientes factores o variables:
<i>Tipo de combustible vegetal (Tc)</i> , predominante por bioma y ecosistema: se estimó a partir de la metodología de Ideam (2011) y se actualizó a las coberturas Corine Land Cover de Colombia 2018.
<i>Duración del tipo de combustible dominante (Dc)</i> : Duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición (1 h, 10 h, 100 h), se estimó de acuerdo con la metodología del Ideam (2011), actualizando la información de acuerdo con las coberturas Corine Land Cover 2018.
<i>Carga total de combustibles (Cc)</i> : Caracterización cuali-cuantitativa dependiente de la cantidad de biomasa presente en cada tipo de cobertura expresada como biomasa aérea en Ton/ha. Su estimación se realizó a partir de la aplicación de las ecuaciones expresadas por Páramo (2011) que tiene en cuenta:
• Biomasa determinada sobre el Índice Normalizado del Infrarrojo, obtenido a partir de imágenes MODIS del año 2021 (MODIS MOD13Q1 v006 Banda 7 (SWIR)) • Altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo con el mapa de CLC de Colombia (Ideam, 2021) • Cobertura expresada como porcentaje de proyección de la vegetación sobre el sustrato, a partir de una imagen MODIS (MOD44B-v006) del 2021 del producto Vegetation Continuous Field (VCF) • Déficit de agua (Da), medida indirecta de la humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los valores estimados de precipitación y de meses secos continuos en una zona dada, realizada a partir de la clasificación de rangos propuesta por Unesco (---).
A partir de la evaluación individual de cada una de las variables se produce un mapa intermedio el cual muestra el grado de pirogenicidad de la cobertura a partir de la aplicación de un análisis multicriterio y una matriz AHP, para la obtención de los factores de peso que ponderan cada una de las variables.
Con dichos factores de ponderación, a través del modelamiento espacial (álgebra de mapas) realizado con el sistema de información geográfico ArcGis, se lleva a cabo una suma ponderada para obtener el mapa resultante del cruce de las variables anotadas.
Los factores de ponderación son los siguientes:

$$\sum [(Tc * 0,35) + (Dc * 0,35) + (Cc * 0,30)]$$

Grado de pirogenicidad de la cobertura



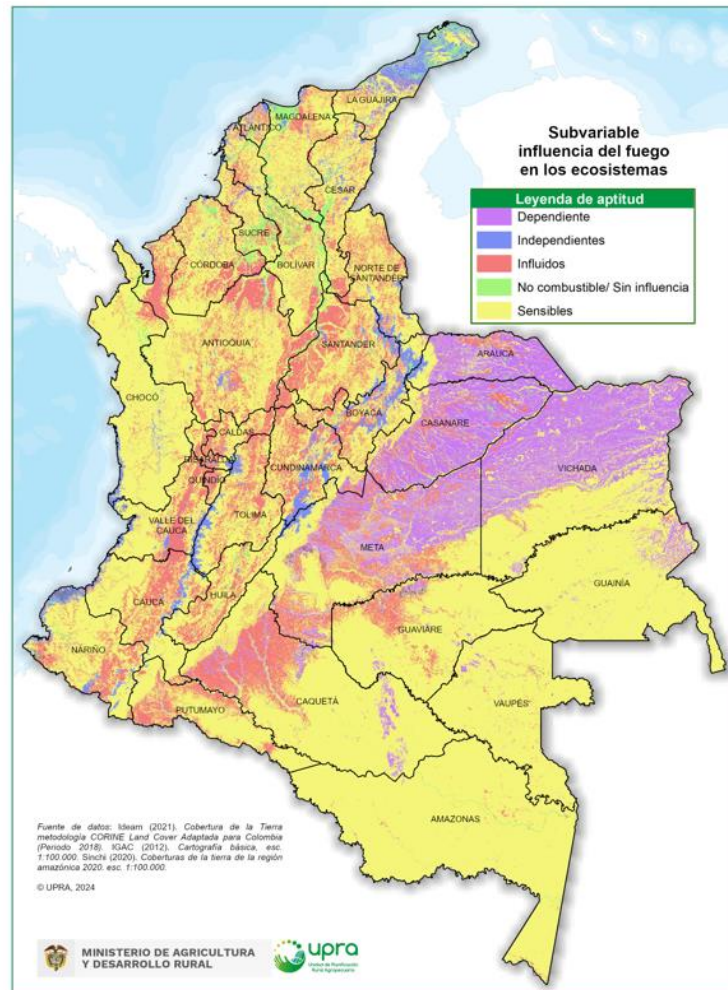
$$[(Tc * 0,35) + (Dc * 0,35) + (Cc * 0,30)]$$



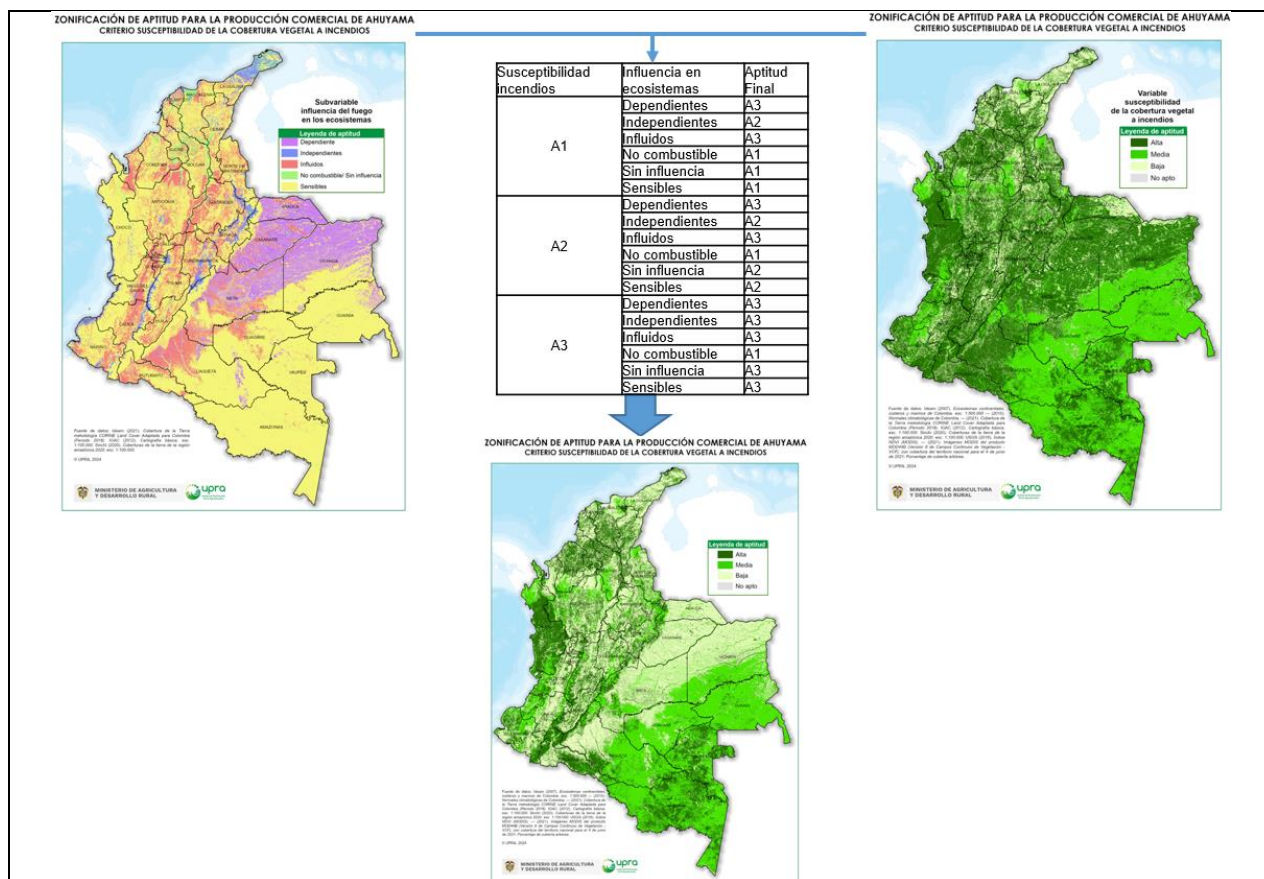
La otra variable utilizada en la construcción del criterio es la *influencia del fuego sobre los ecosistemas (If)*. Los ecosistemas pueden describirse en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego.

Por lo general, los ecosistemas y los principales tipos de hábitat pueden clasificarse como pertenecientes a categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes del fuego, influidos por el fuego, sensibles al fuego o independientes del fuego, o como no combustibles (The Nature Conservancy, s. f. y Páramo, 2011). Para su cualificación se partió de una reclasificación por tipo de ecosistema y bioma obtenidos del mapa general de ecosistemas de Colombia (Ideam et al., 2015).

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AHUYAMA
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS



Por último, se construyó el mapa del criterio de *susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios*, mediante la unión del mapa de pirogenicidad de las coberturas y el de influencia del fuego en los ecosistemas, haciendo uso de un árbol de decisión para su clasificación en categorías de aptitud.



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

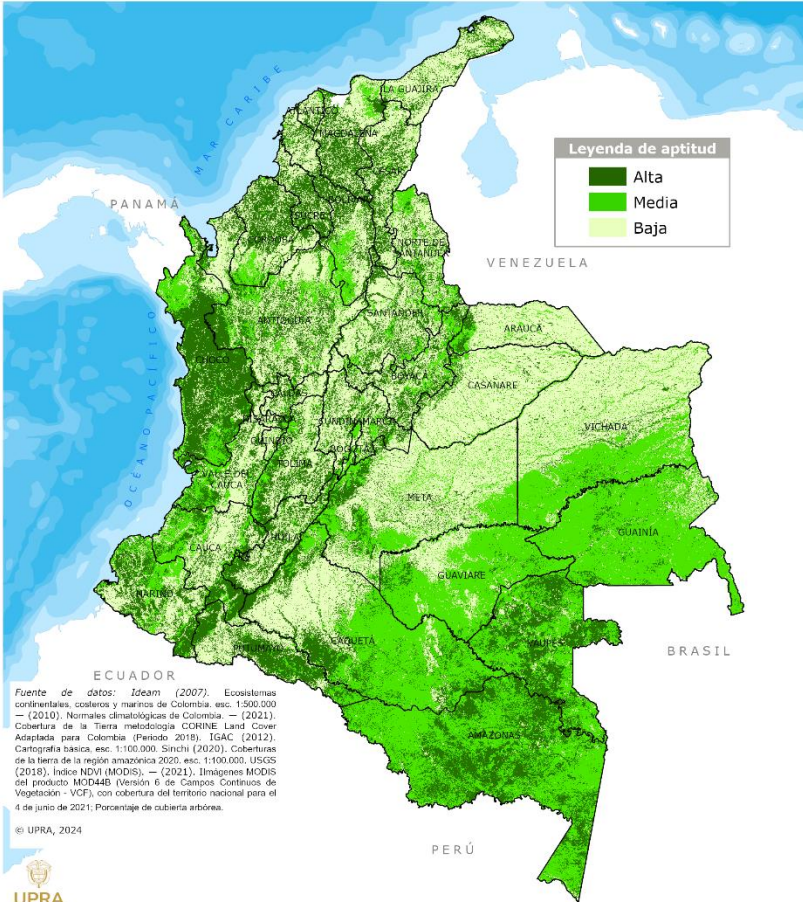
La calificación de la aptitud para la susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios se realizó a través de un árbol de decisión:

Susceptibilidad a incendios	Influencia en ecosistemas	Aptitud final
A1	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A1
A2	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A2
A3	Dependientes	A3
	Independientes	A3
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A3



Rango de variación de la aptitud por <i>Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios</i> para el cultivo de ahuyama	
Descripción	Aptitud
Zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja, con ecosistemas no influidos por el fuego o no combustibles (áreas con predominancia alta de humedad y/o muy alteras y desprovistas de vegetación) y ecosistemas sensibles al fuego (bosque, matorral, herbazal y pastizal presentes en los pisos subandino y andino)	Alta (A1)
Zonas con susceptibilidad de la cobertura a incendios baja, pero con presencia de ecosistemas independientes (ecosistemas bastante fríos y húmedos o demasiado secos, vegetación xerófila, de páramo y altoandina), zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media con ecosistemas independientes y sensibles.	Media (A2)
Zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja con ecosistemas dependientes (sabanas de la Orinoquia, conformada principalmente por coberturas de tipo pastizal y herbazal), zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media con ecosistemas dependientes, influidos (agroecosistemas asociados a prácticas culturales de tala y quema o roza y quema) y zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta con ecosistemas dependientes, independientes, influidos y sensibles.	Baja (A3)



Unidad de análisis		Pixel imágenes MODIS	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO			
 Fuente de datos: Ideam (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, esc. 1:500.000 — (2010). Normales climatológicas de Colombia. — (2021). Cobertura de la Tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia (Periodo 2018). IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Sinchi (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, esc. 1:100.000. USGS (2018). Índice NDVI (MODIS). — (2021). Imágenes MODIS del producto MOD44B (Versión 6 de Campos Continuos de Vegetación - VCF), con cobertura del territorio nacional para el 4 de junio de 2021. Porcentaje de cubierta arbórea. © UPRA, 2024 CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS			
FUENTES DE INFORMACIÓN			
• Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2007). Ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000 • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Normales climatológicas de Colombia. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000, Comité de Comunicaciones y Publicaciones del Ideam, Bogotá			



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH), Invemar, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Sinchi I. Sinchi e II AP (2015). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C., 276 p. + 37 hojas cartográficas.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (período 2018)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Modis WEB. (2021). modis.gsfc.nasa.com
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. En: Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Alvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali.
- USGS (2018). Índice NDVI (MODIS)
- USGS (2021). Imágenes MODIS del producto MOD44B (versión 6 de campos continuos de vegetación - VCF), con cobertura del territorio nacional para el 4 de junio de 2021. Porcentaje de cobertura arbórea.

2.5.1. Variable Condiciones de pirogenicidad de las coberturas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios		
VARIABLE: Condiciones de pirogenicidad de las coberturas	UNIDAD DE MEDIDA: Categoría cualitativa de pirogenicidad de las coberturas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
La caracterización de la condición pirogénica de la vegetación, aspecto conocido normalmente como modelo de combustibles define que tan probable es que un determinado tipo de cobertura vegetal pueda encenderse dada su capacidad de ignición. Las características de combustibilidad de una determinada cobertura están dadas por tres parámetros fundamentales, los cuales son: <i>Carga de combustible (Cc)</i>: Definida como la cantidad de combustible por unidad de área, es decir, la cantidad de biomasa viva (vegetación en pie) y muerta (ramas, hojarasca, material en descomposición, mantillo y humus), que se encuentra en determinada superficie. Esta carga de combustible se caracteriza a través de: • <i>Altura</i>: Relacionada con la forma y tamaño del combustible, es decir la altura de la cobertura, así como la forma dominante analizada a través de la fisionomía y la estructura vertical de la vegetación, representa en gran parte las posibilidades de que las coberturas puedan llegar a tener mayor sensibilidad al fuego. • <i>Cobertura o disposición espacial del combustible</i>: La manera como un tipo de vegetación está distribuida espacialmente en un terreno determinado, considerada a partir de la proyección del follaje sobre el suelo, en otras palabras, la estructura horizontal de la vegetación y como ésta se presenta ya sea cerrada		

(copas y follaje se traslapan o están en alta proximidad) o abierta (individuos y componentes de la vegetación aislados entre sí), generan mayor o menor grado de susceptibilidad, ya que el espaciamiento de las plantas aumenta o disminuye la susceptibilidad como también influyen directamente en el tipo de incendio que podría ocurrir. • <i>Biomasa</i>: Cantidad de biomasa de la cobertura en una determinada área, de acuerdo con ella es posible establecer cuanta de esta biomasa puede llegar a quemarse en un evento determinado • <i>Humedad del combustible</i>: Factor que determina para que una cobertura pueda tener mayor o menor grado de combustibilidad. Coberturas que, en general, permanecen húmedas tienen menor susceptibilidad a los incendios y viceversa. • <i>Duración del material combustible (Dc)</i>: Los diferentes tipos de plantas que caracterizan una cobertura, de acuerdo con su biotipo o hábito de crecimiento y a su composición dada por el grado de materiales combustibles (lignina y sustancias altamente ignífugas como resinas y exudados), hacen que esta pueda encenderse de una manera más rápida y que su quema pueda durar más o menor tiempo. • <i>Tipo de combustible (Tc)</i>: Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica, teniendo en cuenta que los combustibles vegetales son cualquier material vegetal vivo o muerto que puede entrar en combustión al aplicársele calor.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO La caracterización de la condición pirogénica de la cobertura vegetal define las características intrínsecas a los tipos de vegetación y cobertura, que depende de factores como las estructuras horizontal y vertical de la vegetación, la composición (especies presentes), más el grado de fragmentación y la conectividad entre parches de vegetación. Atendiendo a ello, esta caracterización brinda información relativa a la probabilidad de ocurrencia de incendios, para lo cual considera factores inherentes al tipo de vegetación, variable que en general tiene poca variabilidad temporal.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO Esta variable no genera exclusión técnica (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE Al tener como 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 errores asociados a la escala cartográfica. Adicionalmente, la estimación de la biomasa 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 modelo de combustibles desarrollado se estructuró mediante una clasificación jerárquica, conformada por los siguientes factores: <i>Tipo de combustible vegetal (Tc)</i>, predominante por bioma y ecosistema: <i>tipo de cobertura vegetal y biotipo dominante</i>, esta variable se estimó a partir de la altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo con el mapa de CLC de Colombia (ideam, 2021). La calificación de tipos de combustible se realiza mediante la reclasificación del mapa de coberturas y se asignan los calificativos de aptitud presentados en la siguiente tabla:



Tipo combustible predominante	Legenda	Calificación	Categoría susceptibilidad
Árboles	2.2.2.3. Cacao	2	Baja
	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2	Baja
	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	2	Baja
	2.2.3.2. Palma de aceite	2	Baja
	2.2.3.3. Cítricos	2	Baja
	2.2.3.4. Mango	2	Baja
	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	1	Baja
	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	1	Baja
	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	1	Baja
	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	1	Baja
	3.1.1.1.2.3. Palmares	1	Baja
	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	1	Baja
	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	1	Baja
	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	1	Baja
	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	1	Baja
	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	1	Baja
	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	1	Baja
	3.1.3. Bosque fragmentado	2	Baja
	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2	Baja
	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2	Baja
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	1	Baja
	3.1.5. Plantación forestal	2	Baja
	3.1.5.1. Plantación de coníferas	2	Baja
	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	2	Baja
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	2	Baja
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2	Baja
Árboles y Arbustos	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3	Moderada
Árboles/hierbas	2.2.4. Cultivos agroforestales	3	Moderada
Arbustos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3	Moderada
	2.2.2.2. Café	3	Moderada
	2.2.2.4. Viñedos	3	Moderada
	3.2.2.1. Arbustal denso	3	Moderada
	3.2.2.2. Arbustal abierto	3	Moderada
	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	3	Moderada



Hierbas	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	5	Alta
	1.4.1.2. Parques cementerio	5	Alta
	2.1.1. Otros cultivos transitorios	4	Alta
	2.1.2. Cereales	4	Alta
	2.1.2.1. Arroz	4	Alta
	2.1.2.2. Maíz	4	Alta
	2.1.2.3. Sorgo	4	Alta
	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	4	Alta
	2.1.3.1. Algodón	4	Alta
	2.1.3.4. Soya	4	Alta
	2.1.4. Hortalizas	4	Alta
	2.1.4.1. Cebolla	4	Alta
	2.1.5. Tubérculos	4	Alta
	2.1.5.1. Papa	4	Alta
	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	4	Alta
	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	4	Alta
	2.2.1.2. Caña	4	Alta
	2.2.1.2.1. Caña de azúcar	4	Alta
	2.2.1.2.2. Caña panelera	4	Alta
	2.2.1.3. Plátano y banano	4	Alta
	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3	Moderada
	2.4.1. Mosaico de cultivos	4	Alta
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alta
	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	4	Alta
	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.2.3. Arracachal	4	Alta
	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	4	Alta
	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	4	Alta
	3.3.4. Zonas quemadas	5	Alta
	4.1.1. Zonas pantanosas	5	Alta
	4.1.2. Turberas	4	Alta
	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3	Moderada
No combustible	1.1.1. Tejido urbano continuo	0	Sin riesgo
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0	Sin riesgo
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0	Sin riesgo

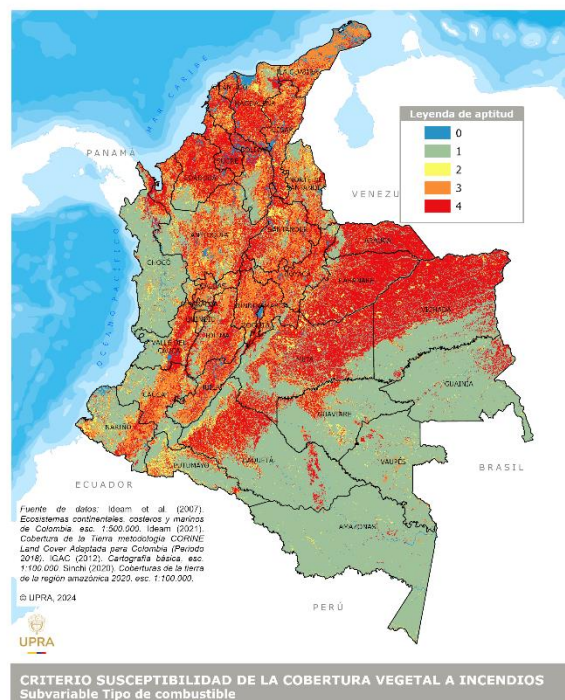
	1.2.1.1. Zonas industriales	0	Sin riesgo
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0	Sin riesgo
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0	Sin riesgo
	1.2.3. Zonas portuarias	0	Sin riesgo
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0	Sin riesgo
	1.2.4. Aeropuertos	0	Sin riesgo
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.5. Obras hidráulicas	0	Sin riesgo
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0	Sin riesgo
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0	Sin riesgo
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0	Sin riesgo
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0	Sin riesgo
	1.3.1.4. Explotación de oro	0	Sin riesgo
	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0	Sin riesgo
	1.3.1.6. Explotación de sal	0	Sin riesgo
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0	Sin riesgo
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	Sin riesgo
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0	Sin riesgo
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.2. Instalaciones recreativas	0	Sin riesgo
	1.4.2.1. Áreas culturales	0	Sin riesgo
	1.4.2.2. Áreas deportivas	0	Sin riesgo
	1.4.2.3. Áreas turísticas	0	Sin riesgo
	2.2.5. Cultivos confinados	0	Sin riesgo
	3.3.1. Zonas arenosas naturales	0	Sin riesgo
	3.3.1.1. Playas	0	Sin riesgo
	3.3.1.2. Arenales	0	Sin riesgo
	3.3.1.3. Campos de dunas	0	Sin riesgo
	3.3.2. Afloramientos rocosos	0	Sin riesgo
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0	Sin riesgo
	4.2.1. Pantanos costeros	0	Sin riesgo
	4.2.2. Salitral	0	Sin riesgo
	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0	Sin riesgo
	5.1.1. Ríos	0	Sin riesgo
	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	Sin riesgo
	5.1.3. Canales	0	Sin riesgo



Anexo: Fichas metodológicas de criterios y variables

	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0	Sin riesgo
	5.1.4.1. Embalses	0	Sin riesgo
	5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0	Sin riesgo
	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0	Sin riesgo
	5.2.1. Lagunas costeras	0	Sin riesgo
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0	Sin riesgo
Pastos	2.3.1. Pastos limpios	5	Alta
	2.3.2. Pastos arbolados	5	Alta
	2.3.3. Pastos enmalezados	5	Alta
Pastos y árboles	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	3	Moderada
Pastos/Hierbas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	3	Moderada
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	Moderada
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	3	Moderada
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	3	Moderada

La reclasificación resultante se presenta en el mapa de tipo de combustibles:



Duración del tipo de combustible dominante (Dc): duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición (1 hora, 10 horas, 100 horas), se estimó de acuerdo con la metodología del Ideam (2011), actualizando la información a las coberturas *Corine Land Cover* 2018.



Las tablas que se presentan a continuación muestran la forma de reclasificación de las variables y su cualificación en términos de mayor o menor probabilidad de susceptibilidad, dada por esta subvariable, y el mapa los resultados de dicho análisis

Duración combustible	Leyenda	Calificación	Categoría susceptibilidad
1 hora	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	1	Baja
	1.4.1.2. Parques cementerio	1	Baja
	2.1.1. Otros cultivos transitorios	1	Baja
	2.1.2. Cereales	1	Baja
	2.1.2.1. Arroz	1	Baja
	2.1.2.2. Maíz	1	Baja
	2.1.2.3. Sorgo	1	Baja
	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	1	Baja
	2.1.3.1. Algodón	1	Baja
	2.1.3.4. Soya	1	Baja
	2.1.4. Hortalizas	1	Baja
	2.1.4.1. Cebolla	1	Baja
	2.1.5. Tubérculos	1	Baja
	2.1.5.1. Papa	1	Baja
	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	1	Baja
	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	1	Baja
	2.2.1.2. Caña	1	Baja
	2.2.1.2.1. Caña de azúcar	1	Baja
	2.2.1.2.2. Caña panelera	1	Baja
	2.2.1.3. Plátano y banano	1	Baja
	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	1	Baja
	2.3.1. Pastos limpios	1	Baja
	2.3.2. Pastos arbolados	1	Baja
	2.3.3. Pastos enmalezados	1	Baja
	2.4.1. Mosaico de cultivos	1	Baja
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1	Baja
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1	Baja
	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	1	Baja
	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.2.3. Arracachal	1	Baja
	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	1	Baja

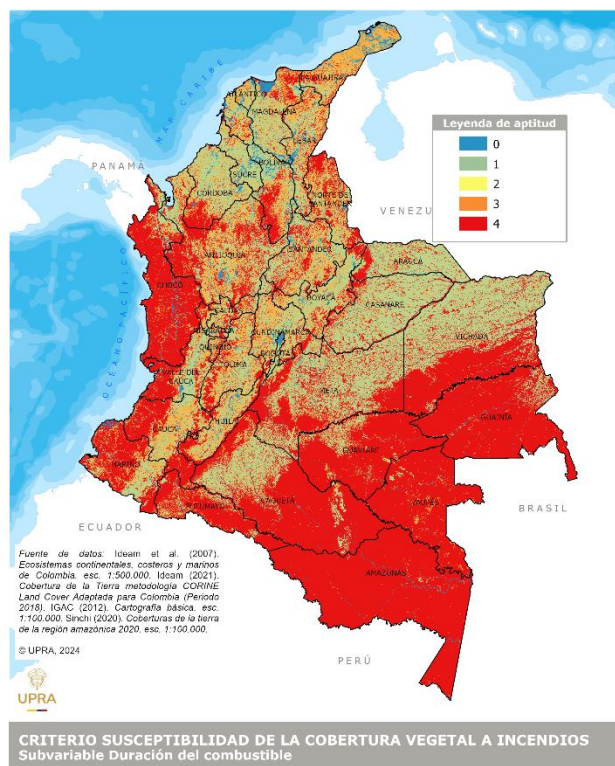


		3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	1	Baja
		3.3.4. Zonas quemadas	1	Baja
		4.1.1. Zonas pantanosas	1	Baja
		4.1.2. Turberas	1	Baja
	10 horas	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2	Moderada
		2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	2	Moderada
		2.2.2.2. Café	2	Moderada
		2.2.2.4. Viñedos	2	Moderada
		2.2.4. Cultivos agroforestales	2	Moderada
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2	Moderada
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2	Moderada
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	2	Moderada
		3.2.2.1. Arbustal denso	2	Moderada
		3.2.2.2. Arbustal abierto	2	Moderada
		3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	2	Moderada
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2	Moderada
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	Moderada
	100 horas	2.2.2.3. Cacao	3	Alta
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	3	Alta
		2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	3	Alta
		2.2.3.2. Palma de aceite	3	Alta
		2.2.3.3. Cítricos	3	Alta
		2.2.3.4. Mango	3	Alta
		3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3	Alta
		3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3	Alta
		3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3	Alta
		3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3	Alta
		3.1.1.1.2.3. Palmares	3	Alta
		3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3	Alta
		3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3	Alta
		3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3	Alta
		3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3	Alta
		3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3	Alta
		3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3	Alta
		3.1.3. Bosque fragmentado	3	Alta
		3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	Alta
		3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	Alta
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	3	Alta
		3.1.5. Plantación forestal	3	Alta
		3.1.5.1. Plantación de coníferas	3	Alta



	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	3	Alta
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3	Alta
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3	Alta
	1.1.1. Tejido urbano continuo	0	Sin riesgo
No combustible	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0	Sin riesgo
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.1.1. Zonas industriales	0	Sin riesgo
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0	Sin riesgo
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0	Sin riesgo
	1.2.3. Zonas portuarias	0	Sin riesgo
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0	Sin riesgo
	1.2.4. Aeropuertos	0	Sin riesgo
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.5. Obras hidráulicas	0	Sin riesgo
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0	Sin riesgo
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0	Sin riesgo
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0	Sin riesgo
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0	Sin riesgo
	1.3.1.4. Explotación de oro	0	Sin riesgo
	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0	Sin riesgo
	1.3.1.6. Explotación de sal	0	Sin riesgo
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0	Sin riesgo
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	Sin riesgo
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0	Sin riesgo
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.2. Instalaciones recreativas	0	Sin riesgo
	1.4.2.1. Áreas culturales	0	Sin riesgo
	1.4.2.2. Áreas deportivas	0	Sin riesgo
	1.4.2.3. Áreas turísticas	0	Sin riesgo
	2.2.5. Cultivos confinados	0	Sin riesgo
	3.3.1. Zonas arenosas naturales	0	Sin riesgo
	3.3.1.1. Playas	0	Sin riesgo
	3.3.1.2. Arenales	0	Sin riesgo
	3.3.1.3. Campos de dunas	0	Sin riesgo
	3.3.2. Afloramientos rocosos	0	Sin riesgo
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0	Sin riesgo
	4.2.1. Pantanos costeros	0	Sin riesgo
	4.2.2. Salitral	0	Sin riesgo
	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0	Sin riesgo

5.1.1. Ríos	0	Sin riesgo
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	Sin riesgo
5.1.3. Canales	0	Sin riesgo
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0	Sin riesgo
5.1.4.1. Embalses	0	Sin riesgo
5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0	Sin riesgo
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0	Sin riesgo
5.2.1. Lagunas costeras	0	Sin riesgo
5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0	Sin riesgo

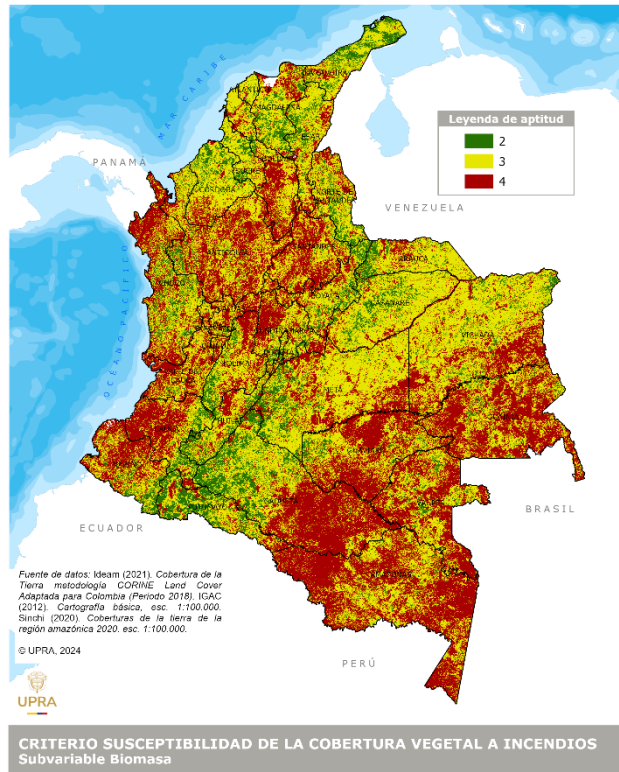


Carga total de combustible (C_c): Caracterización cuali-cuantitativa dependiente de:

Cantidad de biomasa presente en cada tipo de cobertura expresada como biomasa aérea en toneladas/hectárea. Su estimación se realizó a partir de la aplicación de las ecuaciones expresadas por Páramo (2011), sobre el Índice Normalizado del Infrarrojo, obtenido a partir de imágenes MODIS del año 2021. (MODIS MOD13Q1 v006 Banda 7 (SWIR)). Los rangos de calificación se describen en la siguiente tabla:

Carga total (t/ha)	Calificación
No combustible (< 10)	1
10-50	2

50-100	3
>100	4



Altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo con el mapa de CLC de Colombia (Ideam, 2021).

Grupo	Leyenda	Calificación
1	1.1.1. Tejido urbano continuo	0
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0
	1.2.1.1. Zonas industriales	0
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0
	1.2.3. Zonas portuarias	0
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0
	1.2.4. Aeropuertos	0
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0



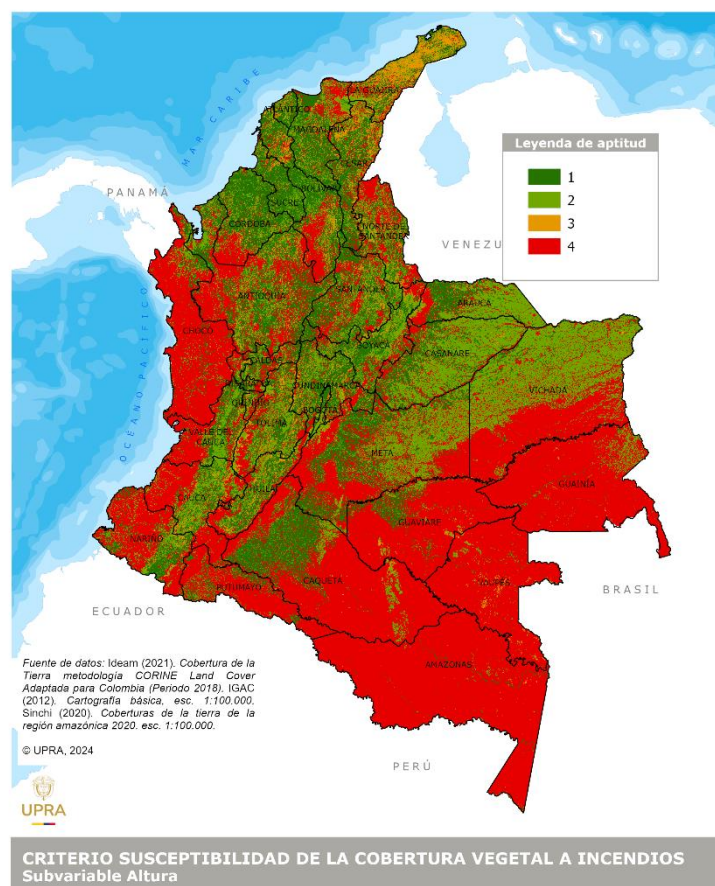
	1.2.5. Obras hidráulicas	0	
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0	
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0	
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0	
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0	
	1.3.1.4. Explotación de oro	0	
	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0	
	1.3.1.6. Explotación de sal	0	
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0	
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0	
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0	
	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0	
	1.4.2. Instalaciones recreativas	0	
	1.4.2.1. Áreas culturales	0	
	1.4.2.2. Áreas deportivas	0	
	1.4.2.3. Áreas turísticas	0	
	2.2.5. Cultivos confinados	0	
	2.3.1. Pastos limpios	0	
	2.3.3. Pastos enmalezados	0	
	2.4.1. Mosaico de cultivos	0	
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	0	
	3.3.1. Zonas arenosas naturales	0	
	3.3.1.1. Playas	0	
	3.3.1.2. Arenales	0	
	3.3.1.3. Campos de dunas	0	
	3.3.2. Afloramientos rocosos	0	
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0	
	4.1.1. Zonas pantanosas	0	
	4.1.2. Turberas	0	
	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	0	
	4.2.1. Pantanos costeros	0	
	4.2.2. Salitral	0	
	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0	
	5.1.1. Ríos	0	
	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	
	5.1.3. Canales	0	
	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0	
	5.1.4.1. Embalses	0	
	5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0	
	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0	
	5.2.1. Lagunas costeras	0	
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0	
2	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	1	
	1.4.1.2. Parques cementerio	1	



		2.1.1. Otros cultivos transitorios	1	
		2.1.2. Cereales	1	
		2.1.2.1. Arroz	1	
		2.1.2.2. Maíz	1	
		2.1.2.3. Sorgo	1	
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	1	
		2.1.3.1. Algodón	1	
		2.1.3.4. Soya	1	
		2.1.4. Hortalizas	1	
		2.1.4.1. Cebolla	1	
		2.1.5. Tubérculos	1	
		2.1.5.1. Papa	1	
		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	1	
		2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	1	
		2.2.1.2. Caña	1	
		2.2.1.2.1. Caña de azúcar	1	
		2.2.1.2.2. Caña panelera	1	
		2.2.1.3. Plátano y banano	1	
		2.3.2. Pastos arbolados	1	
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1	
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1	
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	1	
		3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1	
		3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	1	
		3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1	
		3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	1	
		3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	1	
		3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	1	
		3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	1	
		3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	1	
		3.3.4. Zonas quemadas	1	
	3	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2	
		2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	2	
		2.2.2.2. Café	2	
		2.2.2.4. Viñedos	2	
		2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	2	
		3.2.1.1.2.3. Arracachal	2	
		3.2.2.1. Arbustal denso	2	
		3.2.2.2. Arbustal abierto	2	
		3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	2	
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2	
	4	2.2.2.3. Cacao	3	
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	3	
		2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	3	
		2.2.3.2. Palma de aceite	3	

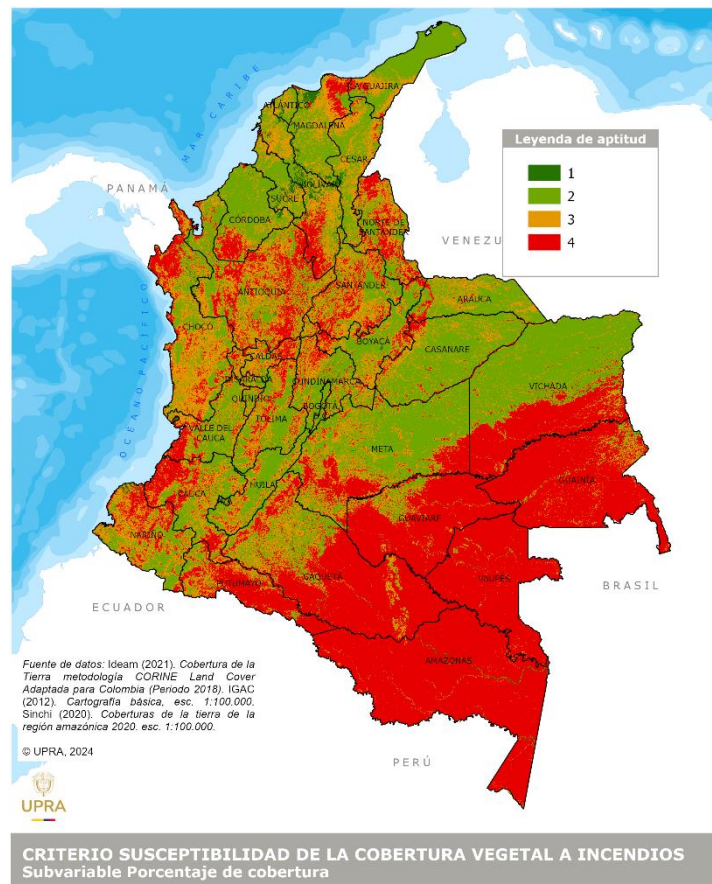


	2.2.3.3. Cítricos	3	
	2.2.3.4. Mango	3	
	2.2.4. Cultivos agroforestales	3	
	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3	
	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3	
	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3	
	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3	
	3.1.1.1.2.3. Palmares	3	
	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3	
	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3	
	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3	
	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3	
	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3	
	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3	
	3.1.3. Bosque fragmentado	3	
	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	
	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	3	
	3.1.5. Plantación forestal	3	
	3.1.5.1. Plantación de coníferas	3	
	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	3	
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3	
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3	

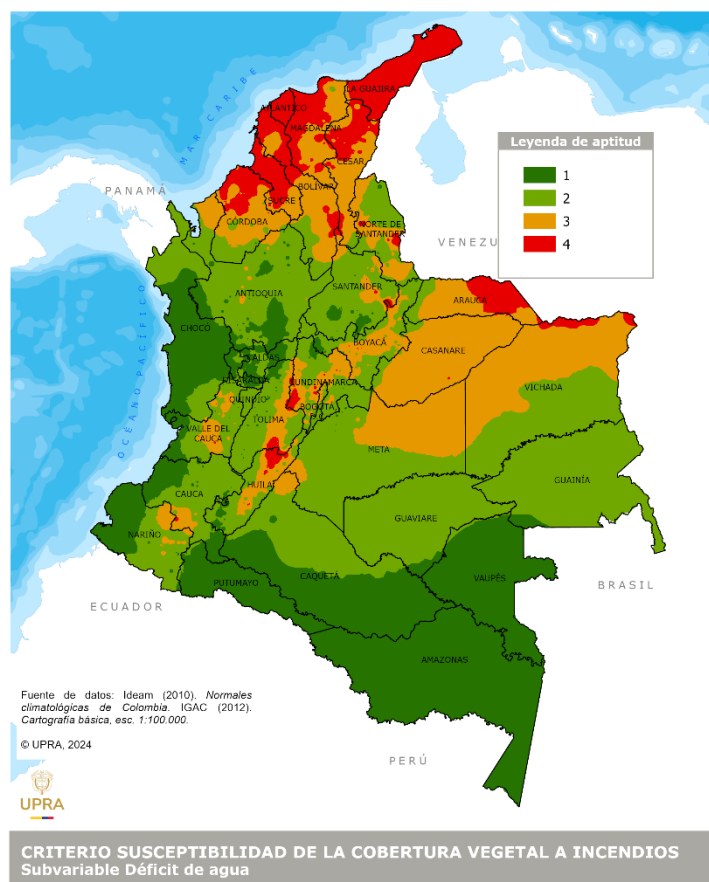


Cobertura expresada como porcentaje de proyección de la vegetación sobre el sustrato, a partir de una imagen MODIS (MOD44B-v006) del 2021 del producto Vegetation Continuous Field (VCF). se definen las siguientes categorías:

- 1-30 % = 1
- 30-60 % = 2
- 60-100 = 3
- > 100 (no combustible) = 0



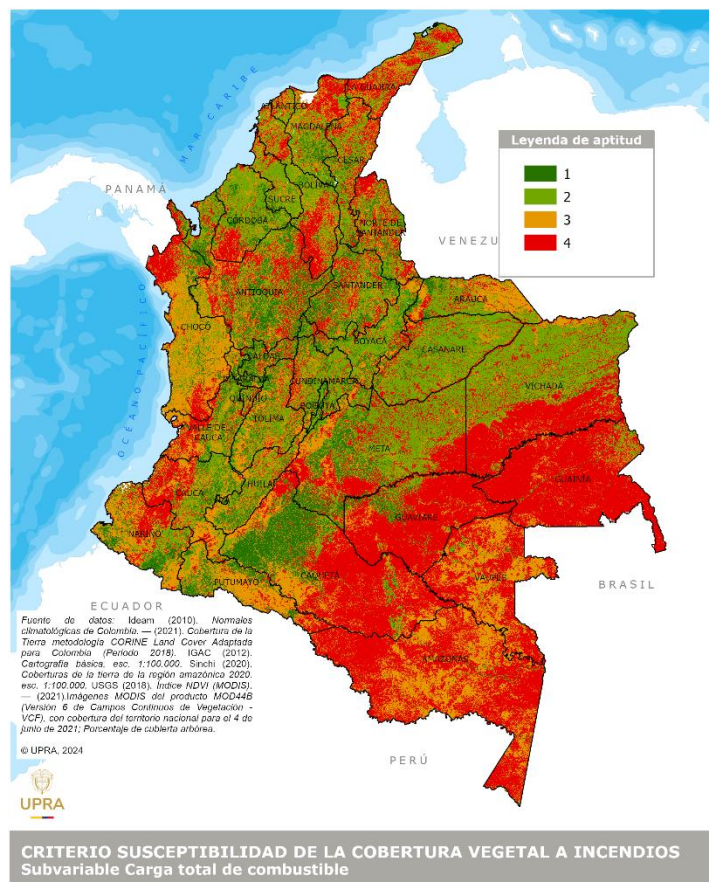
Déficit de agua (Da), medida indirecta de la humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los valores estimados de precipitación y de meses secos continuos en una zona dada, realizada a partir de la clasificación de rangos propuesta por UNESCO.



Se realiza la integración de las subvariables de carga total de combustible a partir de la expresión:

$$\text{Carga total de combustible} = (\text{Altura} * 0,3235) + (\text{Cobertura} * 0,1452) + (\text{Biomasa} * 0,137) + (\text{Humedad} * 0,1074)$$

Se obtiene el siguiente mapa a partir de la reclasificación basada en intervalos geométricos.



Posteriormente, se realiza la integración de las subvariables *tipo de combustibles* (T_c), *duración del tipo de combustible dominante* (D_c) y *carga total de combustibles* (C_c), para producir el mapa del grado de pirogenicidad de la cobertura a partir de factores de peso que ponderan cada una de las variables, a través del modelamiento espacial (álgebra de mapas) realizado con el sistema de información geográfico ArcGis.

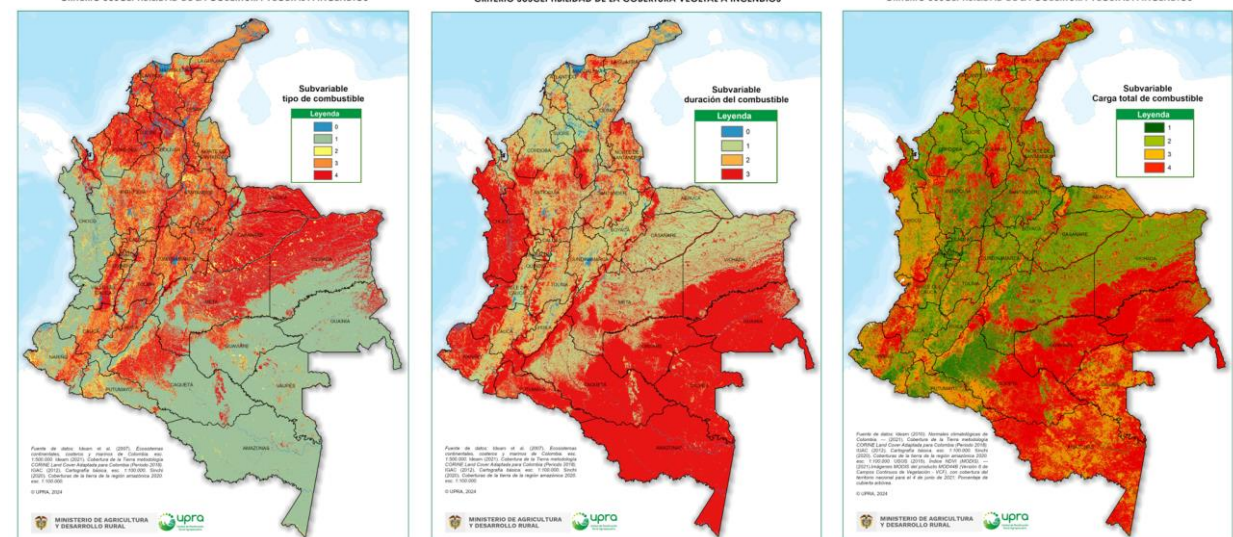
Los factores de ponderación son los siguientes:

$$\sum [(T_c * 0,35) + (D_c * 0,35) + (C_c * 0,30)]$$

La figura presentada a continuación muestra la conjugación de las diferentes subvariables para la obtención del mapa final de la variable *Condiciones de pirogenicidad de las coberturas*.

Grado de pirogenicidad de la cobertura

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AHUYAMA ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AHUYAMA ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AHUYAMA

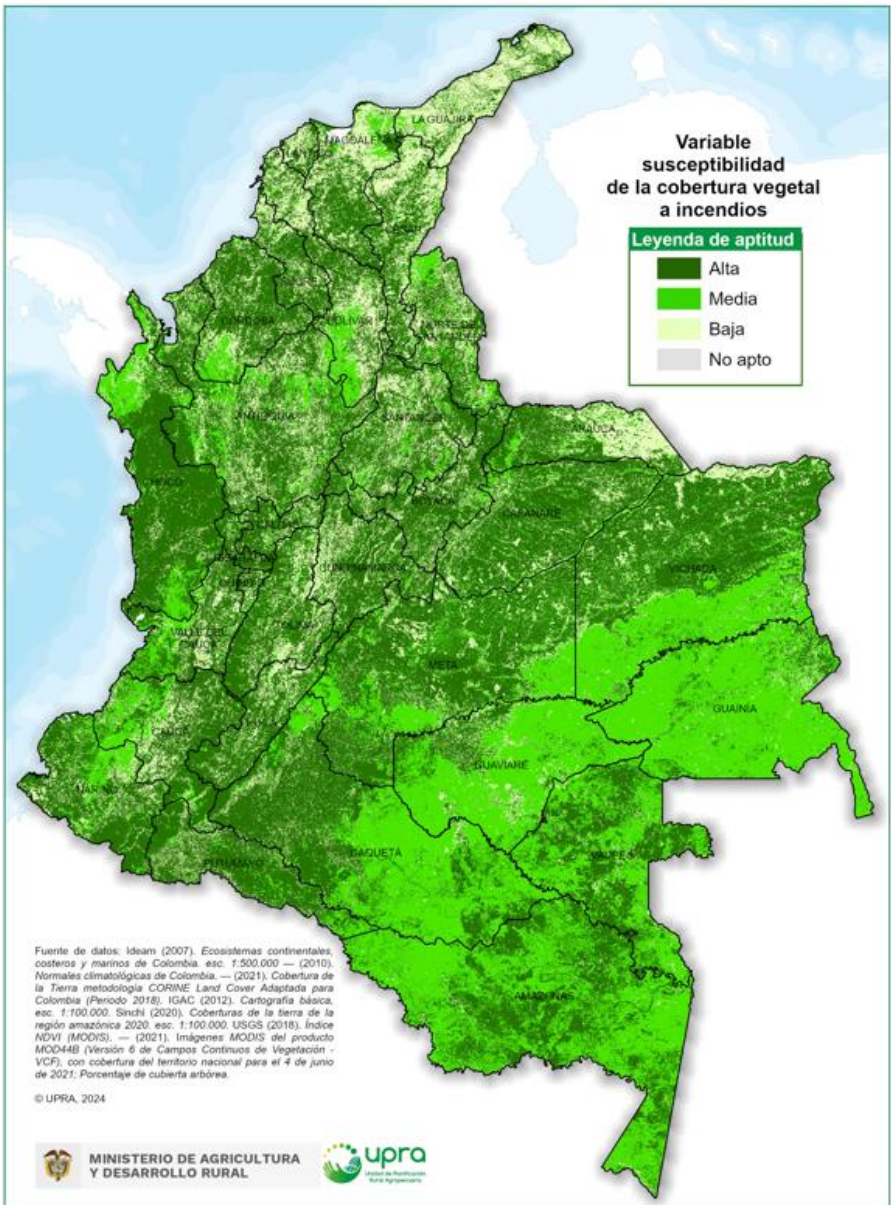


$$[(Tc * 0,35) + (Dc * 0,35) + (Cc * 0,30)]$$

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud por Condiciones de pirogenicidad de las coberturas para el cultivo de ahuyama

Descripción	Rango susceptibilidad	Aptitud
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja por condiciones bajas de pirogenicidad	0,3-2,35	Alta (A1)
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media por condiciones moderadas de pirogenicidad	2,35-5,6	Media (A2)
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta por condiciones altas de pirogenicidad	> 5,6	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígono de condición de pirogenicidad
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE AHUYAMA CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS 	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2007). Ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000 • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Normales climatológicas de Colombia. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (período 2018)	



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, escala 1:100.000 Ideam: Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá.
- Modis Web. (2021). 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. Alvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, Pnuma, Cali
- USGS (2018). Índice NDVI (MODIS)
- USGS (2021). Imágenes MODIS del producto MOD44B (versión 6 de campos continuos de vegetación - VCF), con cobertura del territorio nacional para el 4 de junio de 2021. Porcentaje de cobertura arbórea.

2.5.2. Variable *Influencia del fuego sobre los ecosistemas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios		
VARIABLE: Influencia del fuego sobre los ecosistemas	UNIDAD DE MEDIDA: Categorías de susceptibilidad total	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
De acuerdo con TNC (2006), citado por Páramo (2011) e Ideam (2011) «Los ecosistemas pueden describirse en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego.»		
Por lo general, los ecosistemas y los principales tipos de hábitat pueden clasificarse como pertenecientes a categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes, influidos por el fuego, sensibles o independientes del fuego, o como no combustibles.		
<i>Ecosistemas independientes del fuego.</i> se caracterizan porque el fuego juega un papel muy pequeño en la dinámica del ecosistema, es decir, son ecosistemas en los cuales no se requiere del fuego como un factor detonante para que se generen los mecanismos propios de sucesión.		
<i>Ecosistemas sensibles al fuego.</i> Corresponden a aquellos ecosistemas que no se han desarrollado con intervención del fuego como un proceso natural. Son altamente sensibles al fuego, ya que no están adaptados para resistir las quemadas, pero son más resistentes que los independientes del fuego.		
<i>Ecosistemas influidos por el fuego.</i> Estos ecosistemas se encuentran frecuentemente en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego, los sensibles al fuego o los independientes del fuego.		



Ecosistemas dependientes del fuego. El fuego es un proceso absolutamente esencial. En ellos las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y para facilitar su propagación, configurando regímenes que varían en frecuencia, intensidad e impacto.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los regímenes del fuego son esenciales para determinar si la influencia de un incendio, de origen natural o antrópico, puede ser beneficiosa, benigna o dañina para los ecosistemas y cómo operan sus diferentes atributos o características clave de adaptabilidad al fuego, dentro de un rango conocido o esperado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de esta variable, no se presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Al tener como 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 errores asociados a la escala cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso metodológico se basó en el análisis de cada una de las categorías definidas en el Mapa de Ecosistemas Continentales y Marinos de Colombia (Ideam et al., 2015) de acuerdo con las características que cada uno de los ecosistemas presentados pueden tener frente a la resistencia y adaptabilidad al fuego. Posteriormente, se desarrolló una reclasificación en términos de influencia del fuego teniendo en cuenta las tablas descritas por Páramo (2011).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Calificación de la variable influencia del fuego sobre los ecosistemas

Fuego	Bioma
Dependiente	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia
Independientes	Bioma insular del Caribe
	Halobioma del Caribe
	Halobiomas del Pacífico
	Helobioma de La Guajira
	Helobiomas andinos
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Helobiomas del Magdalena y Caribe
	Helobiomas del Pacífico y Atrato
	Helobiomas del Río Zulia
	Helobiomas del Valle del Cauca
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Orobioma alto de Santa Marta
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira
	Orobioma de La Macarena
	Orobioma de San Lucas



Influidos	Orobioma del Baudó y Darién
	Orobiomas altos de los Andes
	Orobiomas azonales de Cúcuta
	Orobiomas azonales del Río Sogamoso
	Orobiomas azonales del Valle del Patía
	Orobiomas azonales Río Dagua
	Orobiomas bajos de los Andes
	Orobiomas medios de los Andes
	Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Zonobioma alternohigríco y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
	Zonobioma alternohigríco y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca
	Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta
	Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia
	Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo
	Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe
	Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato
	Zonobioma seco tropical del Caribe
	Bioma insular del Caribe
	Halobioma del Caribe
	Halobiomas del Pacífico
	Helobiomas andinos
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Helobiomas del Magdalena y Caribe
	Helobiomas del Pacífico y Atrato
	Helobiomas del Río Zulia
	Helobiomas del Valle del Cauca
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Orobioma alto de Santa Marta
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira
	Orobioma de La Macarena
	Orobioma de San Lucas
	Orobioma del Baudó y Darién
	Orobioma medio de Santa Marta
	Orobiomas altos de los Andes
	Orobiomas azonales de Cúcuta
	Orobiomas azonales del Río Sogamoso
	Orobiomas azonales del Valle del Patía
	Orobiomas azonales Río Dagua
	Orobiomas bajos de los Andes
	Orobiomas medios de los Andes
	Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia
	Zonobioma alternohigríco y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
	Zonobioma alternohigríco y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca
	Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia
	Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo

		Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe
		Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato
		Zonobioma seco tropical del Caribe
No combustible/ Sin influencia		Halobioma del Caribe
		Halobiomas del Pacífico
		Helobioma de La Guajira
		Helobiomas andinos
		Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia
		Helobiomas del Magdalena y Caribe
		Helobiomas del Pacífico y Atrato
		Helobiomas del Río Zulia
		Helobiomas del Valle del Cauca
		Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia
		Orobioma alto de Santa Marta
		Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira
		Orobioma de La Macarena
		Orobioma de San Lucas
		Orobioma del Baudó y Darién
		Orobioma medio de Santa Marta
		Orobiomas altos de los Andes
		Orobiomas azonales de Cúcuta
		Orobiomas azonales del Río Sogamoso
		Orobiomas azonales del Valle del Patía
		Orobiomas azonales Río Dagua
		Orobiomas bajos de los Andes
		Orobiomas medios de los Andes
		Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia
		Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
		Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca
		Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta
		Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia
		Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo
		Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe
		Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato
		Zonobioma seco tropical del Caribe
Sensibles		Bioma insular del Caribe
		Halobioma del Caribe
		Halobiomas del Pacífico
		Helobioma de La Guajira
		Helobiomas andinos
		Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia
		Helobiomas del Magdalena y Caribe
		Helobiomas del Pacífico y Atrato
		Helobiomas del Río Zulia
		Helobiomas del Valle del Cauca



Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia
Orobioma alto de Santa Marta
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira
Orobioma de La Macarena
Orobioma de San Lucas
Orobioma del Baudó y Darién
Orobioma medio de Santa Marta
Orobiomas altos de los Andes
Orobiomas azonales de Cúcuta
Orobiomas azonales del Río Sogamoso
Orobiomas azonales del Valle del Patía
Orobiomas azonales Río Dagua
Orobiomas bajos de los Andes
Orobiomas medios de los Andes
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia
Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato
Zonobioma seco tropical del Caribe

Fuente: Elaboración propia, a partir de Páramo (2011).



Unidad de análisis	Polígonos de cobertura
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Instituto Sinchi). (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000, Comité de Comunicaciones y Publicaciones del Ideam., Bogotá • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH), Invemar, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Sinchi I. Sinchi e II AP (2015). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C., 276 p. + 37 hojas cartográficas. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (período 2018) • Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. In: Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Alvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, Pnuma, Cali	

2.6 Criterio Cambio de cobertura

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Cambio de cobertura		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
No contiene variables, se basa en la clasificación <i>Corine Land Cover</i> (CLC) adaptada para Colombia (Ideam, 2021) y biomas de Colombia. La unidad de medida corresponde a la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de ahuyama.		
DEFINICIÓN		
La cobertura de la tierra puede definirse como el recubrimiento biofísico que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005) y describe la vegetación y elementos antrópicos existentes sobre esta. La cobertura de la tierra y los cambios que ocurren dentro de ella, son fundamentales para un gran número de procesos físicos del cambio global. Este criterio es relevante para determinar la aptitud del territorio, debido a que es el resultado de la interacción de una serie de factores físicos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales que operan en diferentes escalas espaciales y temporales y que se correlacionan con procesos que ocurren a nivel de los ecosistemas y las poblaciones biológicas; cualquier tipo de cambio de cobertura que ocurra por diversas actividades humanas, inciden en cambios en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación, los flujos de materia y energía en los ecosistemas incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el ciclo hidrológico (Lambin y Geist 2006; Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos. Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente producido por el establecimiento del cultivo de ahuyama, 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 ahuyama, bajo una visión integral del territorio, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor y mayor impacto en la dinámica ecológica.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
Las exclusiones técnicas del criterio cambio de cobertura se definieron bajo los siguientes parámetros:		

A. Coberturas naturales y territorios artificiales que son incompatibles con el TUT:

1.1.1. Tejido urbano continuo	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	3.2.1.1.2.3. Arracachal
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.4.2.1. Áreas culturales	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
1.2.1.1. Zonas industriales	1.4.2.2. Áreas deportivas	3.2.2.1. Arbustal denso
1.2.1.2. Zonas comerciales	1.4.2.3. Áreas turísticas	3.2.2.2. Arbustal abierto
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo
1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3.3.1. Zonas arenosas naturales
1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3.3.1.1. Playas
1.2.4. Aeropuertos	3.1.1.1.2.3. Palmares	3.3.1.2. Arenales
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3.3.1.3. Campos de dunas
1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.3.2. Afloramientos rocosos
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	4.1.1. Zonas pantanosas
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	4.1.2. Turberas
1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	4.2.1. Pantanos costeros
1.3.1.3. Explotación de carbón	3.1.3. Bosque fragmentado	4.2.2. Salitral
1.3.1.4. Explotación de oro	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5.1.1. Ríos
1.3.1.6. Explotación de sal	3.1.4. Bosque de galería y ripario	5.2.1. Lagunas costeras
1.3.2. Zona de disposición de residuos	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	5.2.3. Estanques para acuicultura marina
1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
1.3.2.4. Relleno sanitario	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	5.1.3. Canales
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	5.1.4.1. Embalses
1.4.1.2. Parques cementerio	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

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



LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
Los limitantes se relacionan con la información básica a través de la cual se construyó este criterio, en primera instancia la "Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia", permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, sin embargo, 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).
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 sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como la actualización permanente de la información, facilitando así los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010). Para la construcción de este criterio también se hace uso de la información referente a biomas desarrollada en el Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam et al., 2017), a través de este análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan, como se observa en el esquema metodológico. Ambas fuentes de información se trabajan con una escala 1:100.000.
Figura 4. Esquema metodológico del criterio cambio de cobertura <pre>graph LR; A[Tabla del mapa de coberturas (Ideam 2021 & SINCHI 2020)] --> D[Revisión de principios]; B[Mapa de ecosistemas de Colombia (2017) (Selección de biomas)] --> D; D --> C[Calificación con experto]; C --> E[Exclusiones por el TUT]; E --> F[Mapa de cambio de cobertura];</pre>
El procesamiento incluye una unión de los insumos cartográficos nombrados con anterioridad, lo cual permite obtener polígonos de cobertura-bioma, que posteriormente son categorizados de acuerdo con su aptitud. Este procedimiento implica analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si por sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica), hacen favorable o no el establecimiento del cultivo de ahuyama. La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla:



Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
211 Otros cultivos transitorios	222 Cultivos permanentes arbustivos	221 Cultivos permanentes herbáceos
212 Cereales	233 Pastos enmalezados	222 Cultivos permanentes arbustivos
213 Oleaginosas y leguminosas	242 Mosaico de pastos y cultivos	223 Cultivos permanentes arbóreos
214 Hortalizas	2222 Café	224 Cultivos agroforestales
215 Tubérculos		225 Cultivos confinados
231 Pastos limpios		232 Pastos arbolados
241 Mosaico de cultivos		243 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
334 Zonas quemadas		244 Mosaico de pastos con espacios naturales
2122 Maíz		245 Mosaico de cultivos con espacios naturales
2131 Algodón		315 Plantación forestal
2134 Soya		2121 Arroz
2141 Cebolla		2123 Sorgo
2151 Papa		2211 Otros cultivos permanentes herbáceos
2212 Caña		2213 Plátano y banano
22121 Caña de azúcar		2221 Otros cultivos permanentes arbustivos
22122 Caña panelera		2222 Café
		2223 Cacao
		2224 Viñedos
		2231 Otros cultivos permanentes arbóreos
		2232 Palma de aceite
		2233 Cítricos
		2234 Mango
		2241 Pastos y árboles plantados
		2242 Cultivos y arboles plantados
		3151 Plantación de coníferas
		3152 Plantación de latifoliadas
		32112 Herbazal denso inundable
		321111 Herbazal denso de tierra firme no arbolado
		321112 Herbazal denso de tierra firme arbolado
		321113 Herbazal denso de tierra firme con arbustos
		321121 Herbazal denso inundable no arbolado
		321122 Herbazal denso inundable arbolado



En lo referente a las coberturas naturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que los herbazales densos de tierra firme no arbolados en algunos casos puntuales no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas con alguna categoría de aptitud. Por lo tanto, se calificaron con *aptitud baja (A3)* los herbazales densos de tierra firme no arbolados localizados en los biomas: Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia, litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, y peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia.

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 ahuyama, donde predominan las áreas de pastos limpios, los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como cereales, maíz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, zonas quemadas.	Alta (A1)
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de ahuyama, donde predominan pastos enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos, café, cultivos permanentes arbustivos.	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de ahuyama, donde predominan cultivos confinados, cultivos permanentes (arbóreos, herbáceos y arbustivos), mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales; mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaicos de pastos con espacios naturales, algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados, plantaciones forestales, palma de aceite.	Baja (A3)
Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de ahuyama, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados.	No apto (N1)

Unidad de análisis Polígonos de coberturas Corine Land Cover

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

Legenda de aptitud

- Alta
- Media
- Baja
- No apta

Fuente de datos: Ideam (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, esc. 1:100.000. - (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

© UPRA, 2024

CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Di Gregorio, A. (2005). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra-Conceptos de Clasificación y manual para el usuario. Roma, Italia: Food and Agriculture Organizations of the United Nations, 2005.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D. C., 72 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2007). Ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000
- Lambin, E. y Gesit, H. (2006). Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts. Springer-Verlag Berlín.



3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico

3.1. Criterio Infraestructura, bienes y servicios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 mayoristas, expresados en tiempo de desplazamiento en horas. - Centros de servicios, expresados en tiempo de desplazamiento en horas. - Conectividad terrestre y fluvial, expresada en distancia (m). - Cobertura de internet móvil, expresada en tecnología y número de antenas/10 km².		
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. Siendo aquellos, los que pueden ser utilizados por muchas personas simultáneamente sin que el consumo de uno afecte el de otro. Estos bienes son fundamentales para el desarrollo económico y social.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Incide en la percepción de los agentes económicos respecto 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 servicios. Regiones con mayores facilidades para la movilidad y capacidad técnica del aparato productivo, ofrecen mejores condiciones para que la producción agrícola se desarrolle en forma eficiente.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
No contar con información actualizada, ni con los datos del volumen transportado y/o comercializado.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Para las variables, que se representan con tiempo de desplazamiento como es el caso de los centros mayoristas y los centros de servicios, se utilizó la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el 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.

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 MinTransporte.

Para completar la superficie de desplazamiento a nivel nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías.

Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población.

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 mayoristas	Centros de servicios	Conectividad terrestre y fluvial	Cobertura internet móvil	Peso ponderado (%)
Infraestructura Bienes y Servicios	Centros mayoristas	1				42,9
	Centros de servicios	1	1			37,8
	Conectividad terrestre y fluvial	1/5	1/3	1		12,8
	Cobertura internet móvil	1/5	1/5	1/3	1	6,5



La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene en cuenta la valoración entre pares de variables:

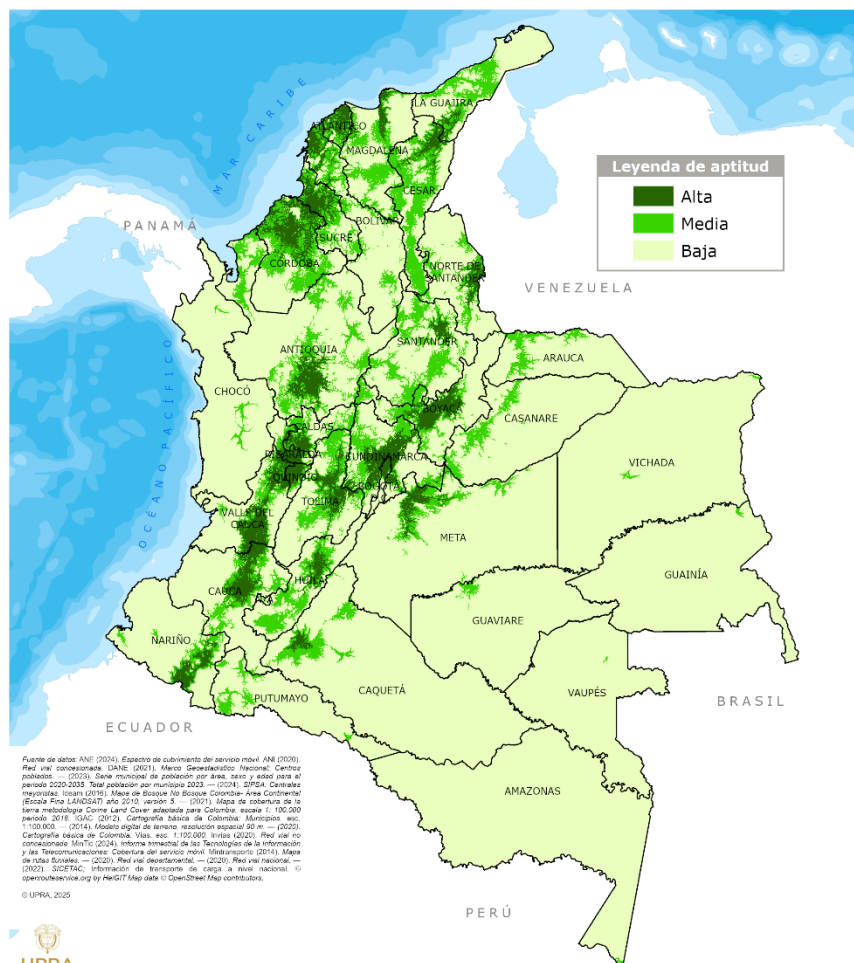
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia		Más importante		

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura, bienes y servicios	Centros mayoristas	Tiempo desplazamiento de en horas	< 1	1-2	> 2
	Centros de servicios	Tiempo desplazamiento de en horas	< 1	1-2	> 2
	Conectividad terrestre y fluvial	Distancia (metros)	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías	Resto
	Cobertura de internet móvil	Número de antenas / 10 km ²	> 2 antenas / 10 km ²	< 2 antenas / 10 km ²	Sin cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO INFRAESTRUCTURA DE BIENES Y SERVICIOS

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). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Agencia Nacional del Espectro (ANE) (2022). *Espectro de cubrimiento del servicio móvil.*
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2015). *Puertos concesionados.*
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada.*
- 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.*
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. Proyección de población 2018-2023, total municipal por área.*



- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023). *Serie municipal de población por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035. Total población por municipio 2023*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2024). *Sipsa: Centrales mayoristas*.
- Gobernación de Antioquia (2020). *Registros básicos y complementarios de la información rural*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2014). *Temperatura media anual promedio multianual periodo 1981-2010*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2016). *Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5. Bogotá*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). *Mapa de cobertura de la tierra metodología CORINE Land Cover (adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (periodo 2018)*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Cartografía básica de Colombia: municipios, escala 1:100.000. Bogotá*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 30 m*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000. Bogotá*.
- Instituto Nacional de Vías (Invias) (2020). *Red vial no concesionada*.
- MinTic (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones; cobertura del servicio móvil*.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá*.
- Mintransporte (2020). *Red vial departamental*.
- Mintransporte (2020). *Red vial nacional*.
- Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (Sicetac) (2020). *Información de transporte de carga a nivel nacional, © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors. Bogotá, Colombia: Mintransporte*

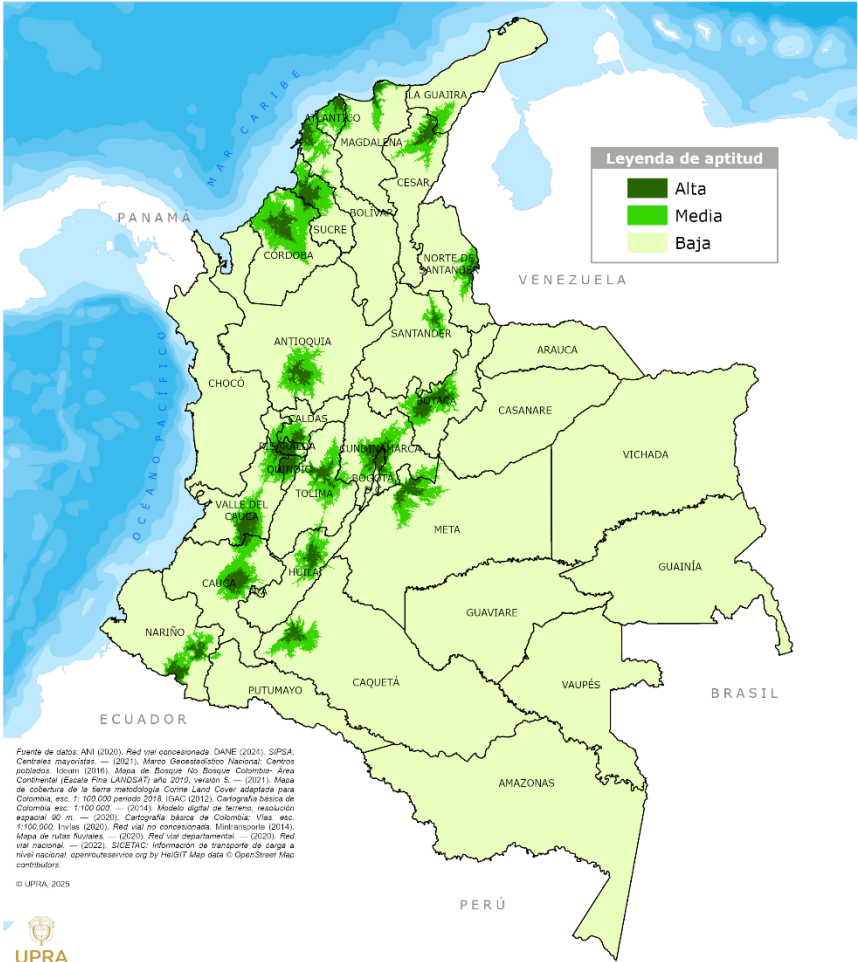
3.1.1. Variable Centros mayoristas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Centros mayoristas	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Son establecimientos comerciales que compran y venden grandes volúmenes de mercancías a precios reducidos, principalmente a minoristas y comerciantes. Su función principal es actuar como intermediarios en la cadena de suministro, facilitando el acceso a una amplia variedad de productos.		
Los centros mayoristas son cruciales para el comercio, promoviendo la eficiencia en la distribución y la accesibilidad a productos en el mercado.		



IMPORTANCIA DE LA VARIABLE								
Son la principal forma de abastecimiento de los distintos tipos de alimentos y de diferentes productos que en ella se encuentran. Facilitan al productor el acceso desde cualquier punto de las fincas del país a la comercialización, favoreciendo su cercanía, en cuanto a costos de los productos.								
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								
No existe información de volúmenes ingresados/transados/comercializados a los centros de abastecimientos y, por lo tanto, la representación cartográfica no permite identificar los de mayor importancia para la comercialización de la ahuyama.								
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN								
Información. Centrales mayoristas de abasto (2023). Base de datos.								
Precisiones de la información. A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.								
Análisis de la consistencia y preparación de la información. Se usaron los insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.								
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).								
<table><tr><th>Tiempo de desplazamiento en horas</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>< 1</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>1 - 2</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>> 2</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>	Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud	< 1	Alta (A1)	1 - 2	Media (A2)	> 2	Baja (A3)
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud							
< 1	Alta (A1)							
1 - 2	Media (A2)							
> 2	Baja (A3)							



Unidad de análisis		Tiempo de desplazamiento en horas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		
 Fuente de datos: ANI (2020). Red vial concesionada. DANE (2025). SIPSA: Centrales mayoristas — (2021). Marco Geoestadístico Nacional: Centros poblados. Ideam (2016). Mapa de Bosque No Bosque Colombia: Área Continental (Escala Fina Landsat) año 2010, versión 5. — (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodológica Corine Land Cover adaptada para Colombia, esc. 1:100.000 periodo 2018. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia esc. 1:100.000 — (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. — (2020). Cartografía básica de Colombia: Vías, esc. 1:100.000. Invia (2020). Red vial no concesionada. Minitransporte (2014). Mapa de rutas fluviales. — (2020). Red vial departamental. — (2020). Red vial nacional. — (2022). SICETAC: Información de transporte de carga a nivel nacional. openrouteservice.org by HERE Map data © OpenStreet Map contributors. © UPRIA, 2025 CRITERIO INFRAESTRUCTURA DE BIENES Y SERVICIOS Variable Centrales mayoristas		
FUENTES DE INFORMACIÓN		
• Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). <i>Red vial concesionada</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. Proyecciones de población 2018-2023. Total municipal por área</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021). <i>Marco geoestadístico nacional, centros poblados</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2024). Sipsa: centrales mayoristas • Centros mayoristas de abasto (2023). Base de datos • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2016). <i>Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5</i>. Bogotá.		



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología CORINE Land Cover (adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (periodo 2018).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). Método digital de terreno, resolución espacial 90 m. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia, vías. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias) (2020). Red vial no concesionada.
- MinTransporte (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá.
- Mintransporte (2020). Red vial departamental.
- Mintransporte (2020). Red vial nacional.
- Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (Sicetac) (2020). Información de transporte de carga a nivel nacional, © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors. Bogotá, Colombia: Mintransporte

3.1.2. Variable Centros de servicios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 del cultivo de ahuyama.		
El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción comercial de ahuyama, al facilitar el acceso a bienes y servicios necesarios para el productor.		
La accesibilidad hace referencia al tiempo de desplazamiento, el cual viene determinado por la oferta y el estado de las redes de transporte terrestre, y de la distancia entre dos puntos, uno de ellos el centro de servicios (tomando como referencia la cabecera municipal). Zonas más cercanas a los centros de servicios, son más competitivas que aquellas más distantes o con vías en mal estado o sin vías de acceso.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
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. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2018). Total población del municipio proyectada a 2023.		



Precisiones de la información.

A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

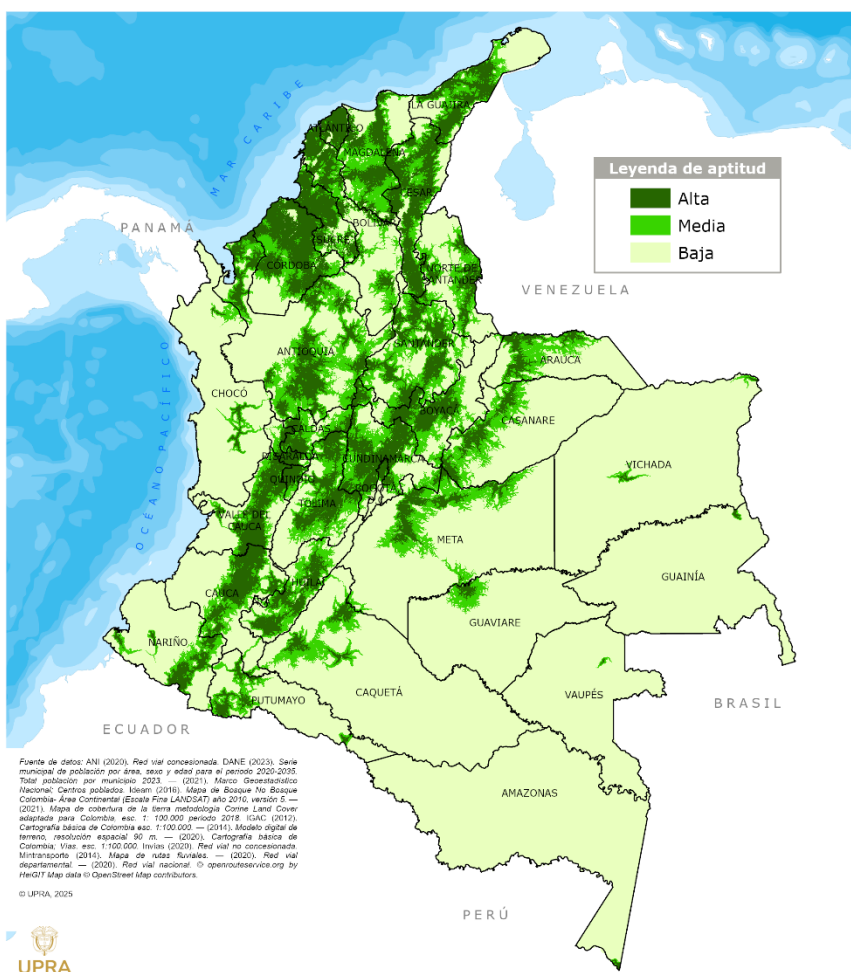
Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se usaron los insumos de las vías y de las coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: ANI (2020). Red vial concesionada. DANE (2023). Serie municipal de población por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035. Total población por municipio 2023. — (2021). Marco geoestadístico Nacional. Centros poblados. Ideam (2016). Mapa de Bosque No Bosque Colombia: Área Continental (Escala Fina Landsat) año 2010, versión 5. — (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, esc. 1:100.000 periodo 2018. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia esc. 1:100.000. — (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. — (2020). Cartografía básica de Colombia: Vías, esc. 1:100.000. Invia (2023). Red vial no concesionada. MINTTRANS (2014). Mapa de rutas fluviales. — (2020). Red vial departamental. — (2020). Red vial nacional. © openrouteservice.org by HERE® Map data © OpenStreetMap contributors. © UPRA, 2025 CRITERIO INFRAESTRUCTURA DE BIENES Y SERVICIOS Variable Centros de servicios	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). <i>Red vial concesionada</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>Censo Nacional de Población y Vivienda- CNPV 2018. Proyecciones de población 2018-2023. Total municipal por área</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023). Serie municipal de población por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035. Total población por municipio 2023. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). <i>Marco geoestadístico nacional, centros poblados</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2016). <i>Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5</i>. Bogotá.	



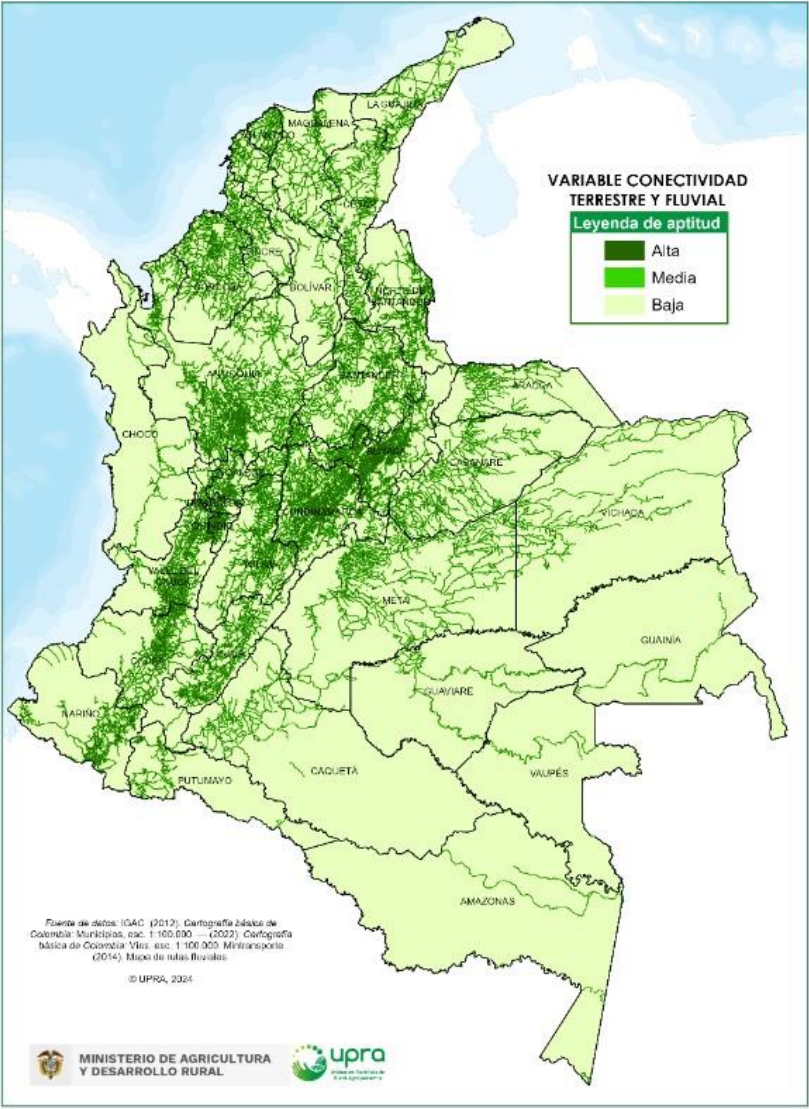
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología CORINE Land Cover (adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (periodo 2018).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). Método digital de terreno, resolución espacial 90 m. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). Red vial no concesionada. Bogotá.
- MinTransporte (2014). Mapa de tramos fluviales. Bogotá.
- MinTransporte (2020). Red vial departamental. Bogotá.
- MinTransporte (2020). Red vial nacional. Bogotá.
- Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga (Sicetac) (2020). Información de transporte de carga a nivel nacional, © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors. Bogotá, Colombia: Mintransporte.

3.1.3. Variable Conectividad terrestre y fluvial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
VARIABLE: Conectividad terrestre y fluvial	UNIDAD DE MEDIDA: Distancia en metros	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la capacidad de conexión y acceso que tienen diferentes áreas mediante redes de transporte y vías fluviales. Esta conectividad es crucial para la movilidad de personas y mercancías, y para el desarrollo económico y social de una región.		
La conectividad terrestre se refiere a la red de infraestructuras que facilita el transporte por tierra. Incluye todos los caminos y rutas que permiten el movimiento de vehículos, personas y mercancías, mientras que la conectividad fluvial se refiere a la red de vías navegables que permite el transporte de bienes y personas a través de ríos, canales y otros cuerpos de agua. Es especialmente importante en regiones donde el transporte terrestre es menos viable o más costoso.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La conectividad facilita el comercio al permitir el movimiento eficiente de bienes y servicios. Mejora el acceso a mercados y reduce los costos de transporte; permite a las comunidades acceder a servicios esenciales, mercados, y oportunidades de empleo. Adicionalmente, conecta diferentes regiones, fomentando la cooperación y el desarrollo regional. Facilita el intercambio cultural y económico entre áreas urbanas y rurales.		
La conectividad fluvial es una alternativa más ecológica al transporte terrestre, reduciendo la huella de carbono y el impacto ambiental. Una red bien conectada facilita la respuesta rápida en situaciones de emergencia, como desastres naturales o crisis de salud.		
Influyen significativamente en la eficiencia económica, la accesibilidad y el desarrollo regional. Una red		



de transporte bien planificada y mantenida contribuye al crecimiento sostenible y a la mejora de la calidad de vida en las comunidades conectadas.								
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 principal limitante es que la cartografía básica con la que se trabaja puede no tener la actualización necesaria, para reflejar el verdadero estado de las vías y por ende podría no contarse con el detalle que garantice la óptima información para la construcción de la misma.								
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN								
Información. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000.								
Precisiones de la información. Se utilizan las vías, clasificadas por el IGAC y el Invias de la siguiente manera, hasta la categoría 5.								
1. <i>Vías primarias.</i> Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Carretera pavimentada con revestimiento duro (concreto) o flexible (asfalto). Transitable durante todo el año. 2. <i>Vías secundarias.</i> Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o afirmado. Son vías transitables todo el año. 3. <i>Vías terciarias.</i> Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias. 4. <i>Placa huella.</i> Vía con placa-huella presenta un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular. 5. <i>Camino.</i> Camino o sendero de adecuación vial generalmente rural, por el cual transitan principalmente peatones y animales. La superficie no tiene pavimento ni afirmado.								
Análisis de la consistencia y preparación de la información. Se tomó como base la información de la estructura vial nacional del IGAC, con su correspondiente clasificación, según las características de las vías que allí se identifican sobre el territorio.								
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).								
<table><tr><th>Distancia (metros)</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>Resto</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>	Distancia (metros)	Aptitud	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías	Alta (A1)	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías	Media (A2)	Resto	Baja (A3)
Distancia (metros)	Aptitud							
Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías	Alta (A1)							
Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías	Media (A2)							
Resto	Baja (A3)							

Unidad de análisis	Distancia (metros)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA CRITERIO INFRAESTRUCTURA DE BIENES Y SERVICIOS  Fuente de datos: IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: municipios, escala 1:100.000. Bogotá. Fuente de datos: IGAC (2022). Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000. Bogotá. Fuente de datos: Ideam (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra Bogotá. Fuente de datos: MinTransporte (2014). Mapa de rutas fluviales. Fuente de datos: OAS (2017). Navegación fluvial en Colombia. Recuperado de: <www.oas.org/navegacionfluvialencolombia> © UPR, 2024 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL 	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2022). Cartografía básica de Colombia: vías, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam) (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra Bogotá. • MinTransporte (2014). Mapa de rutas fluviales. • OAS. (2017). Navegación fluvial en Colombia. Recuperado de: <www.oas.org/navegacionfluvialencolombia>	



3.1.4. Variable Cobertura de internet móvil

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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	
	Restricción técnica	
	Restricción legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la extensión geográfica en la que los usuarios pueden acceder a servicios de internet a través de redes móviles, como 3G, 4G LTE, y 5G. La cobertura puede variar significativamente dependiendo de varios factores y tiene un impacto importante en la conectividad y el acceso a la información para las personas y las empresas.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La cobertura de internet móvil es un aspecto esencial para el acceso a servicios digitales y la conectividad general. Mejorar esta cobertura implica abordar desafíos tecnológicos, económicos y regulatorios para garantizar que las personas en todas las regiones puedan beneficiarse de los servicios móviles. La creciente necesidad de comunicación en tiempos más cortos y entre puntos remotos, ha posicionado la comunicación móvil como la principal forma de intercambio y tránsito de datos de forma inalámbrica, lo que permite a las comunidades acceder de forma más inmediata a información que, en algunos casos, puede advertir sobre alguna situación de emergencia en una zona determinada, comunicar y compartir datos gráficos y alfanuméricos, realizar planeación territorial gracias al acceso a datos de geolocalización, entre otros diversos usos de consulta que optimizan y contribuyen a la mejora de procesos, productos y servicios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La elección del ancho de banda de Kernel responde a criterios cartográficos, entendiéndose que, a mayor ancho de banda, los resultados son más suavizados y generalizados, y a menor ancho de banda, hay mayor detalle en el mapa. Igualmente, la temporalidad de la información dado el avance en la ampliación de cobertura y el desarrollo de nuevas tecnologías.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Agencia Nacional de Espectro (ANE) (2024). Espectro del cubrimiento del servicio móvil.		



MinTIC (2023). *Informe trimestral de las Tecnologías de la información y las Telecomunicaciones-Tercer trimestre 2023*. Cobertura del servicio móvil.

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:

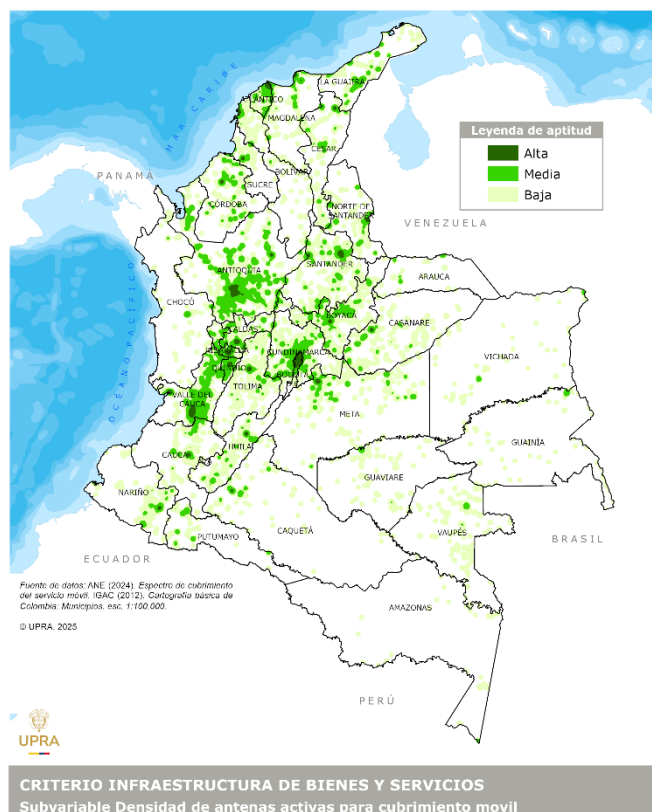
Se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga del cubrimiento de antenas de servicio móvil disponible en el Visor de Espectro a cargo de la Agencia Nacional de Espectro. Allí se realizó la consulta del cubrimiento para todo el país, obteniéndose una base datos espacializable 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 km².

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 (/10 km ²)	Calificación
Alto	> 2 antenas	A1
Medio	< 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

Se siguieron los siguientes pasos:

Para la construcción de esta subvariable se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga de la tabla de *Información trimestral de cobertura municipal del servicio móvil* del informe trimestral de las TIC, la cual contiene la información de cobertura del servicio móvil desagregada por municipio/centro y por tipo de tecnología y/o generación móvil (2G, 3G, HSPA y LTE).

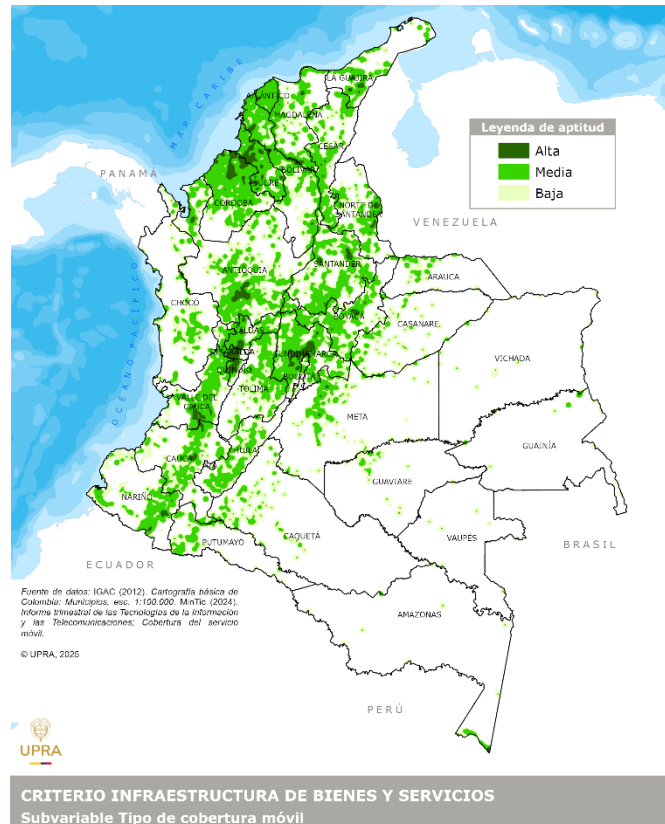
Con dicha información se realizó el enlace de información a la capa de centros poblados del DANE (2021); posteriormente, se halló el centroide de cada centro poblado con el objetivo de realizar un análisis de densidad apropiado, y se eligió la densidad de Kernel con la finalidad de obtener una distribución del cubrimiento nacional por tipo de tecnología. Para el análisis de densidad de Kernel, se utilizaron los siguientes parámetros de población según la tecnología: $A1 = 100$, $A2 = 50$, $A3 = 10$; y ancho de banda de Kernel de 10 km^2 .

Los valores de densidad hallados se calificaron mediante una clasificación por intervalos geométricos de tres niveles:



Tipo de cobertura	Rango	Calificación
Alto	Tecnología HSPA y LTE	A1
Medio	Tecnología 3G	A2
Bajo	Tecnología 2G-Sin cobertura	A3

Se generó la siguiente salida gráfica:



Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para generar el mapa de la variable, se realizó una integración de las dos subvariables mediante una matriz de ponderación aritmética en el cual la subvariable tipo de cobertura móvil reporta un peso del 70% y la subvariable densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil reporta un peso del 30 %.

Subvariable	Densidad de antenas activas para 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



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

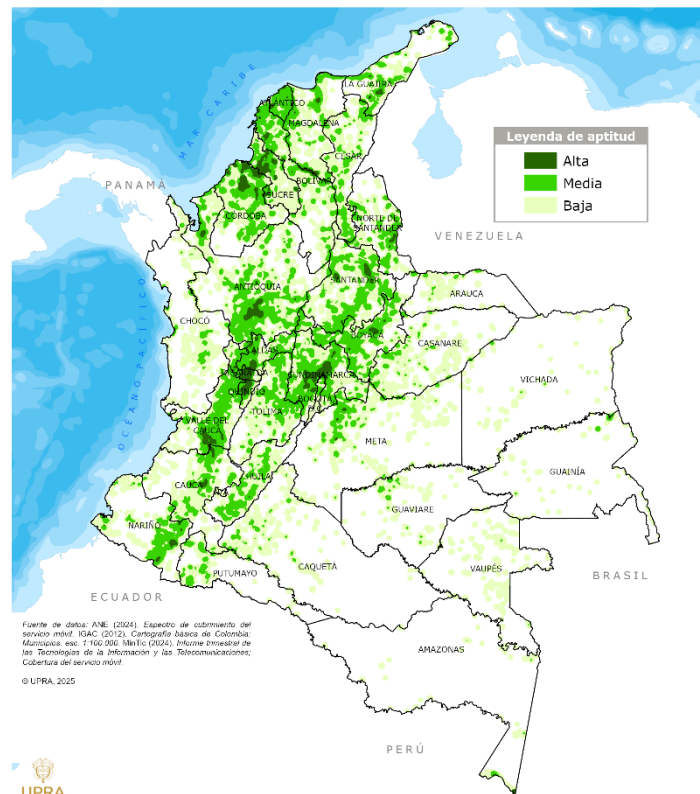
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tecnología y número de antenas/10 km ²	Aptitud
> 2 antenas	Alta (A1)
< 2 antenas	Media (A2)
Sin cobertura	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tecnología y número de antenas/10 km²

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



Fuente de datos: ANE (2024). Espectro de cubrimiento del servicio móvil. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipal, esc. 1:100.000. MinTic (2024). Informe trimestral de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones. Cobertura del servicio móvil.

© UPRA 2025



CRITERIO INFRAESTRUCTURA DE BIENES Y SERVICIOS
Variable Cobertura de internet móvil

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional del Espectro (ANE) (2024). *Espectro del cubrimiento del servicio móvil*. Recuperada de <https://espectro-co.ane.gov.co/> en el módulo Cubrimiento-visor del espectro cubrimiento.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia; municipios*, escala 1:100.000. Bogotá
- MinTic (2024). *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>.



3.2. Criterio Infraestructura productiva

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 predios. - Producción municipal, expresada en municipios.		
DEFINICIÓN		
Conjunto de bienes y recursos ubicados dentro de una región, que se articulan en busca de aumentar la productividad y competitividad de los emprendimientos productivos, mejorando así las condiciones de los habitantes de la zona. En el caso del cultivo de ahuyama, esto se entiende como la facilidad para la producción, que incluye infraestructura adecuada, acceso a tecnología, capacitación de los productores, y redes de distribución eficaces. Todo esto contribuye a optimizar el proceso productivo, aumentar la calidad del producto y asegurar un mercado estable, lo que a su vez promueve el desarrollo económico y social de la comunidad.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Incide en la percepción positiva de la infraestructura específica del sistema productivo no solo facilita la ubicación estratégica de los cultivos y el acceso a mercados, sino que también impulsa la inversión en procesamiento y transformación, lo cual es crucial para mejorar la productividad del sector agrícola. La infraestructura adecuada actúa como un catalizador para la eficiencia y el crecimiento, beneficiando tanto a los productores como a las economías locales.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
No se cuenta con información de predios georreferenciados, ni de plantas de procesamiento.		
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 realizó teniendo en cuenta el máximo de las variables existencia de predios y producción municipal, es decir, manteniendo el calificativo más alto de competencia.		



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

[illegible]



FUENTES DE INFORMACIÓN
- Alcaldía de Medellín (2020). <i>Registro 1 de la base catastral rural</i>. - Alcaldía de Santiago de Cali (2020). <i>Registro 1 de la base catastral rural</i>. - Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). <i>Registros 1 y 2 de la base catastral</i>. - Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). <i>Información sin asociación con la base catastral rural</i>. - Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). <i>Registros 1 y 2 de la base catastral</i>. - Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) (2024). <i>Predios con explotaciones de ahuyama 2020-2023</i>. - Catastro Distrital Bogotá (2020). <i>Información predial de la base catastral rural</i>. - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). <i>Censo nacional agropecuario, Upas con ahuyama. Bogotá</i>. - Gobernación de Antioquia (2020). <i>Registro básico y complementario de la base catastral rural</i>. - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) (2020). <i>Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá</i>. - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). <i>Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000. Bogotá</i>. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). <i>Cartografía básica de Colombia, vías escala 1:100.000. Bogotá</i>. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). <i>Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Bogotá</i>. - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2019). <i>Evaluaciones agrícolas municipales-EVA</i> - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). <i>Áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias versión 11</i>. - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). <i>Evaluaciones municipales 2019-2023; frontera agrícola nacional, producción del cultivo de ahuyama</i>.

3.2.1. Variable Existencia de cultivos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 ahuyama 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 de ahuyama, 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 predios con cultivo de ahuyama, se consideran más competitivos porque ya ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad.		
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
En la actualidad no existen registros de predios con cultivo de ahuyama 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
Información. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). Censo nacional agropecuario: Upas con predios que declaran tener cultivo de ahuyama. 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. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohfrucol) (2017-2024). Predios georreferenciados con cultivo de ahuyama. Catastro Distrital Bogotá (2020). Información predial jurídica, física y económica. Gobernación de Antioquia (2020). Predial rural Antioquia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Base catastral, registros 1 y 2. Precisiones de la información. Predios georreferenciados a partir de los centroides de las UPA que reportan tener cultivos de ahuyama de acuerdo con la información del Censo Nacional Agropecuario, pregunta 46 y su colindante excluyendo de estos últimos, los que cumplan con las siguientes características: Todos aquellos predios con las siguientes características en la base de datos catastral serán A3. - 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. 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, realizando el supuesto de que las coordenadas del centroide le corresponden al predio con el que cruza. Una vez identificados los predios donde se ubican los cultivos de ahuyama, se procedió a marcar en aptitud alta (A1) estos predios y sus colindantes se marcaron como aptitud media (A2).



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

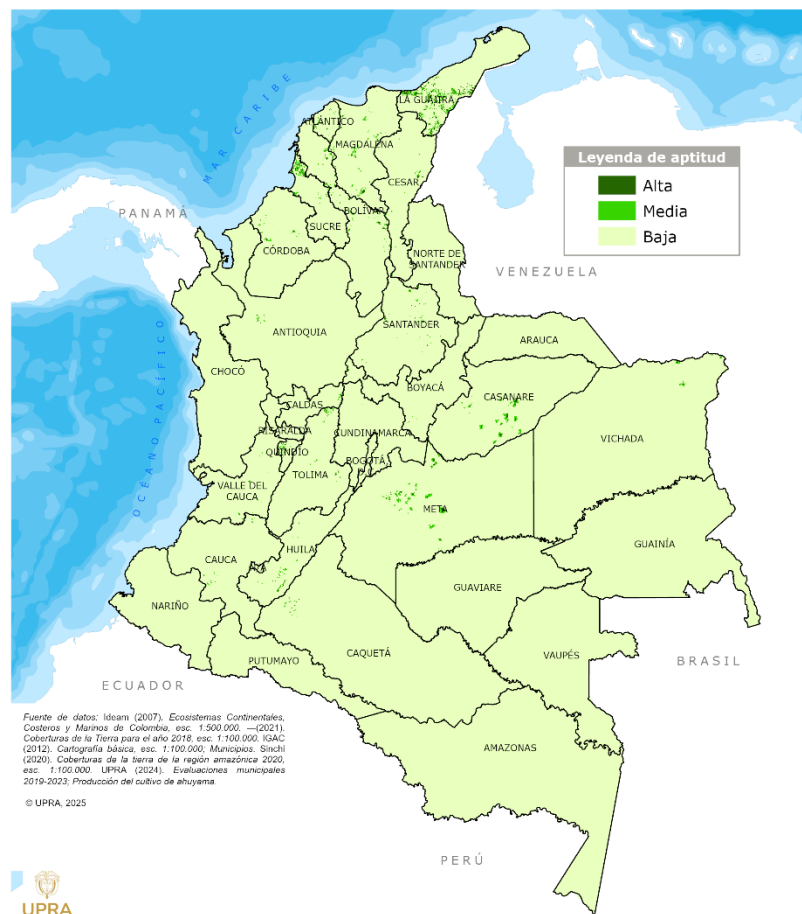
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Predios	Aptitud
El predio con cultivo de ahuyama	Alta (A1)
El colindante al predio con cultivo	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis

Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA
Variable Existencia de cultivos

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 rural.



- 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 rural.
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) (2024). Predios con explotaciones de ahuyama 2020 - 2023
- Catastro Distrital de Bogotá (2020). Información predial de la base catastral rural.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). Censo Nacional Agropecuario. Upas con predios que declaran tener cultivos de ahuyama
- Gobernación de Antioquia (2022). Registro básico y complementario de la base catastral rural.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000*. Municipios.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- *MinAgricultura* (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales-EVA*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). Áreas para el mercado de tierras agropecuarias-V11.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Frontera agrícola nacional

3.2.2. Variable Producción municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura productiva		
VARIABLE: Producción municipal	UNIDAD DE MEDIDA: toneladas/año	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Se considera como la producción municipal de ahuyama a los registros anuales de producción reportados en las evaluaciones agropecuarias (EVA), los cuales representan la dinámica productiva en un municipio respecto a este producto.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en el análisis de la competitividad para el desarrollo de la producción de cultivos y sirve como un indicador de la oferta municipal existente de producción anual, ya que los registros de producción proporcionan datos valiosos sobre el rendimiento y la capacidad del sector agrícola.		
La producción municipal del cultivo de ahuyama es indispensable para el desarrollo económico, social y ambiental de las comunidades. Esto contribuye a un crecimiento sostenible y a la mejora de la calidad de vida de los productores.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
La variable no presenta valor de exclusión N1		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
En el análisis de la variable, no hay límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Evaluaciones Agropecuarias EVA. (2024). Producción total anual de ahuyama. 2019 - 2023		



Precisiones de la información.

Se relaciona la producción municipal promedio reportada entre los años 2019 a 2023 con los deslindes municipales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para efectos del análisis de la variable, se tomaron los valores reportados, se espacializaron y se realizó una clasificación por intervalos geométricos de 3 clases.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

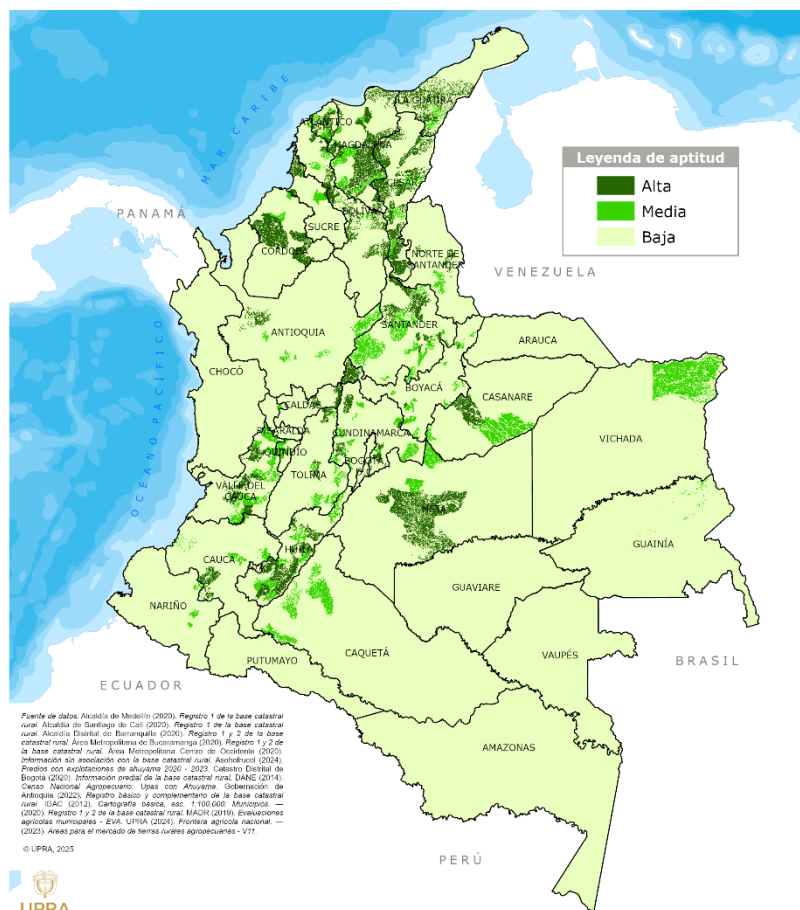
El rango de evaluación del indicador de la variable es:

Toneladas/año	Aptitud
> 163	Alta (A1)
2-163	Media (A2)
< 2	Baja (A3)

Unidad de análisis

Toneladas/año

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA
Variable Producción municipal



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Municipios. • Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000 • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Coberturas de la tierra para el año 2018, escala 1:100.000 • MinAgricultura (2024). Evaluaciones Agropecuarias EVA 2019 - 2023. Producción total anual • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Evaluaciones municipales 2019-2023; producción del cultivo de ahuyama.



3.3. Criterio Asociatividad e institucionalidad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 de productores, expresadas en tiempo de desplazamiento en horas. • Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea), expresadas en tiempo de desplazamiento en horas. • Gremio, expresado en tiempo de desplazamiento en horas. • Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento en horas. • ICA, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.		
DEFINICIÓN		
Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del cultivo comercial de ahuyama, cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación de la actividad productiva.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada, así como la articulación de productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector agrícola en el territorio. Una mayor oferta institucional del orden nacional y asociatividad favorecen el acceso a los avances de investigación, manejo fitosanitario y fortalecimiento organizacional del sector. Una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecerá mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal, contribuye a mejorar la competitividad del cultivo comercial de ahuyama.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
No se cuenta con información actualizada de las asociaciones registradas ni el número de asociados; igualmente, información reciente sobre apertura o cierre de sedes de entidades o registro de nuevas Epsea.		
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN		
Para cada una de las variables se utilizó la metodología de isócronas empleadas por la UPRA proceso, en el 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.

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 MinTransporte.

Para completar la superficie de desplazamiento a nivel nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías.

Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población.

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología *AHP* (Analytics Hierarchy Process), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software *PriEsT* (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Asociaciones de productores	Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)	Gremio	Agrosavia	ICA	Pesos ponderados (%)
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones de productores	1					44,3
	Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)	1/3	1				25,8
	Gremio	1/3	1/3	1			16,6
	Agrosavia	1/5	1/3	1/3	1		8,7
	ICA	1/5	1/5	1/5	1/3	1	4,6

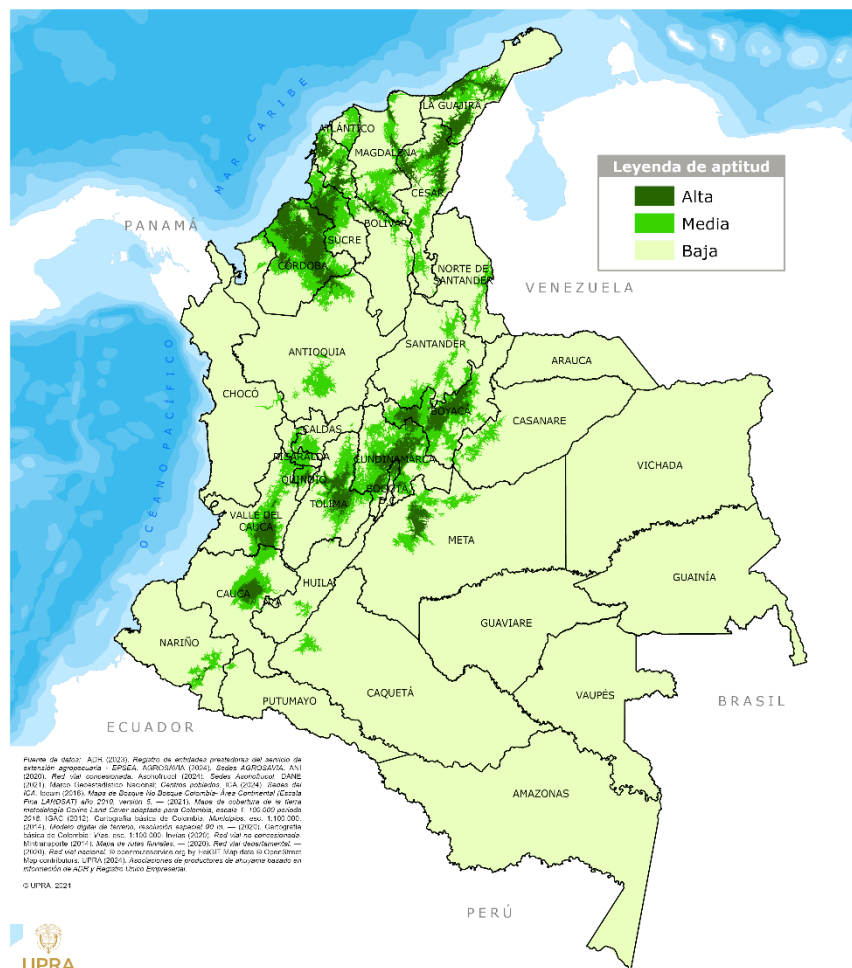
La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociaciones de productores	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia de Desarrollo Rural (ADR). (2023). *Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria-Epsea*. Bogotá.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2019). *Ubicación de las sedes de Agrosavia*. Bogotá.
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2019). *Sedes de Asohofrucol*. Revista frutas y hortalizas No. 68. Bogotá.
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). Mapa de Bosque No Bosque Colombia. Área continental (escala Fine Landsat) año 2010 versión 5
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Mapa de cobertura de la tierra, metodología Corine Land Cover (adaptada para Colombia), escala 1:100.000, periodo 2028.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2021). *Sedes del ICA*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.
- Invias. (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Asociaciones de productores de ahuyama, basado en información de ADR y Registro Único Empresarial.

3.3.1 Variable Asociaciones de productores

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO ASOCIADO: Asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: Asociaciones de productores	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Son organizaciones formadas por un grupo de productores que se unen para colaborar en la mejora de sus actividades económicas, compartir recursos, conocimientos, y alcanzar objetivos comunes. Sus miembros incluyen pequeños agricultores, agricultores familiares y productores rurales. Estas asociaciones pueden incluir agricultores, ganaderos, pescadores, artesanos y otros tipos de productores.		
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.		
Las asociaciones de productores son fundamentales para fortalecer la capacidad económica y mejorar la calidad de vida de sus miembros. A través de la cooperación, brindan beneficios como acceso a mercados, formación en gestión, información, tecnologías y servicios de extensión sobre prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, también enfrentan desafíos que deben gestionarse para garantizar su éxito y sostenibilidad. En conjunto, ofrecen oportunidades que los productores no podrían alcanzar individualmente en el mercado.		

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								
No se cuenta con información actualizada de las asociaciones registradas ni del número de beneficiarios.								
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN								
Información. Agencia de Desarrollo Rural (ADR) (2023). Asociaciones de productores de ahuyama. Registro Único Empresarial y social (RUES) (2023). Base de datos de asociaciones. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) (2023). Asociaciones de productores de ahuyama. Precisiones de la información. A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPR, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales. Análisis de la consistencia y preparación de la información. 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.								
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).								
<table><tr><th>Tiempo de desplazamiento en horas</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td>< 1</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>1 - 2</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>> 2</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>	Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud	< 1	Alta (A1)	1 - 2	Media (A2)	> 2	Baja (A3)
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud							
< 1	Alta (A1)							
1 - 2	Media (A2)							
> 2	Baja (A3)							



Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD Variable asociaciones de productores	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Agencia de Desarrollo Rural (ADR) (2023). Asociaciones de productores de ahuyama. • Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). <i>Red vial concesionaria</i> • Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023). Asociaciones de productores de ahuyama. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>Marco geoestadístico nacional. Centros poblados</i>. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). Mapa de <i>Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5. Bogotá</i>.	



- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. Bogotá
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). Red vial no concesionada.
- MinTransporte. (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). Red vial departamental. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). Red vial nacional. Bogotá
- Registro Único Empresarial y social (RUES). (2023). Asociaciones de productores de ahuyama.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Asociaciones de productores de ahuyama, basado en información de ADR y Registro Único Empresarial.

3.3.2. Variable Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 legal	
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 otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación de que trata el artículo 33 de la Ley 1876 de 2017.		
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, con un acompañamiento integral a los productores, que incrementen sus índices de productividad y competitividad.		
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									
Temporalidad de la información, debido a que se están habilitando las Epsea en diferentes zonas a lo largo del tiempo; dependiendo de la entidad u organización que se habilite, tiene una cobertura geográfica diferente a la isócrona.									
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN									
Información. Agencia de Desarrollo Rural (ADR). (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria- Epsea. Precisiones de la información. A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales. Análisis de la consistencia y preparación de la información. Se usaron los insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.									
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).									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo de desplazamiento en horas</th><th>Aptitud</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 1</td><td>Alta (A1)</td></tr> <tr> <td>1 - 2</td><td>Media (A2)</td></tr> <tr> <td>> 2</td><td>Baja (A3)</td></tr> </tbody> </table>		Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud	< 1	Alta (A1)	1 - 2	Media (A2)	> 2	Baja (A3)
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud								
< 1	Alta (A1)								
1 - 2	Media (A2)								
> 2	Baja (A3)								



Unidad de análisis		Tiempo de desplazamiento en horas	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE			
Fuente de datos: ADR (2023). Entidades del Servicio de extensión Agropecuaria - EPSEA (Diciembre 31 de 2023). ANI (2020). Red vial concesionada. DANE (2021). Marco Geoestadístico Nacional. Centros poblados. Ideam (2016). Mapa de Bosque No Bosque Colombia- Área Continental (Escala Fina Landsat) año 2010, versión 5. — (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, esc. 1:100.000 periodo 2018. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia esc. 1:100.000. — (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. — (2020). Cartografía básica de Colombia, Vías, esc. 1:100.000. Inivas (2020). Red vial no concesionada. Mitransporte (2014). Mapa de rutas fluviales. — (2020). Red vial departamental. — (2020). Red vial nacional. © openrouteservice.org by HERE Map data © OpenStreetMap contributors. © UPRA, 2025 UPRA			
CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD Variable entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria - EPSEA			
FUENTES DE INFORMACIÓN			
• Agencia de Desarrollo Rural (ADR) (2023). <i>Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria-Epsea (diciembre 31 de 2023)</i>. Bogotá. • Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). <i>Red vial concesionada</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). <i>Marco geoestadístico nacional. Centros poblados</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). <i>Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5)</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). <i>Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018</i>. Bogotá.			



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.3.3. Variable Gremio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO ASOCIADO: Asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: Gremio	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Asohofrucol es la organización gremial y agroempresarial que representa los intereses de los productores colombianos de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos, plantas aromáticas, especias o medicinales; adicionalmente, tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal y administra el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Representa los intereses de los productores hortofrutícolas de Colombia, entre ellos el cultivo de la ahuyama; fomenta el mejoramiento productivo y competitivo de sus agronegocios, contribuyendo con el desarrollo rural integral del país.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Asohofrucol no cuenta con presencia de sedes físicas en todo el territorio colombiano. Se optó por la isócrona pero la cobertura podría ser más amplia; normalmente tiene oficinas en capitales de departamentos pero mayor cobertura al departamento.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) (2022). Sedes de Asohofrucol.		



Precisiones de la información.

A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

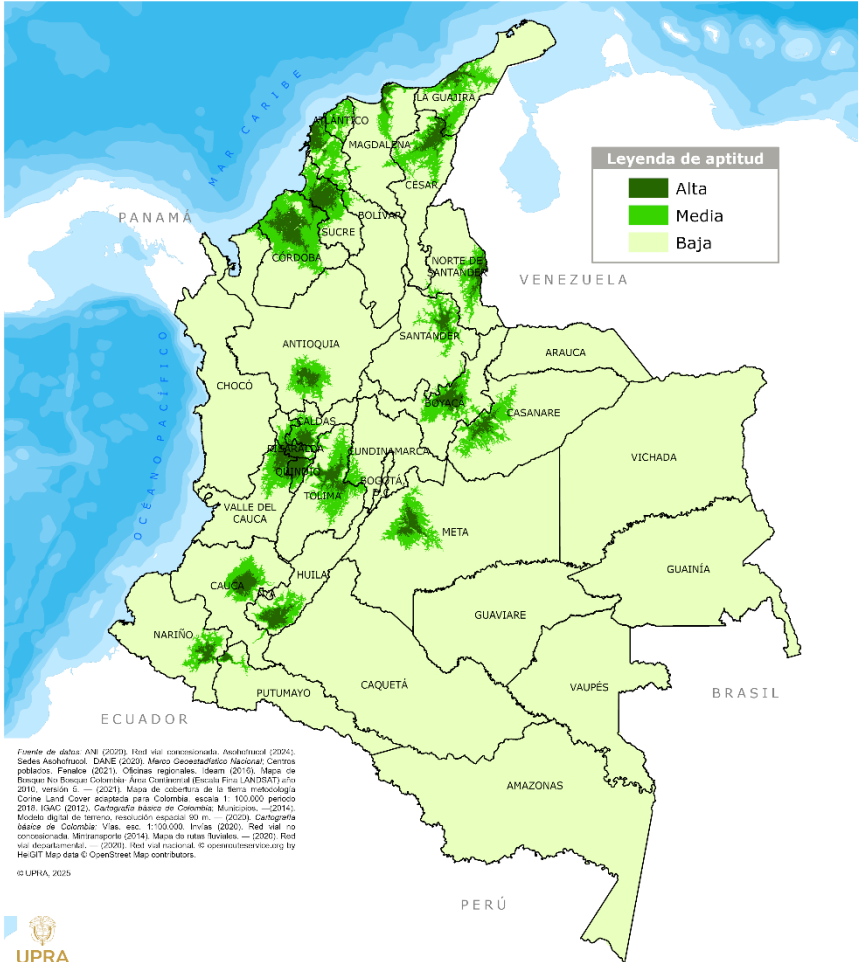
Se usaron los insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)



Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Legenda de aptitud - Alta - Media - Baja Fuente de datos: ANI (2020). Red vial concesionada. Andelintecol (2024). Sedes Asohofrucol. DANE (2020). Marco Geoestadístico Nacional. Centros poblados. Fenalce (2021). Oficios regionales. Ideam (2016). Mapa de Bosque no bosque en Colombia: Área Continental (Escala Fina Landsat) año 2010, versión 5. — (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018. ISAC (2012). Cartografía básica de Colombia. Municipios. — (2014). Rótulo digital de terreno, resolución espacial 90 m. — (2020). Cartografía básica de Colombia: Vías, esc. 1:100.000. Inviás (2020). Red vial no concesionada. Mintransporte (2014). Mapa de redes Novatec. — (2020). Red vial departamental. — (2020). Red vial nacional. © geonuminteractiva by GeoIT Map data © OpenStreet Map contributors. © UPR, 2025 CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD Variable Gremio	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). <i>Red vial concesionada</i>. Bogotá. • Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2022). <i>Sedes de Asohofrucol</i> • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). <i>Marco geoestadístico nacional. Centros poblados</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). <i>Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5)</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). <i>Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018</i>. Bogotá.	

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.3.4 Variable Agrosavia

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
Dentro de las principales limitantes es que no hay sedes de Agrosavia en todo el territorio Nacional, y en algunas donde si los hay es posible que no se tengan servicios o información pertinente para ahuyama.		



METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) (2023). Centros de investigación.

Precisión de la información.

A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se usaron los insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1- 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	

Leyenda de aptitud

- Alta
- Media
- Baja

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2023). *Ubicación de los centros de investigación*. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). *Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5)*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). *Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional*. Bogotá

3.3.5 Variable ICA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
Contribuye al desarrollo sostenible del sector agrícola mediante la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos en la producción comercial de cultivos. Esto permite a los productores acceder a asesoría sobre el manejo fitosanitario, buenas prácticas agrícolas e inspección y control de la producción de semillas certificadas, entre otros aspectos. Como resultado, se logran mayores niveles de productividad y una mejor calidad en los cultivos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
El ICA tiene presencia en todo el territorio nacional, pero la cobertura de sus sedes no necesariamente coincide con las isócronas.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2023). Oficinas del ICA. Precisión de la información. A través de la metodología de isócronas empleadas por la UPR, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales. Análisis de la consistencia y preparación de la información. Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta		



asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

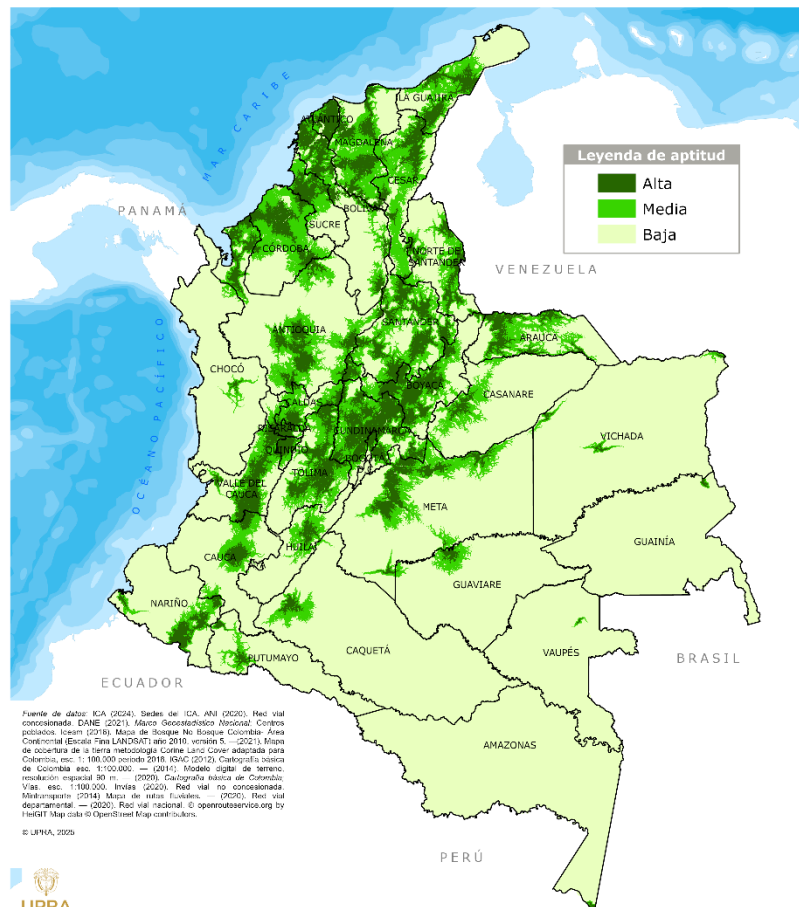
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1 - 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD
Variable ICA



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). <i>Red vial concesionada</i>. Bogotá. • Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2023). <i>Ubicación de los centros de investigación</i>. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). <i>Marco geoestadístico nacional. Centros poblados</i>. Bogotá. • Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2023). <i>Oficinas del ICA</i>. Bogotá • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2016). <i>Mapa de Bosque no bosque en Colombia, área continental (escala fina Landsat año 2010 V5</i>. Bogotá. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2021). <i>Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo 2018</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). <i>Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). <i>Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). <i>Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000</i>. Bogotá. • Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). <i>Red vial no concesionada</i>. Bogotá. • MinTransporte. (2014). <i>Mapa de rutas fluviales</i>. Bogotá. • MinTransporte. (2020). <i>Red vial departamental</i>. Bogotá. • MinTransporte. (2020). <i>Red vial nacional</i>. Bogotá.

3.4 Criterio *Dinámica del mercado de tierras*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
• <i>Tamaño predial rural</i>, expresado en hectáreas (ha). • <i>Avalúo catastral rural</i>, expresado en millones de COP\$ /ha. • <i>Arriendo rural</i>, expresado en miles de COP\$ /ha/año. • <i>Tendencia a la formalidad</i>, expresada en predios.		
DEFINICIÓN		
Se analizan las características de los predios en relación con la dinámica del uso de la tierra, utilizando variables que permiten entender tanto la capacidad como las limitaciones del acceso a la tierra para la producción de ahuyama. Esto incluye el tamaño de los terrenos, las condiciones de arrendamiento y los precios de los predios, empleando el avalúo catastral como un indicador de tendencias y formalidad. El objetivo es identificar áreas clave para focalizar posibles inversiones en el desarrollo de esta 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» (Artículo 5, Resolución 128 de 2017 de MinAgricultura).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra (a través de compra o arriendo) para el desarrollo rentable de la actividad productiva, además de entregar una presunción de predios que puedan brindar seguridad al acceso de derechos de propiedad, orientando a un nuevo actor, de sus posibilidades de acceso a tierra o a los ya propietarios con tierras insuficientes, para que puedan ampliar sus áreas productivas y ser más competitivos. Un productor busca predios económicos, de un buen tamaño para la actividad, con formalidad jurídica y que no tenga la presión del cambio de uso a usos urbanos, buscando disminuir la posibilidad de incurrir en mayores costos para desarrollar su actividad productiva.		
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 <i>proxi</i> que, a pesar de haber sido indexado a través de un índice para dejar todos los municipios en la vigencia 2020, parte de información desactualizada en la mayoría de estos.		

Asimismo, la desactualización de la información catastral limita los análisis realizados de formalidad, ya que una de las fuentes de información son los registros 1 y 2 de los catastros nacionales, que deben 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

Con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron aquellos identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias en su última versión para la vigencia 2023, clasificándolos en *aptitud baja* (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario y diferenciarlos de los que a partir del análisis de cada una de las variables de este criterio por sus características de avalúo, tamaño, arriendo o presunta formalidad están en aptitud baja (A3).

Estos condicionamientos legales, permiten establecer, donde es permitido, condicionado-restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la Ley, no se pueden desarrollar actividades pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable.

Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Los condicionantes aquí 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:
• 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

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	Tendencia la formalidad	Arriendo	Avalúo	Ponderación de las variables (%)
Dinámica de mercado de tierras	Tamaño	1				45,20
	Tendencia la formalidad	1	1			36,60
	Arriendo	1/5	1/3	1		12,40
	Avalúo	1/7	1/5	1/3	1	5,80

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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

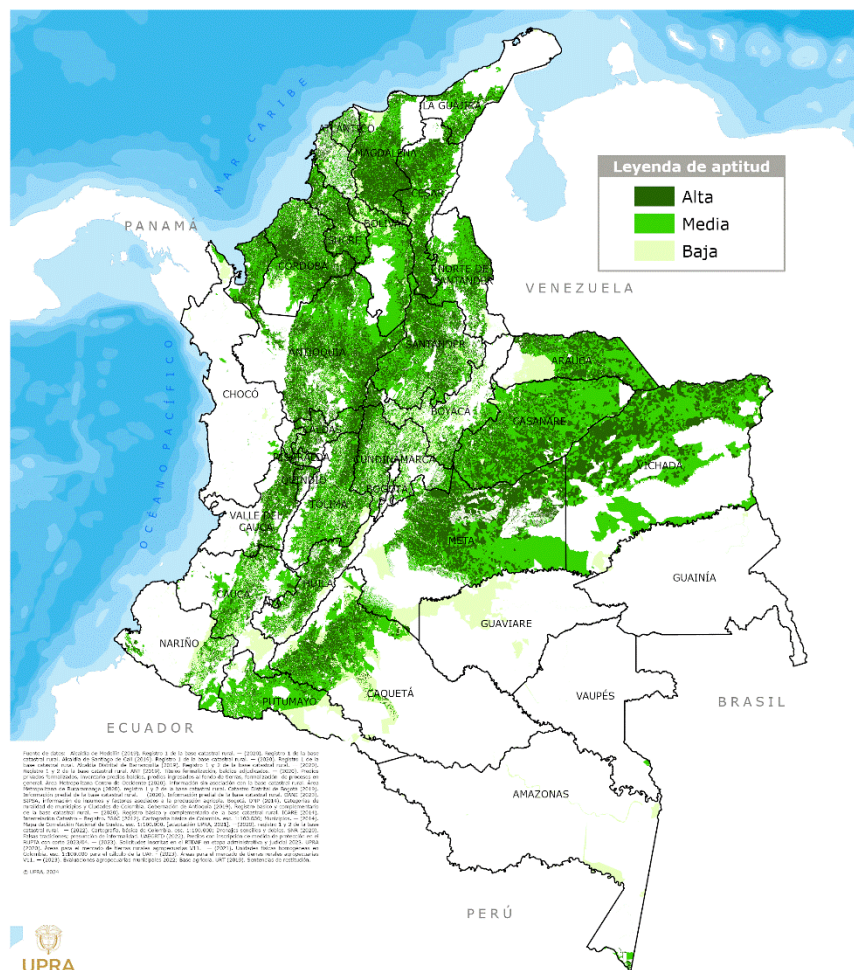
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD



Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Tamaño predial rural	Hectáreas (ha)	Predios cuyo tamaño presentan las mejores condiciones para la generación de excedentes al productor.	Predios cuyo tamaño tiene una condición moderada para la generación de excedentes para el productor.	Predios cuyo tamaño restringen la generación de excedentes al productor y requiere acceso a más de una unidad predial
Avalúo catastral rural	Millones de COP/ha	< 2,2	2,2 - 10	> 10, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos
Arriendo rural	Miles de COP/ha/año	< 400	400-1.000	> 1.000
Tendencia a la formalidad	Predios	Con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad.	-	Con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios con inscripción en el RUPTA

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Alcaldía de Medellín (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- 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.*
- Agencia Nacional de Tierras (ANT) (2019). *Títulos formalización, baldíos adjudicados, Bogotá.*
- Agencia Nacional de Tierras (ANT) (2020). *Predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general.*
- Catastro Distrital Bogotá (2019). *Información predial de la base catastral rural.*
- Catastro Distrital Bogotá (2020). *Información predial de la base catastral rural.*



- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023). Sipsa. *Sistema de información de precios*. Información de insumos y factores asociados a la producción agrícola. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2014). Registro básico y complementario de la base catastral rural.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000, (adaptación UPRA, 2021)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2021). Unidades básicas homogéneas en Colombia, escala 1:100.000
- Interrelación catastro-registro (Icare) (2014). Interrelación catastro-registro
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2022). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; drenajes sencillos y dobles*
- Superintendencia de Notariado y Registro (SNR). (2020). *Falsas tradiciones, presunción de informalidad*. Bogotá.
- Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD) (2023). *Solicitudes de inscripción en el registro de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente, en caso administrativo y judicial*.
- Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (Uaegrtld). (2022). Predios con inscripción de medida de protección en el Rupta.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias versión 11*. Bogotá
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). Evaluaciones agropecuarias 2022. Base agrícola
- Unidad de Restitución de Tierras (URT) (2019). Sentencias de restitución.

3.4.1 Variable *Tamaño predial*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Tamaño predial	UNIDAD DE MEDIDA: Hectáreas (ha)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Superficie de terreno en rangos definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad para la producción de ahuyama y las dimensiones consideradas apropiadas para una productividad competitiva. Para efectos de la evaluación de tierras, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural.		

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite que un nuevo actor o uno que tiene tierra insuficiente pueda evidenciar dónde los tamaños prediales podrían ser apropiados para el desarrollo de la actividad productiva y dónde se dificultaría. Esta actividad requiere de extensiones prediales pequeñas, por lo que podrían tener facilidad de acceso relacionada con la distribución predial actual del país.
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).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La fuente de información para la medición de la variable es la base predial del IGAC y de catastros descentralizados, que en muchos municipios del país están desactualizadas y en 80 de ellos no se cuenta con información catastral. Las áreas registradas en el catastro en la mayoría de casos corresponden a las indicadas en los títulos de dominio, bajo la figura de cuerpo cierto y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
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. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Base catastral, registros 1 y 2. • UPRA (2021). Mapa de zonas homogéneas físicas _ UAF. Precisión de la información. Para la definición del tamaño tipo de los predios rurales a nivel municipal, se tuvieron en cuenta únicamente los predios con destino económico agropecuario, sin condicionante legal que impida su explotación económica y de propiedad privada. Análisis de la consistencia y preparación de la información. Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron teniendo en cuenta el cálculo de las áreas mínimas requeridas para que la actividad se realice de manera productiva, que además se comportan de manera representativa en el actual desarrollo de la actividad existente en el país, para lo cual se contó con el concepto de profesionales vinculados al proceso productivo y de especialistas, estos últimos revisaron estructuras de costos como base para determinar los excedentes rentables a partir de datos de rendimiento y precios de venta, que permitieron determinar un área mínima y una esperada para una producción rentable, para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados, se

validaron los rangos propuestos cruzando los predios con la actividad evidenciados para existencia de cultivos, 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.

Una vez determinado el tamaño, se realizó un ajuste dependiendo del valor potencial según el tipo de unidad física homogénea, identificando así de acuerdo con esta condición un diferencial en las áreas para cada uno de los rangos de aptitud, aumentando los tamaños requeridos entre más bajo sea el valor potencial.

Se aplican los 13 índices obteniendo los mismos diferenciales de tamaños prediales para cada una de las aptitudes, se anota que para la apreciación improductiva la aptitud en todos los casos será de *aptitud baja* (A3). Dicho proceso se trabajó según el siguiente cuadro y con base en el mapa de zonas homogéneas físicas para Colombia de la metodología de actualización de la UAF, realizada por la entidad.

La base del cálculo de áreas para el cultivo a las que se aplica el ajuste es la siguiente:

A1: Mayor a 4,6 hectáreas

A2: Entre 1,6 y 4,6 hectáreas

A3: Menor a 1,6 hectáreas

Apreciación	Rangos (VP) sobre 100 puntos	Número para expresar el valor potencial	Índice por VP
Excelente	85-100	92	1,0
Muy buena	77-84	80	1,3
Buena	70-76	73	1,4
Moderadamente buena	64-69	67	1,5
Moderadamente buena a mediana	59-63	61	1,6
Mediana	53-58	55	1,8
Mediana regular	47-52	49	2,0
Regular	41-46	44	2,3
Regular a mala	35-40	38	2,6
Mala	24-34	30	3,3
Mala a muy mala	19-26	23	4,3
Muy mala	11-18	17	5,9
Improductiva	<11	6	17

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:



Predios (hectáreas)		Aptitud
Predios cuyo tamaño presentan las mejores condiciones para la generación de excedentes al productor		Alta (A1)
Predios cuyo tamaño tiene una condición moderada para la generación de excedentes para el productor		Media (A2)
Predios cuyo tamaño restringen la generación de excedentes al productor y requiere acceso a más de una unidad predial		Baja (A3)
Unidad de análisis		Predios (ha)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS VARIABLE TAMAÑO PREDIAL RURAL Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja *Áreas fuera del mercado de tierras Fuente de datos: 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), registro 1 y 2 de la base catastral rural; Área Metropolitana de Bucaramanga (2020), registro 1 y 2 de la base catastral rural; Área Metropolitana Centro de Occidente (2020), información en asociación con la base catastral rural; Catastro Distrital de Bogotá (2020), información predial de la base catastral rural; Gobernación de Antioquia (2020), registro básico y complementario de la base catastral rural; IGAC (2012), Cartografía básica, esc. 1:100.000; Municipios. —(2020) registro 1 y 2 de la base catastral rural; UPRRA (2021), Unidades físicas homogéneas en Colombia, esc. 1:100.000. —(2023). Áreas para el mercado de tierras agropecuarias V11. © UPRRA, 2024 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL uprra		

FUENTES DE INFORMACIÓN
- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). <i>Registro 1 y 2 de la base catastral rural.</i> - Alcaldía de Medellín (2020). <i>Registro 1 base de datos catastral.</i> - Alcaldía de Santiago de Cali (2020). <i>Registro 1 de la base catastral rural.</i> - Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). <i>Registro 1 y 2 base catastral rural.</i> - Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). <i>Información sin asociación con la base catastral rural.</i> - Catastro Distrital Bogotá (2020). <i>Información predial de la base catastral rural.</i> - Gobernación de Antioquia (2020). <i>Registro básico de y complementario de la base catastral rural.</i> - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios.</i> Bogotá. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). <i>Base Catastral, Registros 1 y 2.</i> Bogotá. - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). <i>Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias última versión.</i> Bogotá. - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021). <i>Metodología para el cálculo de la unidad agrícola familiar por unidades físicas homogéneas a escala municipal. Mapa de zonas homogéneas físicas.</i>

3.4.2 Variable Arriendo rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 definido. Para efectos de la variable, se establece su valor por pesos 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 evitando realizar inversiones en compra de predios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		



En la actualidad el país no cuenta con información organizada, georreferenciada y publica 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 9550 datos, ubicados en 151 municipios que corresponden a 23 departamentos, levantados en el periodo 2013-2024, 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

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 agropecuaria y el nivel de abastecimiento de alimentos en las ciudades.

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)

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Dentro del proceso de supervisión y análisis de la información de Sipsa_P se cuenta con una serie de actividades y de acompañamientos aleatorios para detectar comportamientos especiales o atípicos que produzcan variaciones en la información de precios. Con esto se busca ejecutar y garantizar el control de calidad de la información.

El comportamiento de la dinámica en arriendos muestra que, a mejor calidad de la tierra y menor disponibilidad a su acceso para ser arrendada, el canon tiende a ser mayor; es decir, a menor oferta y mayor calidad de suelo, mayores precios de arriendo, comportamiento que no se relaciona directamente con el precio de la tierra sino más bien con la rentabilidad del producto para la cual se requiere.

En el país es común que se dé la figura del arrendamiento para la producción agrícola; sin embargo, dada la dificultad de acceso a tierra y especialmente por los elevados costos de adquisición de esta, se observa con frecuencia esta forma de acceso a la tierra, además de otras figuras que sin ser por definición las mismas, si constituyen otros mecanismos de acceso a tierra como la asociación, la participación, entre otros, que permite al productor y al dueño de la tierra realizar esta actividad productiva de manera rentable para ambos.

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 2023, con el fin de determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades agrícolas, 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. 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 UPR y los productores visitados en las validaciones realizadas en territorio.



Se tomaron de la base del SIPSA, todos los datos de arriendos para actividades agrícolas, unificándolos en hectárea por año. Posteriormente, se realizó el proceso de definición de rangos para todos los municipios reportados en SIPSA, construyendo como resultado del análisis de estos, 18 rangos relacionados directamente con los datos reportados de pendiente y agua, los cuales se muestran a continuación:

No.	Rangos de valor de arriendo anual en COP/ha	
1.1.1	Hasta \$200.000	
1.1.2	> \$ 200.000	Hasta \$300.000
1.2.1	> \$300.000	Hasta \$400.000
1.2.2	> \$400.000	Hasta \$500.000
2.1.1	> \$500.000	Hasta \$600.000
2.1.2	> \$600.000	Hasta \$700.000
2.1.3	> \$ 700.000	Hasta \$ 800.000
2.1.4	> \$800.000	Hasta \$900.000
2.1.5	> \$900.000	Hasta \$1.000.000
2.2.1	> \$1.000.000	Hasta \$1.200.000
2.2.2	> \$1.200.000	Hasta \$1.500.000
3.1.1	> \$1.500.000	Hasta \$2.000.000
3.1.2	> \$2.000.000	Hasta \$2.500.000
3.2.1	> \$2.500.000	Hasta \$3.000.000
3.2.2	> \$3.000.000	Hasta \$3.500.000
4.1.1	> \$3.500.000	Hasta \$ 4.000.000
4.1.2	> \$4.000.000	Hasta \$ 4.500.000
4.1.3	> \$4.500.000	

Para realizar la georreferenciación de los datos y basados en los datos originales se realizaron las siguientes clasificaciones: Para los datos relacionados con la pendiente, se llevó a cabo una reclasificación¹ para buscar su equivalencia con las fases de pendiente del mapa correlacionado de suelos del IGAC de la siguiente manera (IGAC, 2014):

Dato SIPSA	Clasificación final
Plano	Pendiente del (0-7) fases (a-b)
Plano inclinado	Pendiente del (7-12) fase (c)
Inclinado ondulado	Pendiente del (12-25) fase (d)
Quebrado pendiente	Pendiente mayor del (25) fases (e-f-g)

Para los datos relacionados con el agua, se realizó una equivalencia con la base cartográfica de drenajes, de la siguiente manera:

Dato SIPSA	Clasificación
------------	---------------

¹ La reclasificación de las pendientes de la información original de SIPSA, se realizó con apoyo del experto de suelos del componente físico del grupo de zonificación de la UPRA.

Con agua	Polígonos prediales que cruzan con drenajes contenidos en la base cartográfica nacional.
Sin agua	Polígonos prediales que no cruzan con drenajes contenidos en la base cartográfica nacional.

Para realizar la proyección de los datos existentes a todos los municipios, 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 únicamente en las zonas incluidas y condicionadas del mercado de tierras, contenidas en el mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias en su última versión.

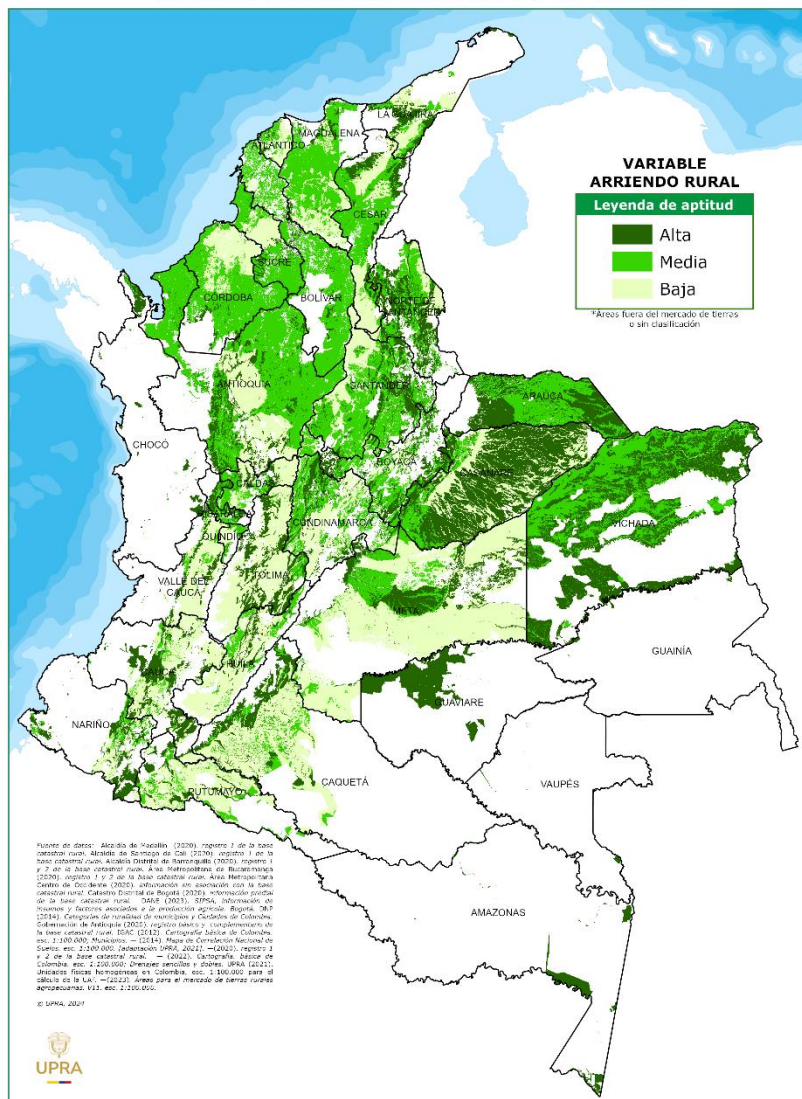
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
400-1.000	Media (A2)
> 1.000	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de COP/ha/año
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- 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 de la base catastral rural*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2023). *Sipsa. Sistema de información de precios. Información de insumos y factores asociados a la producción agrícola*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2014). *Categorías de ruralidad de municipios y ciudades de*



Colombia.

- Gobernación de Antioquia (2020). *Registro básico de y complementario de la base catastral rural*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000, (adaptación UPRA, 2021)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2022). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; drenajes sencillos y dobles*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2021). *Unidades físicas homogéneas en Colombia, escala 1:100.000 para el cálculo de UAF*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias versión 11*. Bogotá
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). *Evaluaciones agropecuarias 2022. Base agrícola*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-última versión*. Bogotá.

3.4.3. Variable Avalúo catastral rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 (Resolución 0070 de 2011 del IGAC). Esta variable se utiliza como un <i>proxi</i> 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.		
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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

A la fecha, el país no cuenta con información compilada de precios comerciales del suelo a nivel nacional, por lo que se deben utilizar como un *proxi* de esta, los avalúos catastrales, que si bien es cierto no pueden dar una información directa de precios, si muestran una tendencia de estos. La UPRA, a 2023 cuenta con precios comerciales de referencia escala 1:100.000 para suelos rurales agropecuarios en 415 municipios del país, en 18 departamentos, que cubren aproximadamente 31 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

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.
 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica escala 1:100.000.
 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Base catastral, registros 1 y 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.

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 índice 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 para el cultivo de ahuyama 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 en predios con reporte de existencia de cultivo de ahuyama 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 pequeños 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, artículo 2 numeral 22211.

Rangos de avalúos del mapa nacional.

Rango
< 0,5
0,5 - 1
1 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 25
25 - 30
30 - 35
35 - 40
40 - 50
50 - 60
60 - 70
70 - 80
80 - 90
90 - 100
> 100

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.



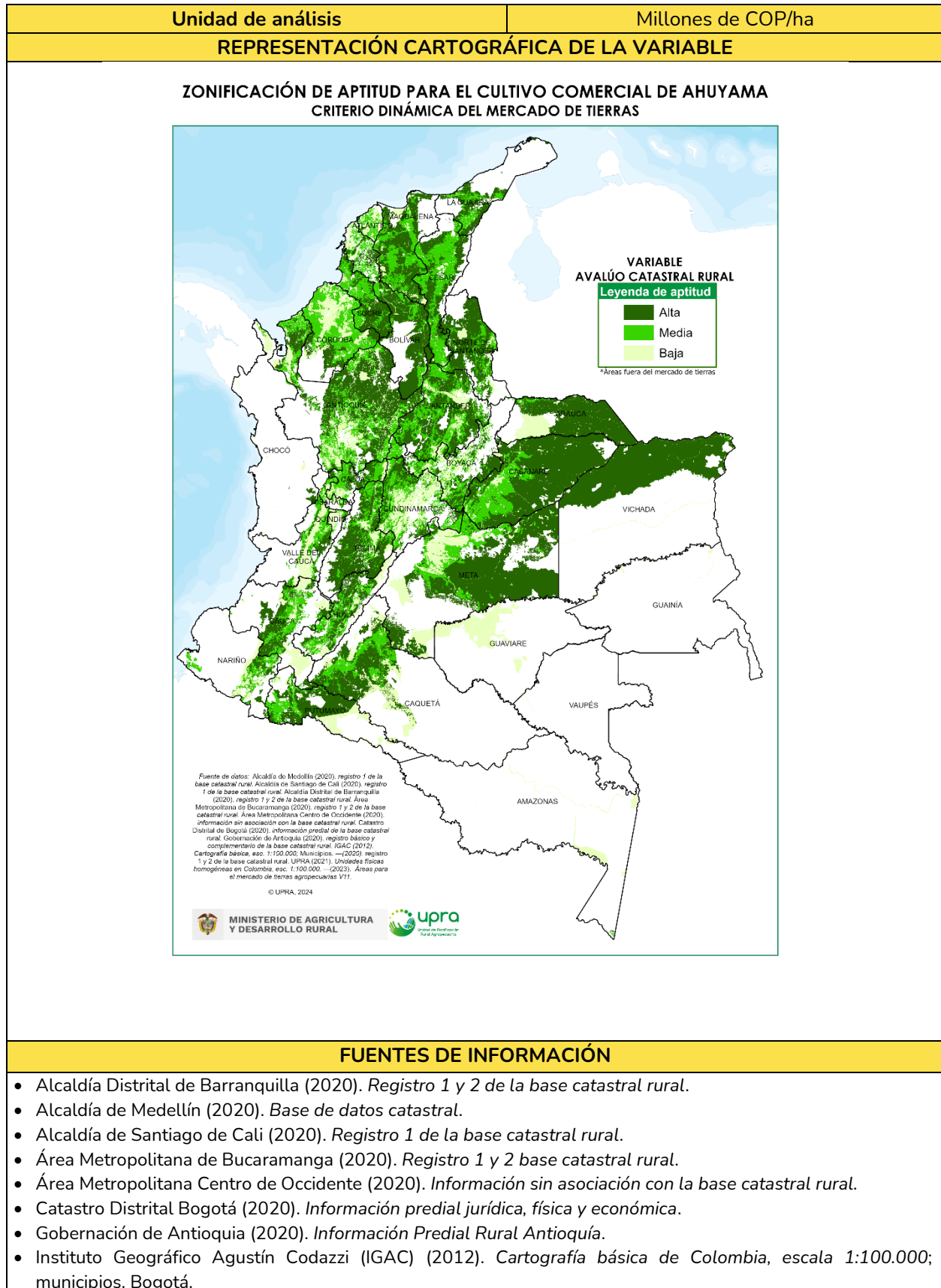
- c. Predios rurales cuyas construcciones tengan uso bodegas comerciales, hoteles en PH, comercio, hoteles, clubes-casinos, pensiones y residencias, centros comerciales y vivienda recreacional.

Es importante recalcar que los valores catastrales por hectárea de los predios de las zonas rurales del país no corresponden al precio comercial y no existe un porcentaje de adopción para convertirlos y, generalmente, están distantes del mismo, es por ello por lo que, a la información consultada con expertos, productores e inmobiliarios, se le aplica un índice de adopción del 60 %, para poder analizarla con relación a la información de avalúos catastrales trabajada para esta variable.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Millones de COP/ha	Aptitud
< 2.2	Alta (A1)
2.2-10	Media (A2)
>10, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.	Baja (A3)



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. Bogotá.
- MinAgricultura (2017). *Resolución 128 de 2017. «Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria»*. Artículo 5, numeral 6. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2021). *Unidades físicas homogéneas en Colombia*, escala 1:100.000
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias versión 11*. Bogotá.

3.4.4. Variable *Tendencia a la formalidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: Tendencia a la formalidad		UNIDAD DE MEDIDA: Predios
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Conjunto de situaciones inmobiliarias, técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios tanto públicos como privados, que proporciona seguridad jurídica a la misma, acorde al principio constitucional del derecho a la propiedad privada. Por el contrario, «la informalidad puede ser legal o ilegal, o estar en una frontera ambigua entre ambas. La inestabilidad e irregularidad de los ingresos en el sector informal de trabajo, activa una lógica particular de los circuitos monetarios y formas de intercambio en los mercados informales, basada precisamente en la confianza» (UPRA, 2015).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Brinda orientación para la inversión en compra, arriendo u otras formas de acceso a la tierra, pues indica cuales son los predios que podrían garantizar el derecho a la propiedad y cuales pueden presentar algunas o muchas dificultades, al suministrar información sobre la seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad, propiciando 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 índice de informalidad, trabajado en la entidad, la vigencia a utilizar de las mismas depende directamente de la actualización del índice que por ahora no se calcula para todos los años por restricciones en los datos fuente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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.
Agencia Nacional de Tierras (ANT) (2019). Títulos formalizados, baldíos adjudicados.
Agencia Nacional de Tierras (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 Antioquia.
Icare 2014. Predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2016). Base catastral, registros 1 y 2.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2019). Base catastral, registros 1 y 2.
SNR. (2019). Falsas tradiciones.
Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (Uaegtrd) (2023). Puntos de los centroides Rtdaf y Rupta. URT. 2019. Sentencias de restitución.

Precisiones de la información.

«La informalidad en el país se presenta en ocupaciones sobre terrenos públicos, en posesiones sobre predios ajenos, títulos no registrados, sucesiones ilíquidas, en falsas tradiciones o en posesiones» (UPRA, 2015)

Las variables para determinar que los predios tienen una presunta formalidad fueron:

1. Predios que en las bases tiene matrícula inmobiliaria y que no cumplen ninguna de las demás variables.
2. Predios que en la base catastral no poseen una matrícula inmobiliaria
3. Predios identificados en la base catastral 2014 que no tienen interrelación catastro registro.
4. Predios identificados con “mejoras en predio ajeno” dentro de la base catastral.
5. predios identificados en la base 2014_IGAC y en la información entregada por SNR_2020 están en falsa tradición.
6. Predios identificados como presuntos baldíos.
7. Predios con resolución de inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
8. Predios con inscripción de medida de protección por riesgo de despojo.

El argumento considerado para identificar dentro de la base catastral los predios con tendencia a ser informales, es que presentaran alguna de las variables descritas en los numerales del 2 al 8, mientras por exclusión, los primeros serían los que se pueden considerar como presuntos formales.

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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para este proceso se hizo la selección de la base de datos empezando por los predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1(*), ya que tiene un inconveniente en su titulación y deben necesariamente



pasar por un proceso judicial para poder volver a la formalidad; luego se seleccionaron los predios que sin matrícula inmobiliaria y finalmente quedaron los demás predios que se presumen formales.

(*) Estos predios corresponden a aquellas solicitudes que una vez analizadas pasaron a instancia judicial y tienen un proceso legal iniciado, que hacen referencia 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 dentro de las que esta la etapa administrativa correspondiente a los polígonos - P: Preliminar, - G: Georreferenciados, -D: Definitivos y- F: Final., que son las tenidas en cuenta en este análisis y hacen parte de las solicitudes con resolución de Inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente. 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).

Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios con inscripción en el RUPTA.	Baja (A3)

Unidad de análisis

Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS

DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

VARIABLE TENDENCIA A LA FORMALIDAD

Legenda de aptitud

- Alta
- Media
- Baja

*Áreas fuera del mercado de tierras

Fuente de datos: Alcaldía de Medellín (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Alcaldía de Santiago de Cali (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Alcaldía 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. Catastro Distrital de Bogotá (2019). Información predial de la base catastral rural. Gobernación de Antioquia (2019). Registro básico y complementario de la base catastral rural. IGAC (2014). Información Catastral - Registro. IGAC (2012). Cartografía Nacional. 1:100,000. (2018). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. DNT (2020). Planes de zonificación de formalización. UNP (2017) (2022). Predios con inscripción de título de propiedad en el RUT con código 202484 - (2022). Sitios de cultivo en el RUT en áreas administrativas y localizadas 2022. UPR (2022). Aves para el mercado de tierras rurales. (2022). 171.

© UPR, 2024

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

upra

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural.
- Alcaldía de Medellín. (2019). Base de datos catastral.
- Alcaldía de Santiago de Cali (2019). Registro 1 de la base catastral rural.
- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2019). Títulos formalizados, baldíos adjudicados
- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2020). Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general. Bogotá.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). Información predial de la base catastral rural.
- Gobernación de Antioquia. (2019). Registro básico y complementario de la base catastral Rural.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá.



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural.
- *Interrelación catastro registro* (Icare). (2014). *Interrelación catastro registro*.
- Superintendencia de Notariado y Registro (2020). *Falsas tradiciones*. Bogotá.
- Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (Uaegrtd)-Rupta. (2023). *Predios con inscripción de medida de protección con corte 2023 - 2024*.
- Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (Uaegrtd)-Rupta. (2023). *Solicitudes inscritas en el RTDAF en etapa administrativa y judicial*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias_ versión 11*. Bogotá.

3.5. Criterio Disponibilidad de mano de obra

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
- Mano de obra familiar, expresada en área predial asociada a las UPA identificadas de agricultura familiar, campesina y comunitaria. - Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET), expresada como número de habitantes rurales en edad de trabajar por km². - Oferta educativa, expresada en tiempo de desplazamiento, en horas.		
DEFINICIÓN		
Se refiere a la cantidad de trabajadores disponibles y la posibilidad de cualificación de estos para la realización de labores agrícolas y de producción primaria en las áreas rurales. Identifica la disponibilidad de mano de obra en los municipios, con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) en las zonas rurales y a los requerimientos de mano de obra para la producción de ahuyama. Señala además las áreas donde se constata mayor participación de la mano de obra familiar en la producción agropecuaria (³ 50 % del total de trabajadores permanentes), denotando la disponibilidad de mano de obra en la unidad productiva. Evalúa también la cercanía en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas; ya sea a nivel universitario, técnico o tecnológico.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Brinda información sobre la disponibilidad de mano de obra rural de un municipio para atender la demanda de trabajadores requeridos en el cultivo de ahuyama; teniendo en cuenta, además del número de habitantes en edad de trabajar por km², la disponibilidad de mano de obra dentro de la unidad de producción, representada en la participación de la mano de obra familiar dentro del total de trabajadores permanentes. Evidencia las capacidades institucionales para dotar de habilidades y conocimientos a los trabajadores con la oferta de programas de formación académica en la zona. Estos elementos hacen posible que las unidades productivas agrícolas cuenten con mano de obra con posibilidades de incrementar la productividad y la competitividad, al implementar de forma adecuada los procesos técnicos con personal capacitado en la zona. La disponibilidad de mano de obra tiene un impacto significativo en la eficiencia de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y/o forestales siendo fundamental para la competitividad.		

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 2023 realizadas por el DANE, ajustadas luego del Covid-19, por distribución etaria (entre 15 y 62 años) 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 de edad en adelante, por ejemplo); lo que limita la capacidad de análisis del municipio en cuanto a la menor o mayor oferta de mano de obra en el mediano y largo plazo en cada municipio. Así mismo, no es posible diferenciar la disposición de la población para trabajar en un sector u otro, como puede serlo el sector agropecuario o el de servicios, por ejemplo.

Adicionalmente, la base del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) proporciona datos sobre la ubicación geográfica de los programas académicos (técnicos, tecnológicos y universitarios) y de las sedes donde tienen autorizado impartir dicha formación, quedando así al margen la oferta de cursos no formales que ofrece entidades como por ejemplo el SENA o gremios y asociaciones, no reportados en el sistema Snies. Tampoco tiene en cuenta el eventual uso de las nuevas metodologías de la información y la comunicación que posibilitan que la ubicación real de sus estudiantes puede distanciarse de las cabeceras municipales donde están autorizados a funcionar.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Mano de obra familiar	Densidad de población rural en edad de trabajar	Oferta educativa	Ponderación (%)
Disponibilidad de mano de obra	Mano de obra familiar	1			61,8
	Densidad de población rural en edad de trabajar	1/3	1		29,7
	Oferta educativa	1/5	1/3	1	8,5

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

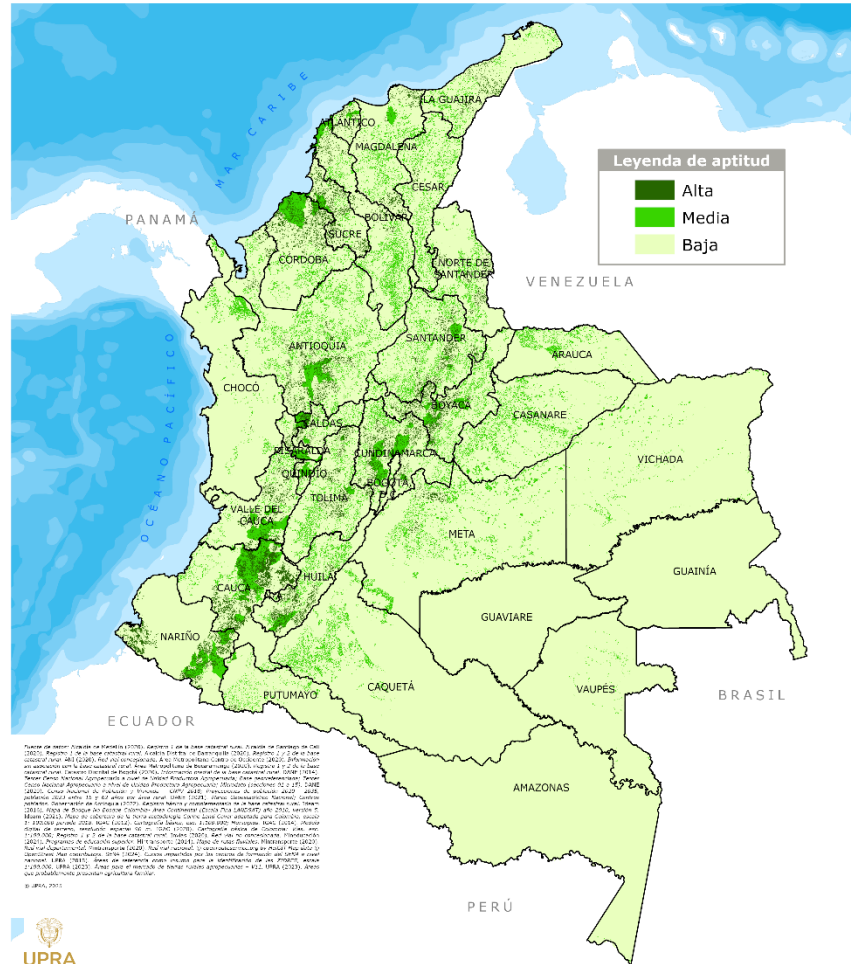


1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente	
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes				

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD				
Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).				
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Mano de obra familiar	Área predial de las UPA con mano de obra familiar	Mano de obra familiar ≥ 50 % de total de los trabajadores permanentes	-	Mano de obra familiar (< 50 %) del total de los trabajadores permanentes
Densidad de población rural en edad de trabajar (PET)	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km ²	$> 43,3$	15,2 - 43,3	$< 15,2$
Oferta educativa universitaria, técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa,	Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa.	Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2019). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Medellín (2019). *Base de datos catastral*.
- Alcaldía de Santiago de Cali (2019). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- 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*.
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá.
- Catastro Distrital Bogotá (2019). *Información predial de la base catastral rural*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). *Tercer censo nacional agropecuario a nivel unidad productora agropecuaria base georreferenciada*.



- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Marco geoestadístico nacional: Centros poblados. Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda- CNPV 2018. *Proyecciones de población 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural*. Bogotá.
- Gobernación de Antioquia (2019). *Registro básico y complementario de la base catastral Rural*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Invias (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinEducación (2022). *Programas activos e instituciones académicas de educación superior*. Bogotá.
- MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Servicio Nacional de aprendizaje (SENA). Cursos impartidos por los centros de formación del SENA a nivel nacional
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). Unidades de Producción Agropecuaria y su área de influencia identificadas como de Agricultura Familiar, Campesina y Comunitaria según la Resolución 464 2017.

3.5.1 Variable *Mano de obra familiar*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Mano de obra familiar	UNIDAD DE MEDIDA: Área de producción agropecuaria	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Identifica las zonas agropecuarias donde la mano de obra empleada pertenece en mayor medida al hogar del productor (>50 % del total de empleos permanentes); señalando la disponibilidad inmediata de la mano de obra para cubrir los requerimientos en el cultivo de ahuyama. Se refiere a la inclusión y disponibilidad de los miembros de la familia en las actividades agropecuarias, señalando el área de producción asociada a las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) con predominante mano de obra familiar. Los sistemas productivos de agricultura familiar, campesina y comunitaria estructuran socialmente los contextos rurales, permitiendo la producción de alimentos para el hogar y la generación de excedentes para la comercialización; incluso en mercados con integración en cadenas de valor. La eficiencia y productividad de dichos sistemas en la producción de ahuyama no difiere sustancialmente de los demás sistemas, lo que muestra su capacidad de incorporar tecnologías para la producción y la economía familiar.		

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Resalta las áreas de cobertura agropecuaria donde la mano de obra familiar predomina respecto al total de trabajadores permanentes; indicando la disponibilidad de mano de obra en la unidad productiva. La agricultura familiar contribuye a la sostenibilidad de la producción y la ocupación del territorio, dinamizando económicamente las comunidades rurales y su población. Esta medición muestra las áreas donde las condiciones socioeconómicas permitieron la inclusión familiar en la producción y la generación de ingreso. Se consulta información de carácter censal, como lo es el Censo Nacional Agropecuario del año 2014 (CNA) y la Cobertura Corine Land Cover 2018. De la primera fuente se extraen las UPAS donde la mano de obra familiar es al menos el 50 % del total de los empleos permanentes, y de la segunda fuente se extraen las áreas de producción agropecuaria.
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 estimación de la participación de la mano de obra familiar, campesina y comunitaria dentro de total de trabajadores permanentes en la UPA se hace con la información del último censo agropecuario disponible; que corresponde al año 2014, de manera que las condiciones de conformación de la familia y las comunidades étnicas pueden haber cambiado sustancialmente luego de 10 años.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. Se consultan las UPA que cumplen con los criterios establecidos en la Resolución 464 de 2017 para la identificación de la agricultura campesina, familiar y comunitaria. También se consulta los predios asociados a la ubicación de las UPA y su área de influencia. Posteriormente se identifica la cobertura cartográfica de la categoría 2 de la cobertura Corine Land Cover 2018: “Territorios Agrícolas”, de manera que dicha área corresponde a la disponibilidad de mano de obra familiar para las labores agropecuarias. 2. Precisiones de la información. Se consulta la estimación de las UPA donde la participación de empleados permanentes que pertenecen al hogar del productor es mayor o igual al 50% del total de trabajadores permanentes que realizan las actividades agropecuarias. Dicha estimación fue realizada por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria a nivel de Unidad de Producción Agropecuaria, de acuerdo con la información recopilada en el Censo Nacional Agropecuario del año 2014 y a la Resolución 464 de 2017, según el Artículo 5, numeral 2: “Uso predominante de la mano de obra familiar o comunitaria; al menos el 50% de la mano de obra empleada en la unidad productiva debe ser provista por el hogar o la comunidad étnica a la cual pertenece” Posteriormente, se consulta la base catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de manera que se identifican los predios asociados a las UPAS categorizadas como de agricultura familiar, campesina y comunitaria, identificadas previamente.

Finalmente, se consulta la cobertura Corine Land Cover 2018 para la categoría 2 “Territorios Agrícolas” y se hace una superposición cartográfica de las áreas y puntos georreferenciados consultados.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se identifican cartográficamente las Unidades de Producción Agropecuaria que cumplen con la definición de Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria Familiar según la Resolución 464 de 2017.

Posteriormente se señala el área de influencia (tamaño predial) de dichas UPAs georreferenciadas en el Censo Nacional Agropecuario, y se resaltan las áreas de cobertura biofísica agropecuaria dentro del predio; indicando entonces las áreas de producción agropecuaria donde la disponibilidad de mano de obra se encuentra predominantemente dentro del hogar del productor.

4. Clasificación.

Zonas con cobertura agropecuaria asociadas a predios con UPAs identificadas como de agricultura familiar, campesina y comunitaria se señalan con *aptitud alta (A1)*. De esta manera, las UPA con mayor participación de los trabajadores que pertenecen al hogar del productor, ($\geq 50\%$) dentro del total de empleos permanentes, tienen una disponibilidad inmediata de mano de obra necesaria para la producción agropecuaria.

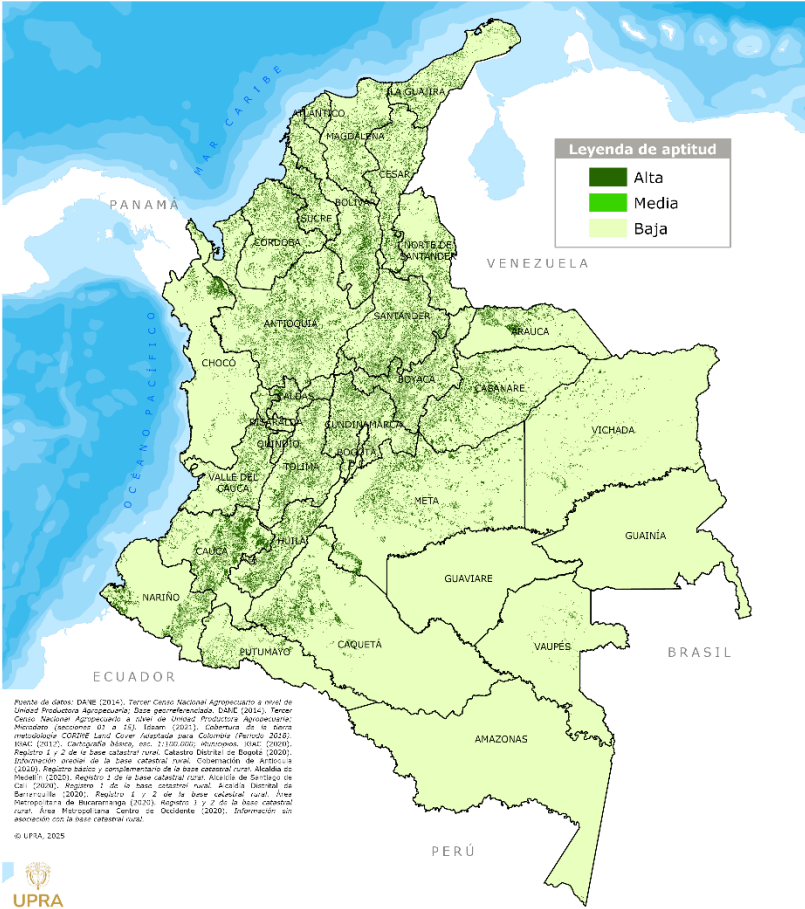
Las demás UPA, que no logran tener la mayoría de los trabajadores permanentes necesarios para la producción como pertenecientes al hogar al productor ($<50\%$); se consideran con *aptitud baja (A3)*.

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) así:

Áreas de producción agropecuaria	Aptitud
Mano de obra familiar $\geq 50\%$ de total de los trabajadores permanentes	Alta (A1)
Mano de obra familiar $< 50\%$ de total de los trabajadores permanentes	Baja (A3)



Unidad de análisis	Áreas de producción agropecuaria
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja Fuente de datos: DANE (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario a nivel de Unidad Productora Agropecuaria; Base georreferenciada. DANE (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario a nivel de Unidad Productora Agropecuaria; Microdatos (secciones 01 a 15). IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia. CORDIN Land Cover. Justificación para Colombia (Período 2023). IGAC (2012). Cartografía básica. Escala: 1:100.000; municipios. (2000). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Catastro Distrital de Bogotá (2020). Información sin asociación con la base catastral rural. Gobernación de Antioquia (2024). Registro básico y complementario de la base catastral rural. Alcaldía de Medellín (2020). Registro 2 de la base catastral rural. Alcaldía de Santiago de Cali (2020). Registro 1 de la base catastral rural. Alcaldía de Bucaramanga (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA Variable Mano de obra familiar	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Alcaldía Distrital de Barranquilla (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. - Alcaldía de Medellín (2019). Base de datos catastral. - Alcaldía de Santiago de Cali (2019). Registro 1 de la base catastral rural. - 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. - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). Tercer censo nacional agropecuario a nivel unidad productora agropecuaria base georreferenciada - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2014). Tercer censo nacional agropecuario a nivel unidad productora agropecuaria; Microdato (secciones 01 a 15) - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios.	

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (2018). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000 (periodo 2018).*

3.5.2 Variable *Densidad de población en edad de trabajar (PET)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Densidad de población en edad de trabajar (PET)	UNIDAD DE MEDIDA: Número de habitantes rurales/km ²	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km², frente a las necesidades de mano de obra del cultivo de ahuyama de acuerdo con el cálculo de jornales diarios promedio necesarios por hectárea en un ciclo de producción. 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 2023.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se establece una relación directa entre el número de personas en edad de trabajar/km² 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 ahuyama, 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 mayores valores de densidad de población, 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 menores valores de densidad poblacional, lo que reducirá la posibilidad 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 en la actividad agrícola, y en este caso, puntual, la producción de ahuyama.		
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		
La población rural en edad de trabajar calculada puede diferir de la real en el sentido 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 (centros poblados y rural disperso) se define por convención estadística a partir de los 10 años, se decide establecer el rango etario desde los 15 años para excluir población infantil que puede ver vulnerados sus derechos al vincularse muy tempranamente al mercado laboral. Del mismo modo se establece como rango superior los 62 años que es la edad de retiro para los hombres y 57 para las mujeres, en el sistema provisional de prima media. Los dos anteriores supuestos, aunque necesarios, pueden distorsionar la realidad de la oferta laboral en algunos territorios en los que dichas poblaciones no contabilizadas pueden jugar un papel importante para la producción agropecuaria 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 agropecuario como opción y alternativa productiva de vida.

Por otra parte, la distinción urbana y rural de la población por su residencia, no excluye la posibilidad de que las mismas ofrezcan su capacidad productiva en la zona rural cuando viven en el casco urbano, o que viviendo en la zona rural se desplacen al casco urbano para trabajar (conmutación), incluso existiendo la posibilidad de un desplazamiento a otro municipio cercano. No obstante, aquí se contabiliza la población rural (en centros poblados y rural disperso) con el fin de evitar una sobre estimación de la población dispuesta a vincularse en las actividades rurales.

Finalmente, las áreas territoriales utilizadas para la estimación de la densidad espacial son muy sensibles a la existencia de territorios excluidos tanto de la frontera agrícola nacional como de otras limitaciones y condicionantes físicas y legales, por lo que, aunque se supone una distribución homogénea de la población rural en edad de trabajar dentro del territorio municipal, en la mayoría de los casos dicho supuesto no se cumple.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (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).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2023). Extensión territorial municipal. Información obtenida del portal Terridata.

Precisiones de la información.

La fuente para la estimación de la población en edad de trabajar-PET₁₅₋₆₂ rural son las proyecciones de población municipal para 2022 por área, sexo y edad. La información se procesa considerando hombres y mujeres entre 15 y 62 años, habitantes de centros poblados y áreas rurales dispersas, los que se suman para estimar la población municipal rural en edad de trabajar. Dicho resultado es dividido en el área territorial del municipio reportada por el DANE y consolidada por el DNP en el portal Terridata.

El número de jornales requeridos por hectárea para el cultivo de ahuyama se estimó consultando estructuras de costos de producción donde fue posible establecer la necesidad técnica de al menos 52 jornales por ciclo de producción.



Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se realiza un análisis de consistencia en la que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se ordena de mayor a menor, según la población en edad de trabajar en la zona rural por kilómetro cuadrado, para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

Tomando como fuente de información las estructuras de costos consultadas, se calculó que el número de jornales por hectárea necesarios para la producción de ahuyama es de 52 jornales/hectárea/ciclo. Así las cosas, se estima como requerimiento técnico de mano de obra es de 43,33 jornales km²/día.

Este es el punto de corte (43,33 jornales km²/día) se usa para determinar los municipios con *aptitud alta* (A1), por tener una mayor o igual densidad PET km²/día, y sobre los cuales se espera obtener las mejores condiciones de oferta de mano de obra rural para el cultivo de ahuyama. Para la estimación de los rangos con *aptitud media* (A2) y *aptitud baja* (A3) se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas empleando métodos estadísticos.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras para la agrupación de municipios con condiciones similares, en este caso en medición de la densidad de población en edad de trabajar por kilómetro cuadrado, 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 Dalenius-Hodges.

El método estadístico Dalenius-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon dos clústeres ($k=2$).

El método Dalenius-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 (n) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min(k*10, n)$.
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:

$$Lim\ inf\ Ck = \min\{X(i)\} + (K - 1) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$



$$\text{Lim sup } C_k = \min\{X(i)\} + (K) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase

$$f_i \in \{1, \dots, J\}$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia de cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

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:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

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.

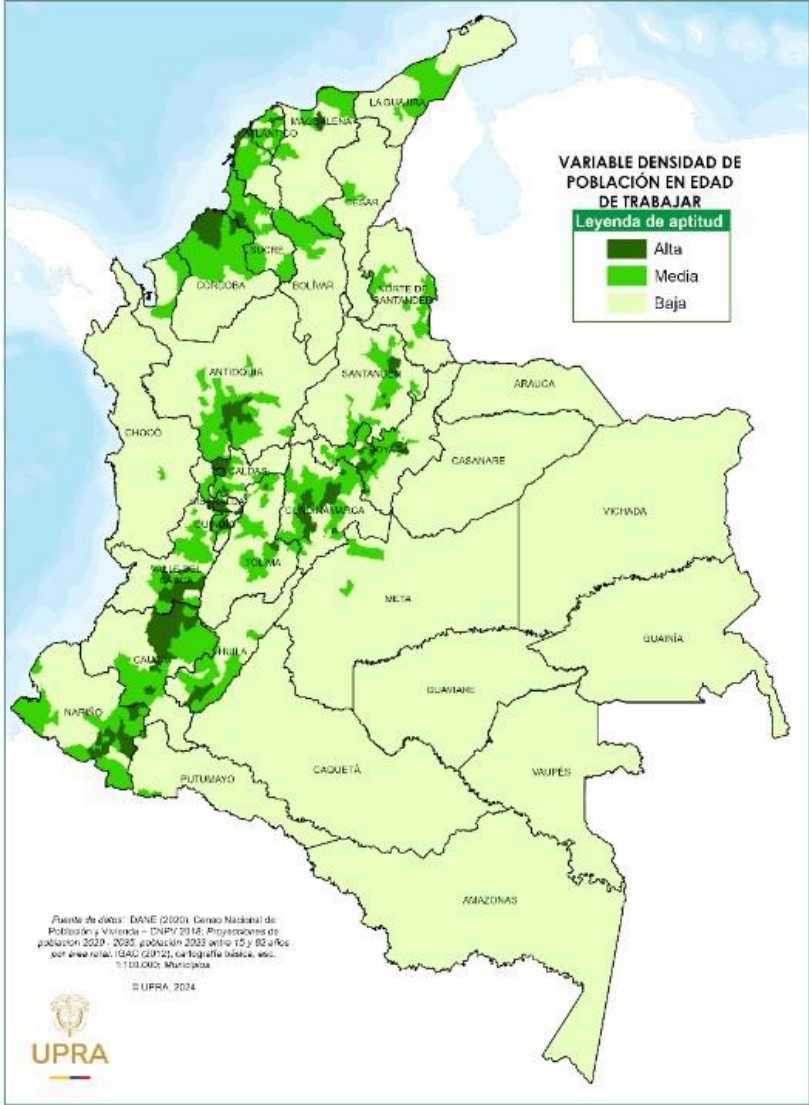
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Al realizar el procedimiento para la variable densidad de la población rural en edad de trabajar el resultado fueron tres agrupamientos: el primero, señalado por la necesidad técnica del cultivo de 52 jornales por hectárea/ciclo, y los otros dos grupos, generados por el método estadístico señalado anteriormente; a los que se le asignó la calificación de aptitud.

Los rangos para la especialización 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
> 43,3	Alta (A1)
15,2 - 43,3	Media (A2)
< 15,2	Baja (A3)



Unidad de análisis	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km ²
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA  Fuente de datos: 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 (IGAC 2012); cartografía básica, etc. 1:100.000; Municipios. © UPRA, 2024. UPRA	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>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)</i>. Bogotá. - Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). <i>Sistema de Estadísticas Territoriales</i>. Portal Terridata. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/> Bogotá. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios</i>. Bogotá.	

3.5.3 Variable *Oferta educativa*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Oferta educativa	UNIDAD DE MEDIDA: Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Se evalúa la proximidad en tiempo de desplazamiento a los programas de educación técnica, tecnológica y universitaria vinculados a la producción de ahuyama. Esto permite evidenciar la accesibilidad a la capacitación para la población y la oportunidad de fortalecer la competitividad del sector en el territorio.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Mide la posibilidad de la población de acceder a programas de formación técnica y tecnológica, para elevar así su competencia y su productividad laboral. La educación es uno de los elementos más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, y particularmente la capacitación y la formación para el trabajo técnico, tecnológico y universitario, como una de sus expresiones, brinda la posibilidad de actualizar competencias en el manejo de la información y en los procesos de innovación propios de las labores agrícolas y los adelantos tecnológicos y científicos. Esta dimensión eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad de que los empresarios agrícolas y la población productora campesina dispongan de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos y tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola. Por lo tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y universitario en áreas relacionadas a la actividad agrícola. Las zonas donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a programas de formación académica son más aptas 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		
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 por sobre todo de la calidad, prestigio y nivel de formación impartidos a sus estudiantes.		

Lo anterior hace que no necesariamente los estudiantes acudan a los programas de educación superior que se encuentran más cerca, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas últimas dimensiones no están siendo medidas con esta variable dada la disponibilidad de información actual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) (2023). Lugar de oferta, coberturas por centros de tutoría, centros regionales de educación superior (Ceres), convenios, convenios en red y programas de extensión de programas técnicos y tecnológicos relacionados con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta.

Se tuvo en cuenta los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el Snies, de esta forma no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino que también se tiene en cuenta otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (Ceres), convenios, convenios en red y programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa especialmente en las zonas rurales.

Servicio Nacional de Aprendizaje (2024). Oferta educativa titulada, complementaria y especial, relacionados con la actividad agropecuaria que se encuentran ofertados para los años 2023-2025.

2. Precisiones de la información.

Se consideran programas académicos ofertados relacionados con la actividad agrícola y el cultivo de ahuyama, reportados en el Snies del MinEducación. Se tiene en cuenta los programas activos para marzo de 2023 en el momento de la consulta, así como la oferta educativa titulada, complementaria y especial, relacionadas con la producción de ahuyama, reportados por el SENA teniendo los programas ofertados para el año 2023 y/o hasta el 2025. También se incluyen los programas académicos ofertados a nivel universitario, y relacionados directamente con la producción agrícola y la producción de ahuyama por municipio, reportados en el Snies como programas activos para el año 2024.

Los programas identificados fueron los siguientes:

Programas		
SENA	Técnicos y tecnológicos	Universitarios
Agroindustria alimentaria	Técnica profesional en manejo de suelos y aguas	Administración agroindustrial
Comportamiento emprendedor	Técnica profesional en producción agroecológica de cultivos	Administración agropecuaria
Control de calidad en la industria de alimentos	Técnica profesional en producción agropecuaria	Administración de agronegocios
Cultivos agrícolas	Técnico profesional en manejo y conservación de productos agroindustriales	Administración de empresas agroindustriales
Elaboración de productos alimenticios.	Técnico profesional en procesos agroindustriales	Administración de empresas agropecuarias



Emprendimiento y fomento empresarial	Técnico profesional en producción agrícola	Agronomía
Gestión agroempresarial	Tecnología agroambiental	Biología
Gestión de empresas agropecuarias	Tecnología agroindustrial	Ingeniería agrícola
Gestión de la producción agrícola	Tecnología agropecuaria	Ingeniería agroecológica
Gestión de mercados	Tecnología en administración y mercadeo agropecuario	Ingeniería agroindustrial
Higiene y manipulación de alimentos.	Tecnología en agricultura de precisión	Ingeniería agronómica
Manipulación de alimentos	Tecnología en agrobiotecnología	Ingeniería agropecuaria
Mercadeo Agroindustrial	Tecnología en gestión agroambiental	Ingeniería en agroecología
Procesamiento de alimentos	Tecnología en gestión agroempresarial	Ingeniería en agronegocios
Producción agropecuaria	Tecnología en gestión agroindustrial	Profesional en agroindustria
Producción agropecuaria ecológica	Tecnología en gestión de empresas agropecuarias	
Producción agropecuaria ecológica para la soberanía alimentaria	Tecnología en gestión de insumos agropecuarios	
Proyectos agropecuarios	Tecnología en gestión de la empresa agrícola	
Sistemas agropecuarios ecológicos	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 ecológica	
	Tecnología en producción agropecuaria	
	Tecnología en producción de agro cultivos	
	Tecnología en producción y gestión agropecuaria.	

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo; o cualquiera de las otras formas de cobertura, partiendo de su casco urbano se estimaron isócronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRa es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: Vías que conectan capitales departamentales.

Tipo 2: Vías que conectan cabeceras municipales.

Tipo 3: Vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el 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 MinTransporte.

Para completar la superficie de desplazamiento a nivel nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías.

Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población.

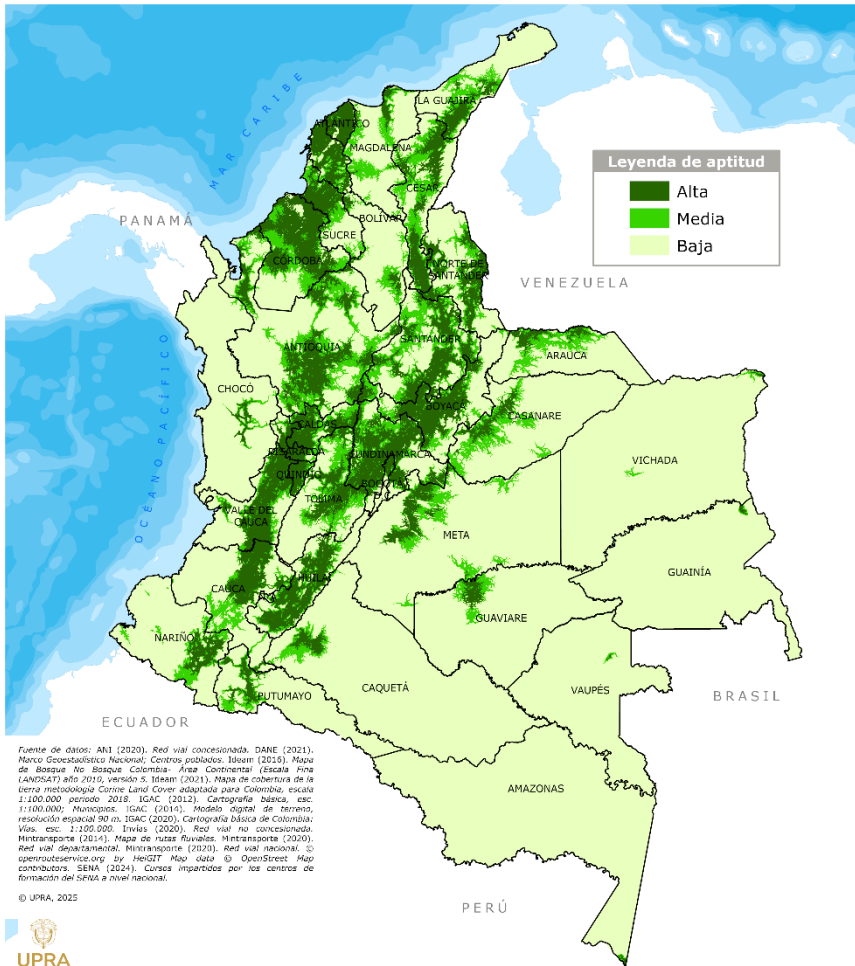
El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos con registro formal de formación técnica o tecnológica relacionados con la actividad agrícola, sobre los que se construyen las isócronas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la representación cartográfica de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa	Alta (A1)
Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa	Media (A2)



Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa		Baja (A3)
Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		
 Fuente de datos: ANI (2020). Red vial concesionada. DANE (2021). Marco Geoestadístico Nacional; Centros poblados. Idom (2018). Mapa de Bosque No Bosque Colombia- Área Continental (Escala Fina 1:400,000 año 2019, versión 5. Idom (2021). Mapa de cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100,000 periodo 2018. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100,000. Municipio. IGAC (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. IGAC (2020). Cartografía básica de Colombia; Vías, esc. 1:100,000. Invías (2020). Red vial no concesionada. Mintransporte (2014). Mapa de rutas fluviales. Mintransporte (2020). Red vial departamental. Mintransporte (2020). Red vial nacional. © openrouteservice.org by HERE® Map data © OpenStreet Map contributors. SENA (2024). Cursos impartidos por los centros de formación del SENA a nivel nacional. © UPRA, 2025 CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA Variable Oferta educativa		
FUENTES DE INFORMACIÓN		
• Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) (2020). Red vial concesionada. Bogotá. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020) Marco geoestadístico nacional. Centros poblados. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.		



- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- MinEducación (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior*. Bogotá.
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- MinTransporte (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- MinTransporte (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2024). *Programas ofertados de formación titulada (técnico y tecnólogo, operario, auxiliar y especialista tecnológico), formación complementaria, y formación complementaria especial*

3.6. Criterio Condiciones de vida

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: Social		
CRITERIO: Condiciones de vida		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Dimensión condiciones de salud</i>, expresada en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de aseguramiento a salud y barreras de acceso a servicios de salud (%). • <i>Dimensión condiciones de trabajo</i>, expresado en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de dependencia económica y empleo informal (%). • <i>Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos</i>, expresados en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, material de pisos inadecuados, material de paredes exteriores inadecuado y hacinamiento crítico (%). • <i>Dimensión condiciones de la niñez y la juventud</i>, expresados en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil (%). • <i>Dimensión condiciones de educativas del hogar</i>, expresadas en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de bajo logro educativo y analfabetismo (%).		
DEFINICIÓN		
Muestra el porcentaje de hogares del área rural municipal privados en ciertas características o dimensiones que se consideran vitales: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo y condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios. 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. Agrupar los municipios según el porcentaje de privaciones promedio en los indicadores que conforman cada dimensión en los centros poblados y la zona rural dispersa (Fuente: DANE- CNPV 2018). Este índice permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria (DNP, 2014).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
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 notoriamente en el desarrollo de sus capacidades como seres humanos y en la posibilidad de integrarse a un proceso productivo.
La cantidad de hogares en situación de privación multidimensional es inversa a la aptitud del municipio.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
La mayor limitación de la información es su nivel de actualización dado que se basa en el censo nacional de población y vivienda de 2018 del DANE.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de la variable asociada no se presenta ningún límite que permita calificar una zona como no apta (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. Se utiliza la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la “Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal” que permite avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Este insumo se aproxima al estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones, por medio de comparaciones entre municipios. No se evalúa la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión. Dicha estimación aproximada utiliza fuentes instrumentales para dos de los 15 indicadores utilizados. Concretamente en el indicador empleo informal se utiliza información del registro de la PILA dado que el Censo Nacional de Población y Vivienda no contó con información de afiliación a pensiones. Por otra parte, en el indicador <i>Sin aseguramiento en salud</i> se utilizó la información de registros administrativos de la <i>Base unida de afiliados</i> y el DEX para entidades del régimen de excepción y especial. Precisiones de la información. Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación: Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la encuesta de calidad de vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, 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 <i>Oxford Poverty and Human Development Initiative</i>. 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: <i>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</i>



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.

Análisis de consistencia y preparación de la información.

Para cada una de las dimensiones se separa la información de privaciones a nivel municipal y se selecciona lo referente al área de centros poblado y rural disperso. Se agrupan los indicadores de cada una de las cinco dimensiones a las que pertenecen y se calcula el promedio de hogares con privaciones en los indicadores que conforman cada dimensión. Luego, de acuerdo con el resultado de la prueba de Tukey, se realizaron los agrupamientos de municipios en cada dimensión, que a su vez conforman cada variable del criterio condiciones de vida.

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 y Q_1 . Dado que se presentaron menos del 5 % de datos atípicos la decisión es utilizar el método Dalenius-Hodges.

El método estadístico Dalenius-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres ($k=3$).

El método Dalenius-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 (n) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min(k*10, n)$.
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

$$f_i \in \{1, \dots, J\}$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia den cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.



$$\sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

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 a lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

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.

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Dimensión condiciones de Salud	Dimensión condiciones de Trabajo	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	Dimensión condiciones de educativas del hogar	Dimensión condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	Ponderación (%)
Condiciones de vida	Dimensión condiciones de salud	1					39,4
	Dimensión condiciones de trabajo	1	1				35,5
	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	1/5	1/3	1			14,0
	Dimensión condiciones de educativas del hogar	1/5	1/5	1/3	1		7,4
	Dimensión condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	1/7	1/7	1/5	1/3	1	3,7



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			

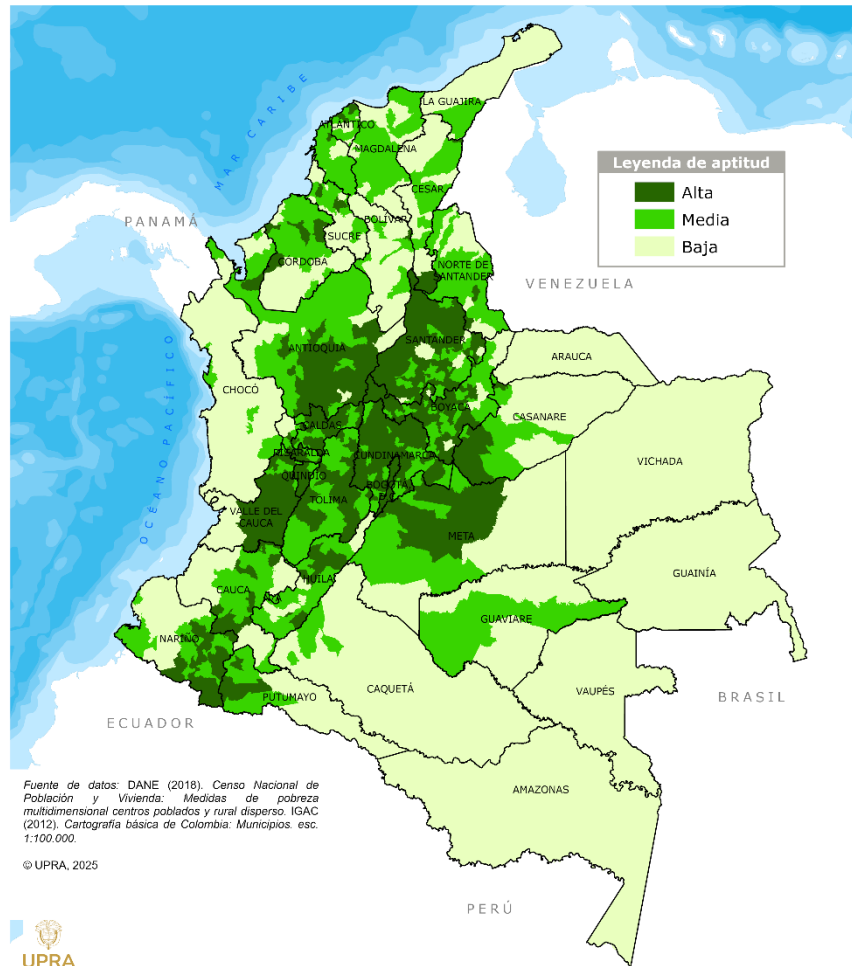
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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).

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Condiciones de vida	Dimensión condiciones en salud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 8,40	8,40 - 13,35	> 13,35
	Dimensión condiciones en trabajo	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 60,75	60,75 - 71,15	> 71,15
	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 6,93	6,93 - 11,50	> 11,50
	Dimensión condiciones educativas del hogar	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 44,45	44,45 - 54,60	> 54,60
	Dimensión condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 15,88	15,88 - 30,94	> 30,94



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia; municipios, escala 1:100.000*. Bogotá.

3.6.1. Variable *Dimensión condiciones de salud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de salud	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada como las barreras de acceso a este servicio y privaciones en aseguramiento en salud • <i>Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad:</i> 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, terapeuta o institución de salud. • <i>Privación por falta de aseguramiento en salud:</i> una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no se encuentra asegurada en salud, es decir presenta alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la salud de los hogares es menos generalizada, y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en su salud (reflejan mejores tasas de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Municipios con mayores niveles de 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		
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

Información.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá, Colombia.

Precisiones de la información.

Se utilizó la información 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, centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calcula el promedio de privaciones a nivel municipal para los dos indicadores y se procede a hacer el agrupamiento.

Análisis de consistencia y preparación de la información.

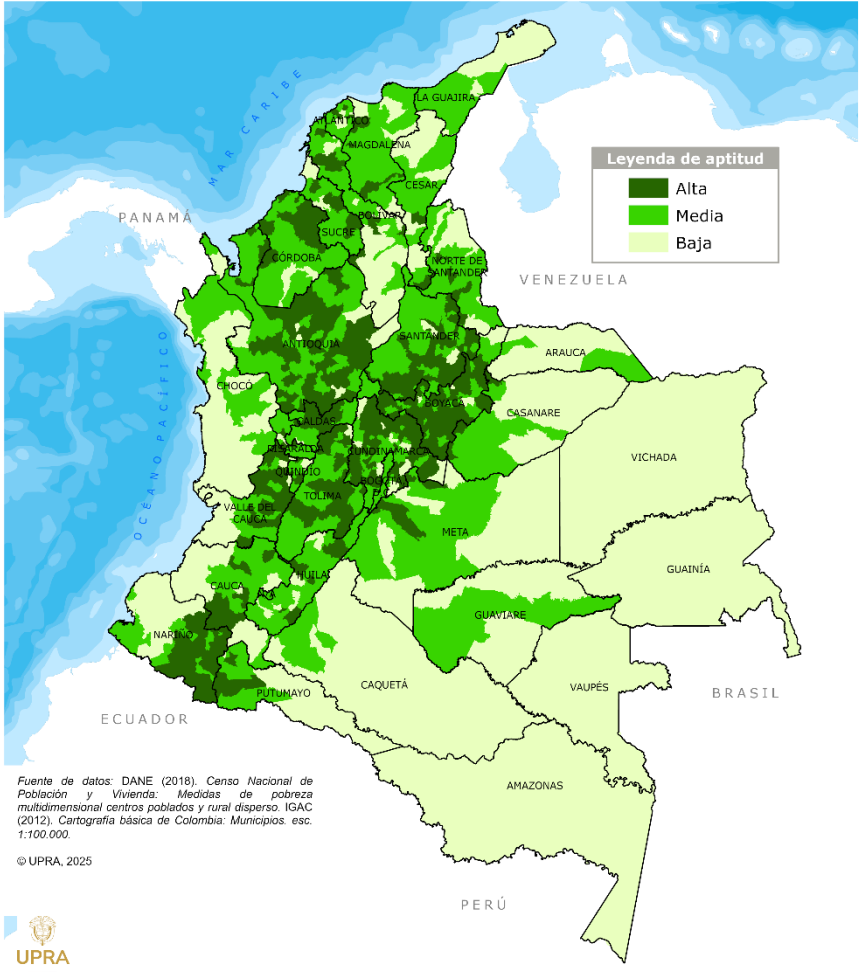
La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,1 a 44,2 % para barreras de acceso a servicios de salud y 3,4 a 68,7 % para sin aseguramiento en salud, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calculó el promedio de privaciones en los indicadores de aseguramiento a salud y barreras de acceso a servicios de salud) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 8,4	Alta (A1)
8,4 - 13,35	Media (A2)
> 13,35	Baja (A3)



Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: DANE (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda: Medidas de pobreza multidimensional centros poblados y rural disperso. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipios. esc. 1:100.000. © UPRA, 2025  UPRA	
CRITERIO CONDICIONES DE VIDA	
Variable Dimensión condiciones de salud	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá.	

3.6.2. Variable *Dimensión condiciones de trabajo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de trabajo	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje promedio 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: • <i>Privación por tasa de dependencia económica:</i> una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. • <i>Privación por empleo informal:</i> 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 permiten aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de trabajo (que reflejan mejores tasas de dependencia y empleo informal) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en aspectos relacionados con el trabajo, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
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		
Información.		



Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá, Colombia.

Precisiones de la información.

Se utilizó la información 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, centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de empleo informal y tasa de dependencia para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados. Se calculó el promedio de privaciones a nivel municipal para los dos indicadores (nivel de privación por empleo formal y por tasa de dependencia), y se procedió a hacer el agrupamiento.

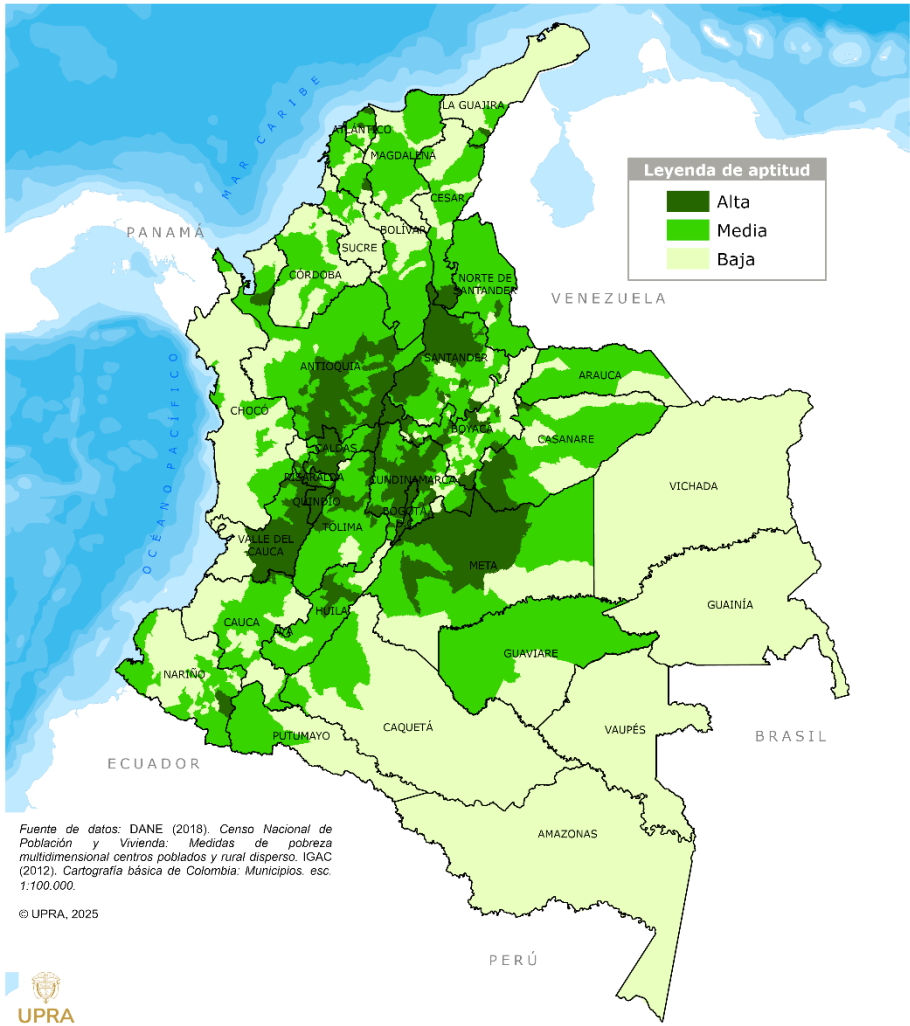
Análisis de consistencia y preparación de la información.

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 calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calculó el promedio de privaciones en los indicadores de alfabetismo y bajo logro educativo, de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural, corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 60,75	Alta (A1)
60,75 - 71,15	Media (A2)
> 71,15	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja Fuente de datos: DANE (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda: Medidas de pobreza multidimensional centros poblados y rural disperso. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipios. esc. 1:100.000. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO CONDICIONES DE VIDA Variable Dimensión condiciones de trabajo	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios</i>. Bogotá.	

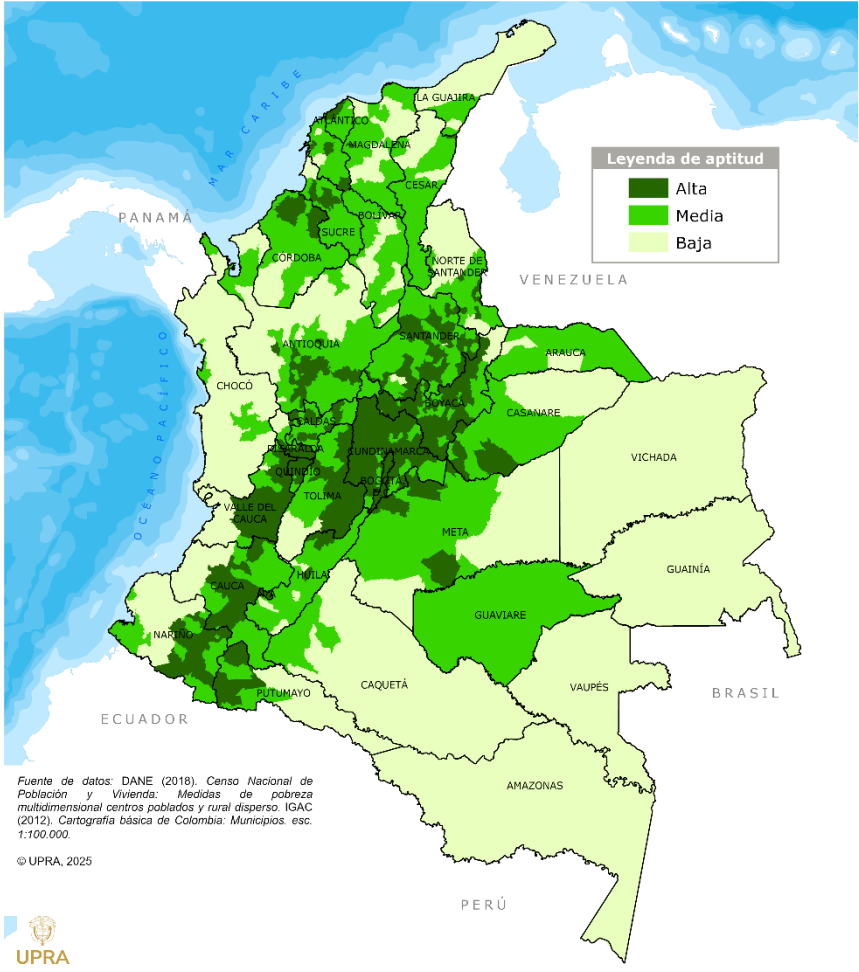
3.6.3. Variable *Dimensión condiciones de la niñez y la juventud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje promedio 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: • <i>Privación por inasistencia escolar:</i> 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. • <i>Privación por rezago escolar:</i> 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). • <i>Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia:</i> 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). • <i>Privación por trabajo infantil:</i> 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		
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								
Información Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Censo nacional de Población y Vivienda. Medida de pobreza multidimensional. Bogotá, Colombia.								
Precisiones de la información Se utilizó la información del 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 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a nivel municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento estadístico en búsqueda de municipios con condiciones similares.								
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 calculó el promedio de privaciones con los cuatro indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.								
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD								
A cada municipio se le calcula el promedio de privaciones (privación por inasistencia escolar, privación por rezago escolar, privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, privación por trabajo infantil) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).								
<table><tr><th>Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)</th><th>Aptitud</th></tr><tr><td><6,93</td><td>Alta (A1)</td></tr><tr><td>6,93 - 11,5</td><td>Media (A2)</td></tr><tr><td>> 11,5</td><td>Baja (A3)</td></tr></table>	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud	<6,93	Alta (A1)	6,93 - 11,5	Media (A2)	> 11,5	Baja (A3)
Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud							
<6,93	Alta (A1)							
6,93 - 11,5	Media (A2)							
> 11,5	Baja (A3)							



Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: DANE (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Medidas de pobreza multidimensional centros poblados y rural disperso. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipios. esc. 1:100.000. © UPRA, 2025  UPRA	
CRITERIO CONDICIONES DE VIDA Variable Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). <i>Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018</i>. 31 de enero de 2020. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). <i>Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018</i>, Disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2019). <i>Cartografía básica</i>, escala 1:100.000. Bogotá.	



3.6.4 Variable Dimensión condiciones de educativas del hogar

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de educativas del hogar	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje promedio 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: • <i>Privación por bajo logro educativo</i>: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es menor a 9 años de educación. • <i>Privación por analfabetismo</i>: 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 mayores niveles de 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		
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		
Información. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá, Colombia.		



Precisiones de la información.

Se utilizó la información del 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 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a nivel municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento estadístico en búsqueda de municipios con condiciones similares.

Análisis de consistencia y preparación de la información.

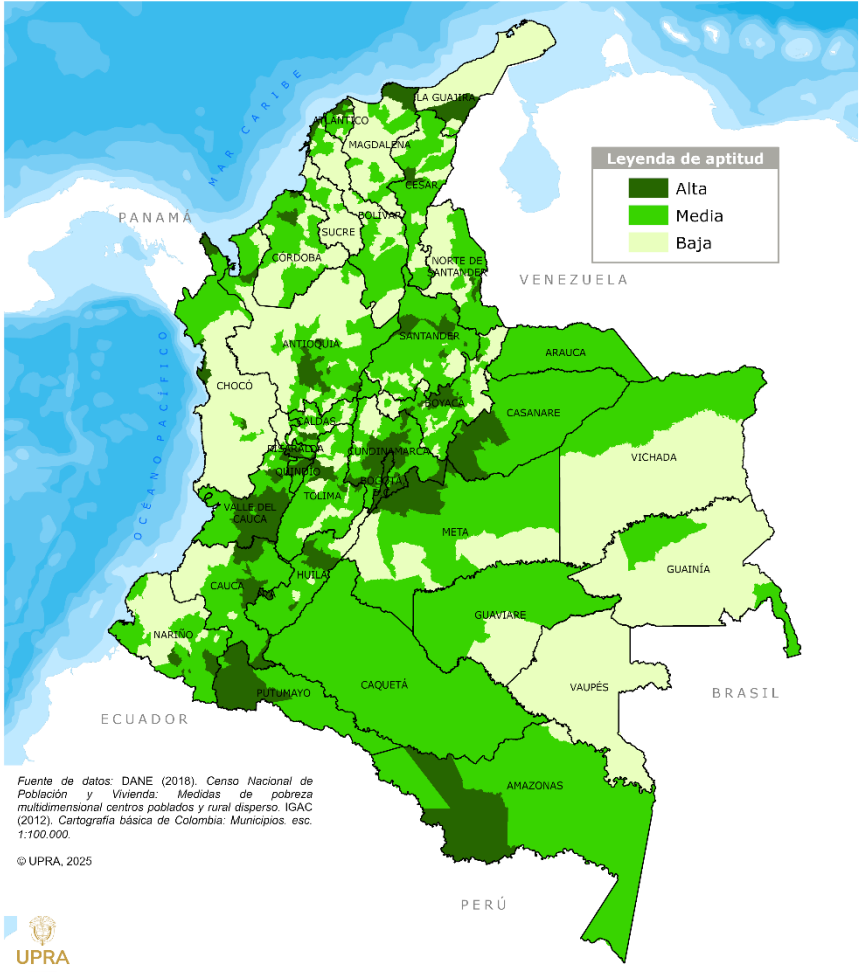
La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 2,4 a 57,7 % para el analfabetismo y 27,4 a 96,7 % para bajo logro educativo, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calcula el promedio de privaciones (alfabetismo y bajo logro educativo) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 44,45	Alta (A1)
44,45 - 54,6	Media (A2)
> 54,6	Baja (A3)



Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Fuente de datos: DANE (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Medidas de pobreza multidimensional centros poblados y rural disperso. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipios. esc. 1:100.000. © UPRA, 2025 CRITERIO CONDICIONES DE VIDA Variable Dimensión condiciones de educativas del hogar	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018</i>. 31 de enero de 2020. • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <i>Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018</i>, Disponible en: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2019). <i>Cartografía básica, escala 1:100.000; municipios</i>. Bogotá.	

3.6.5 Variable *Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje promedio 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 a través de parámetros como hacinamiento crítico, eliminación de excretas, paredes y pisos inadecuados, y la limitación al acceso de agua mejorada: • <i>Privación por acceso a fuente de agua mejorada:</i> 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. • <i>Privación por inadecuada eliminación de excretas:</i> una persona se considera privada, si pertenece a un hogar rural que no cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tienen servicio sanitario. • <i>Privación por material inadecuado de pisos:</i> una persona se considera privada, si pertenece a un hogar, cuya vivienda cuenta con pisos de tierra, arena, barro. • <i>Privación por material inadecuado de paredes exteriores:</i> 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 donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Municipios con mayores niveles de 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		

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

Información.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá.

Precisiones de la información.

Se utilizó la información 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, 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 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a nivel municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento.

Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,4 a 58,1 % para el hacinamiento crítico, 0,5 a 97,6 % para inadecuada eliminación excretas, 0,1 a 75,7 % para material inadecuado en paredes exteriores, 0,1 a 92,1 % para material inadecuado de pisos y 0,4 a 97,1 % para sin acceso a fuentes de agua mejorada, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país.

Se calculó el promedio de privaciones con los cinco indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada agrupamiento de municipios se le calculó el promedio de privaciones (privación por acceso a fuente de agua mejorada, privación por inadecuada eliminación de excretas, privación por material inadecuado de pisos, privación por material inadecuado de paredes exteriores, privación por hacinamiento crítico) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a *aptitud alta* (A1), el nivel intermedio será *aptitud media* (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a *aptitud baja* (A3).

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 15,88	Alta (A1)
15,88 - 30,94	Media (A2)
> 30,94	Baja (A3)



Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
Fuente de datos: DANE (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Medidas de pobreza multidimensional centros poblados y rural disperso. IGAC (2012). Cartografía básica de Colombia: Municipios. esc. 1:100.000. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO CONDICIONES DE VIDA Variable Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios</i>. Bogotá.	

3.7. Criterio Indicadores económicos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
• <i>Valor agregado agrícola municipal (VAPM)</i>, expresado en la participación (%) dentro del valor agregado agropecuario y en millones de COP. • <i>Desempeño municipal</i>, expresado en indicador Medición Desempeño Municipal (MDM) (puntaje). • <i>Créditos otorgados</i>, expresados en municipios donde se otorgan para la producción de ahuyama. • <i>Seguros agropecuarios</i>, expresados en municipios donde se solicitan para el cultivo de ahuyama. • <i>Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)</i>, expresadas en municipios. • <i>Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)</i>, expresados en municipios.		
DEFINICIÓN		
Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo en la siembra y producción de ahuyama, y que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades agrícolas. Así mismo, destaca aquellos municipios con algunos incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con mejor desempeño en la gestión de recursos y obtención de resultados de acuerdo con la Medición de Desempeño Municipal (MDM) que publica el DNP.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Muestra desde una perspectiva económica la relevancia productiva agrícola en los territorios, evidenciando la demanda de capital para la producción de ahuyama, 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 municipios dónde los agentes han emprendido el cultivo de ahuyama, tomando la decisión de inversión, previendo la viabilidad financiera de los proyectos productivos, su flujo de caja y la capacidad de apalancamiento; generando notoriamente valor agregado desde las actividades agrícolas. Una aptitud alta (A1) en este criterio refleja que las condiciones para la producción como lo son la demanda de financiación y seguramiento en el cultivo de ahuyama, el desempeño de los entes territoriales 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 han creado, y se crearán con mayor facilidad, las condiciones económicas para la producción agrícola y puntualmente la producción de ahuyama.		

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 a la siembra y producción de ahuyama, 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 utilizan los valores de esta variable municipal calculadas por el DANE para 2022, como aproximación al valor agregado municipal para actividades de agricultura, pecuarias, pesqueras y de silvicultura; no es posible determinar ni diferenciar cuanto aporta la producción de ahuyama a dicha variable, ya que agrega todas las actividades agrícolas (diversos cultivos).

Finalmente, la información sobre planes de desarrollo con enfoque territorial y zonas especialmente afectadas por el conflicto, se incluyen suponiendo una mayor oportunidad de aprovechamiento de beneficios tributarios y de priorización regional del gasto, con proyectos que desde la actividad productiva puedan potencializar su aptitud.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Valor agregado agrícola municipal	Desempeño municipal	Créditos otorgados	Seguros agropecuarios	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)	Ponderación (%)
Indicadores económicos	Valor agregado agrícola municipal	1						39,70
	Desempeño municipal	1/3	1					27,50
	Créditos otorgados	1/3	1/3	1				15,20
	Seguros agropecuarios	1/5	1/5	1/3	1			8,90
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	1/5	1/5	1/3	1/3	1		5,70



Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1	3,00
---	-----	-----	-----	-----	-----	---	------

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

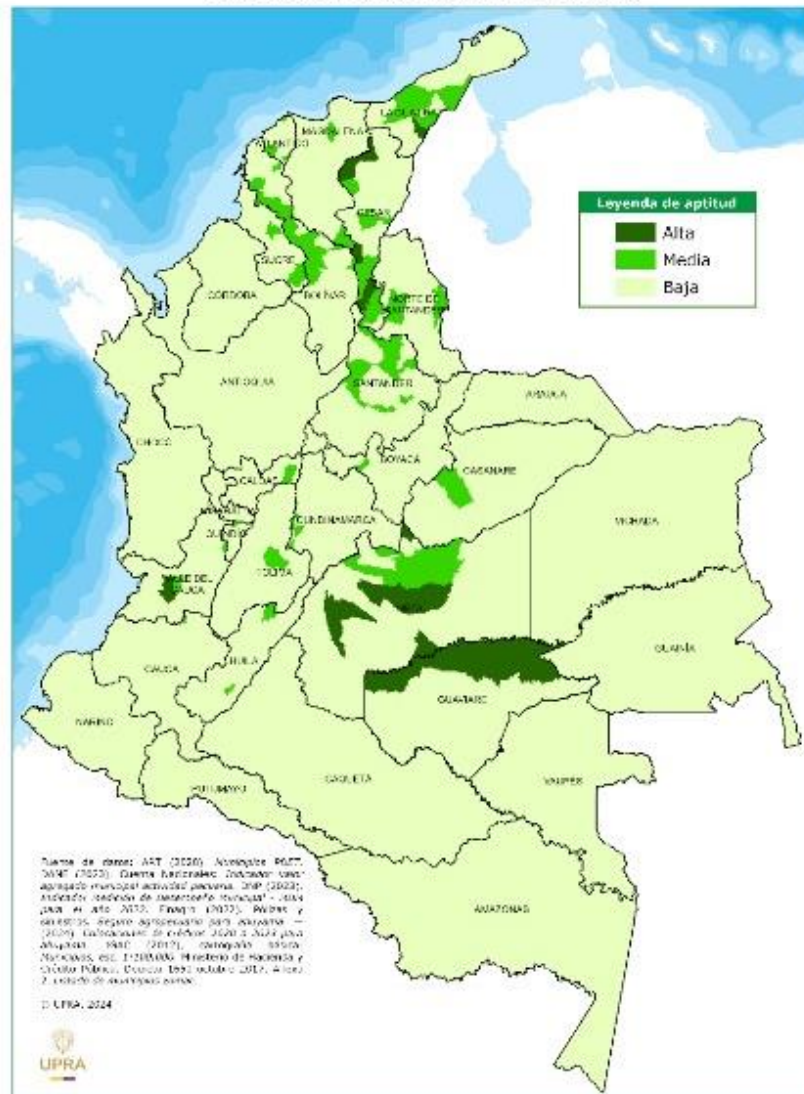
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Valor agregado agrícola municipal	Participación porcentual	> 49,2	49,2 - 19,6	< 19,6
Desempeño municipal	Puntaje del Indicador desempeño municipal (MDM)	> 55	45 - 55	< 45
Créditos otorgados	Municipios	Con créditos otorgados	Resto	-
Seguros agropecuarios	Municipios	Con seguros	Resto	-
Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	Municipios	Declarados Zomac	Resto	-
Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)	Municipios	Declarados PDET	Resto	-

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2024). Resultados de la medición de desempeño municipal 2022.
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) (2022). *Pólizas y siniestros. Seguros agropecuarios para ahuyama*. Bogotá.
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) (2024). Colocaciones de créditos 2020 a 2023 para ahuyama.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2019). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios. Bogotá.
- MinHacienda (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2*. Recuperado de: <<https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>>
- Agencia de Renovación del Territorio (ART) (2022). Municipios priorizados con programas de desarrollo con enfoque territorial. <https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/MunicipiosPDET.xlsx>

3.7.1. Variable Valor agregado agrícola municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Valor agregado agrícola municipal (VAAM)	UNIDAD DE MEDIDA: Participación porcentual	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Aproximación al valor generado por actividades agrícola 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 pecuario en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado para el año 2022).		
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 actividades agrícola, o hacia los demás rubros del valor agregado agropecuario (pecuario o pesquero, por ejemplo). Así, se identifican los municipios que dentro de su valor agregado agropecuario tiene una mayor participación las actividades agrícolas, lo que sugiere que en el territorio se desarrollen economías de escala sectoriales, sinergias entre productores, comercializadores y personal técnico. Esta variable denota el carácter preponderante del valor agregado agropecuario del municipio (más agrícola o de silvicultura, por ejemplo), y en este caso puntual, del cultivo de ahuyama en 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: las actividades pecuarias, 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, el municipio presenta mayor nivel de aptitud.		
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		
Incapacidad para discriminar el valor generado agrícola para un cultivo en particular, es decir, la mayor inclinación de un municipio hacia la generación de valor agregado en agricultura no necesariamente obedece particularmente ni mayoritariamente al cultivo de ahuyama. Igualmente, los municipios con mayor valor agregado agrícola identificado, no necesariamente registren valores altos por la generación de valor en el cultivo de ahuyama sino de otros productos		

agrícolas incluido el cultivo de ahuyama.

Se agrega al valor agregado de la actividad cafetera, por ejemplo, así como de otros productos agrícolas, para estimar el valor agregado agrícola municipal.

Finalmente, se debe mencionar que las mediciones para un año específico, en este caso 2022, 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

Información.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2024). Cuentas Nacionales: Indicador valor agregado municipal provisional, actividad pecuaria 2022.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). Cartografía básica, escala 1:100.000.

Precisiones de la información.

Se tiene en cuenta la información del DANE para el año 2022, donde la participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica primaria municipal, como lo son la silvicultura, la ganadería y la pesca.

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 pecuario 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 Dalenius-Hodges.

El método estadístico Dalenius-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres ($k=3$).

El método Dalenius-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 (n) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (k*10, n)$.



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:

$$\text{Lim inf } C_k = \min\{X(i)\} + (K - 1) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

$$\text{Lim sup } C_k = \min\{X(i)\} + (K) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase

$$f_i \in \{1, \dots, J\}$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia de cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^J \sqrt{f_i}$$

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:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

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
> 49,2	Alta (A1)
19,6 - 49,2	Media (A2)
< 19,6	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 agrícola para el año 2022.

Posteriormente, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, de manera que la prueba arroja que el mejor método de agrupación de municipios con condiciones similares es K-Medias.

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 3, 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 y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial se divide en 3 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 es inicialmente calculados (3) 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 3 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
2. Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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:



Miles de millones de COP	Aptitud
> 371,2	Alta (A1)
109,2-371,2	Media (A2)
< 109,2	Baja (A3)

Finalmente, en un tercer momento, se combinan los resultados obtenidos en la aptitud de cada municipio, de manea que municipios con aptitud alta (A1) en ambos cálculos tienen una aptitud final de A1, por ejemplo, como se muestra en el siguiente árbol de decisión:

VAAM % (Participación porcentual)	VAAM \$ (Unidades monetarias)	Aptitud final
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

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
> 49,2	Alta (A1)
19,6 - 49,2	Media (A2)
< 19,6	Baja (A3)



Unidad de medida	Participación (%) y miles de millones de pesos COP
REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE	
Fuente de datos: DNP (2023). Indicador Medición de Desempeño Municipal - MDM para el año 2022. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000; Municipios. © UPRA, 2025 UPRA CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS Variable Valor agregado agrícola municipal	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). <i>Cuentas Nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad agrícola, pecuaria y de silvicultura para el año 2022, serie provisional.</i> • Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2023). Indicador de medición del desempeño municipal-MDM para el año 2022. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2019). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios.</i> Bogotá.	

3.7.2. Variable *Desempeño municipal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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		
Muestra la medición del desempeño municipal que hace el DNP para el año 2022, comparando la capacidad de gestión y de generación de resultados de desarrollo de las entidades territoriales. Los resultados de desarrollo se miden en términos del aumento de la calidad de vida de la población, con indicadores en educación, salud, seguridad y servicios públicos (DNP, 2022).		
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 (<i>Doing Business</i>) 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.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2023). Indicador de la medición del desempeño municipal año 2021.		

Precisiones de la información.

La construcción de la variable se basa en la información en la medición del desempeño municipal (MDM) que elaboró el DNP, para evaluar la gestión y los resultados de los municipios a partir del estudio de un grupo de expertos en temas de desarrollo territorial, medición y descentralización, con el cual se actualizaron los estándares de evaluación, y se enfocó el desempeño municipal a la gestión pública orientada a resultados, que eran calculados mediante el índice de desempeño integral (IDI).

Desde la vigencia 2021 es importante resaltar que se presentan algunos ajustes metodológicos originados, principalmente, del cambio en el sistema de reporte de las finanzas territoriales. Desde 2016 y hasta 2020, la información de finanzas territoriales era consolidada bajo el Formulario único territorial (FUT). Sin embargo, a partir del 2021 la información pasó a ser reportada bajo el formato del Catálogo de clasificación presupuestal para entidades territoriales y descentralizadas (Ccpet) (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2023, pág.13).

Lo anterior, genera que las variables y el enfoque de la dimensión de ejecución de recursos, pasen de tener un análisis por fuentes de financiación, a un análisis por sectores y por ende, para estas dimensiones (movilización y ejecución de recursos) no se podrán hacer análisis comparativos con años anteriores.

El indicador MDM cuenta con algunas características y ventajas como:

- Se lanzó en 2017 y su primer año de medición fue 2016 y no es comparable con su antecesor el Índice de desempeño integral (IDI).
- Esta medición permite la comparación entre grupos de municipios más homogéneos (definidos según un componente de capacidades iniciales) generando clasificaciones al interior de cada grupo.
- El grupo de capacidades iniciales se calcula cada cuatro años, con nuevos gobiernos locales.
- La posición del municipio se calcula dentro de su grupo de capacidades iniciales (el último puesto es máximo 218).
- Los indicadores de resultados están 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 similares.

Análisis de 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
Eficiencia del IGPR (SGR)	Servicios públicos (25 %)
Gobierno abierto y transparencia (25 %)	Cobertura de energía rural
Organización de la información	Penetración de internet
Rendición de cuentas	Cobertura de acueducto y alcantarillado
Atención al ciudadano	Seguridad y convivencia (25 %)
Gestión de instrumentos de ordenamiento territorial (25 %)	Hurtos por 10.000 habitantes
Recaudo predial efectivo.	Homicidios por 10.000 habitantes
Uso instrumentos de recaudo de ordenamiento territorial.	Casos de violencia intrafamiliar por 10.000 habitantes.
*Esta dimensión presenta cambios metodológicos en la MDM del año 2021, y sus variables pasan de ser i) ejecución de recursos del SGP, ii) ejecución de recursos propios, iii) ejecución otras fuentes y iv) cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos (SGR) a ser i) ejecución en los sectores de desarrollo económico, ii) ejecución en los sectores de desarrollo social y iii) ejecución en los otros sectores iv) eficiencia del IGPR.	

Fuente: DNP (2018) y DNP (2023).

Descripción de las dimensiones y variables para el componente de gestión y el de resultados:

El primer componente, enfocado en la gestión de recursos, incluye las acciones y decisiones que adelanta la administración local que buscan transformar los recursos en un mayor bienestar de la población y desarrollo, en su interior se subdivide en cuatro dimensiones y todos con igual peso (25 %), estos son: i) movilización de recursos propios, ii) ejecución de recursos, iii) gobierno abierto y transparencia, y iv) uso y recaudo por instrumentos de Ordenamiento Territorial (OT). Este componente a su vez reúne las siguientes 12 variables.



- Dimensión movilización de recursos propios

Variable	Metodología	Fuente
Ingresos tributarios y no tributario sin recaudo por OT per cápita	(Ingresos tributarios y no tributarios-recaudo por instrumentos de OT / población)	Operaciones efectivas de caja - OEC (DNP) y DANE
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita)	Recaudo total mediante los cuatro instrumentos de ordenamiento territorial (predial, delineación urbana, valorización y plusvalía) / población total	CUIPO (Categoría Única de Información del Presupuesto Ordinario) y Operaciones efectivas de caja
Participación de los recursos propios en la inversión	(Inversión financiada con recursos propios/ Inversión total del municipio)	CUIPO y Operaciones Efectivas de Caja

Fuente: DNP (2023).

- 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 (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 (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 (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

Fuente: DNP (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
Cobertura en salud	Cobertura en salud calculada a partir del número de afiliados registrados en la BDUA en los regímenes contributivo y subsidiado a diciembre.	MinSalud

Fuente: DNP (2023).

- Servicios públicos

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 (2023).

- Seguridad y convivencia.

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes.	MinDefensa
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 (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 del ingresos tributarios y no tributarios. Lo anterior, permite la conformación de seis grupos de municipios, así:

Grupos comparables por nivel de capacidad inicial

				Nivel de capacidad inicial ↑
Económica	Densidad empresarial.	33,3 %	CIUDADES (13, 1,2%)	
	Valor agregado (promedio 4 años)		G1 - NIVEL ALTO (217, 19,7 %)	
Urbanas	Tamaño de la población	33,3 %	G2 - NIVEL MEDIO ALTO (218, 19,8 %)	
	% de población en cabecera		G3 - NIVEL MEDIO (218, 19,8 %)	
	Densidad poblacional		G4 - NIVEL MEDIO BAJO (218, 19,8 %)	
Recursos	Pertenencia al SC (Economías de aglomeración)	33,3 %	G5 - NIVEL BAJO (218, 19,8 %)	
	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 4 años)			

Fuente: DNP (2023).

Para la estimación de las capacidades iniciales se utiliza el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno del periodo 2016-2019 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 estará vigente del 2020 al 2024:

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: DNP (2023).

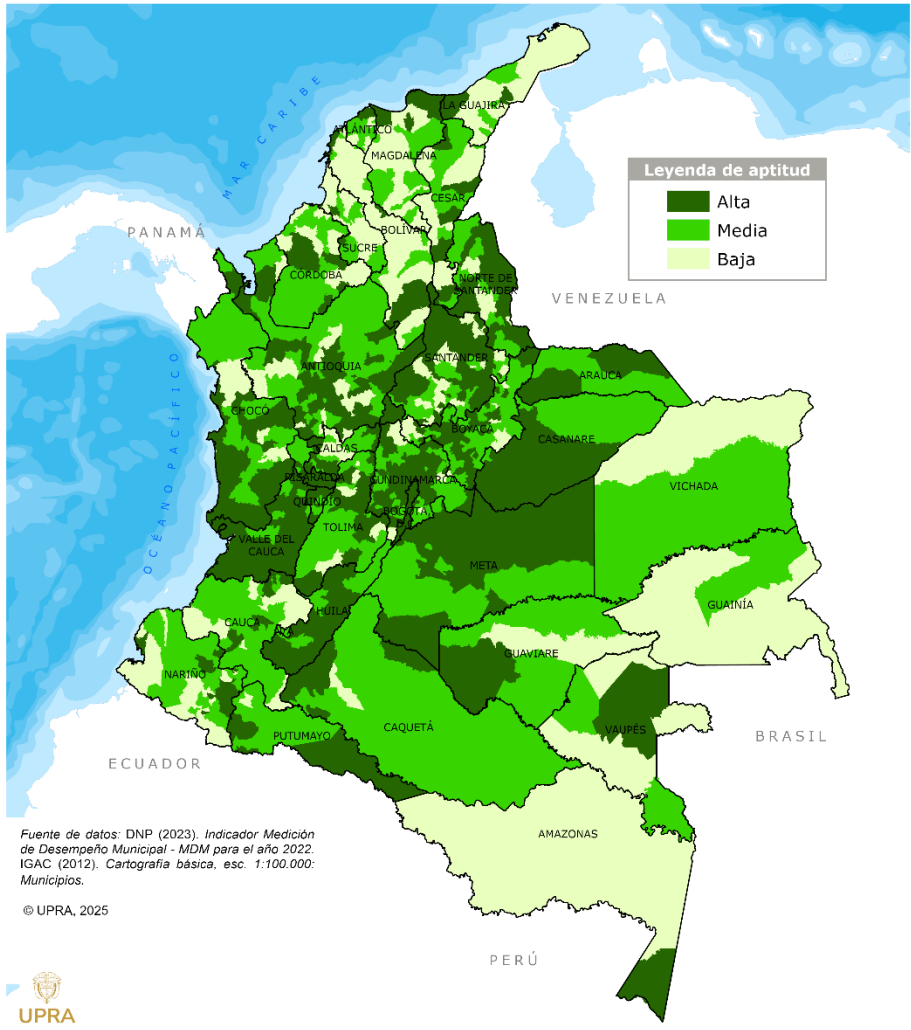
Para determinar los rangos de aptitud se asumió la calificación del Indicador de desempeño municipal (MDM). Este indicador se encuentra expresado entre 0 y 100, donde un municipio con una puntuación cercana a 100 obtuvo un excelente desempeño en el componente de gestión, y a su vez buenos resultados 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.

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, media y baja, basándose en clasificación usada por el DNP y el desarrollo metodológico de este indicador. Las categorías de aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Indicador MDM (puntaje)	Aptitud
> 55	Alta (A1)
45-55	Media (A2)
< 45	Baja (A3)

Unidad de análisis	Indicador MDM (puntaje)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja <i>Fuente de datos: DNP (2023). Indicador Medición de Desempeño Municipal - MDM para el año 2022. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000; Municipios.</i> © UPRA, 2025  UPRA CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS Variable Desempeño municipal	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2018). <i>Nueva Medición del Desempeño Municipal (MDM)</i>. - Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2024). <i>Medición del desempeño municipal. Informe de resultados MDM 2022</i>. Recuperado de: < https://2022.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Estudios-Territoriales/Indicadores-y-Mediciones/Paginas/desempeno-integral.aspx >. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios. Bogotá</i>.	

3.7.3. Variable Créditos otorgados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Económico
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Créditos otorgados	UNIDAD DE MEDIDA: Municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Clasifica los municipios según si hay registro de créditos otorgados para las actividades agropecuarias que están direccionados a personas naturales o jurídicas, para construir o mejorar los procesos de siembra y producción de comercialización ahuyama, colocados en condiciones preferenciales de Finagro, a través de la banca comercial, que son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés, respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG). Para esta medición se tuvo en cuenta la sumatoria de los valores a precios de 2022, desde el año 2020 hasta el 2023, a nivel municipal.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Busca darle mayor aptitud aquellas zonas del país que tienen un apalancamiento financiero con recursos públicos relacionado con la siembra y producción de ahuyama. 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 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 créditos otorgados para la siembra y producción de ahuyama, en un periodo de tiempo determinado (2020-2023), 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		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La información de Finagro solo considera los créditos otorgados a la cadena productiva destinados a este fin y canalizados a través de la banca pública (Banco Agrario de Colombia) y la banca privada (redescuento). Sin embargo, no incluye los créditos concedidos con recursos de captación de la banca privada (créditos comerciales). Además, la ubicación de los créditos puede diferir del municipio donde se invierten finalmente los recursos. Esto también se aplica a la actividad específica que se financiará, ya que los fondos pueden		

respaldar tanto actividades relacionadas con el sector agropecuario como iniciativas de agentes económicos no especializados en dicha actividad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) (2024). Colocación de créditos otorgados para la siembra y producción de ahuyama, 2020-2023.

Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre 2020 y 2023 traídos a valores 2023, para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis. Para llevar los valores a precios 2023 se utilizaron los valores oficiales reportados por el DANE de inflación enero a diciembre de 2020 a 2022.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

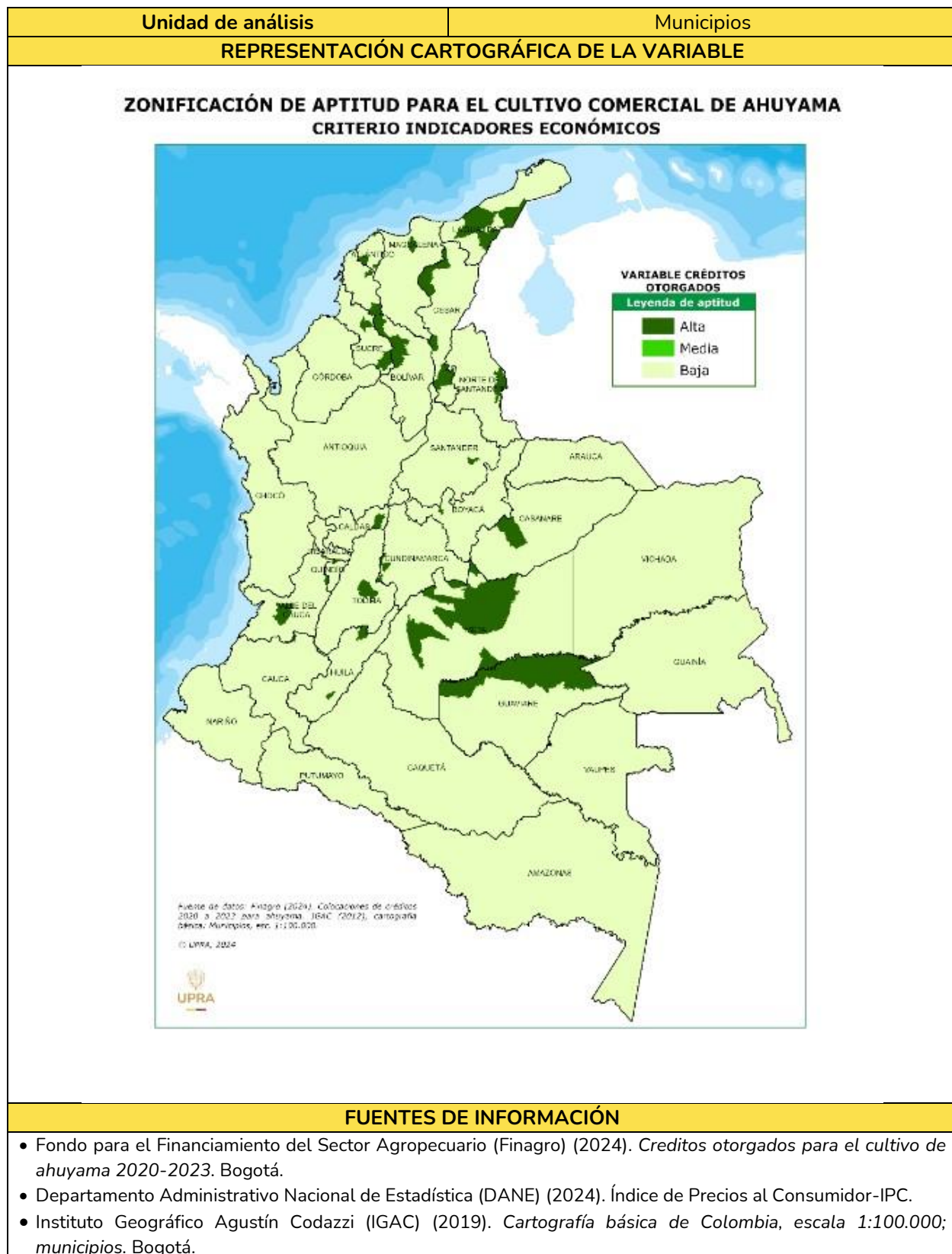
Se calculó la suma anual de créditos otorgados por municipio para actividades de siembra y producción de ahuyama, en millones de pesos de 2023, para los años 2020 a 2023. Se calcula el factor de conversión o de indexación que se empleará para 2020, 2021 y 2022 de acuerdo con las cifras de la serie de IPC, con dichos factores se procede a transformar en términos reales los valores desembolsados para estos periodos y dejarlos expresados en pesos de 2023. Por último, se realiza la sumatoria anual de los valores totales desembolsados por parte de Finagro en crédito para la producción de ahuyama por municipio entre los años 2020 y 2023.

Para la estimación de los rangos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), dado que para la producción y siembra de ahuyama no se constata créditos en la mayoría de municipios del país, sino en sólo 51 (4,5 % de los municipios), se generan sólo dos rangos de aptitud; donde la *aptitud alta* (A1) corresponde a aquellos municipios donde se otorgaron créditos (registros en la base de datos Finagro) para la siembra y producción de ahuyama, y la *aptitud media* (A2), los demás municipios (sin registros de créditos otorgados para la producción de ahuyama). Así las cosas, para esta variable, no se clasifican municipios en la *aptitud baja* (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2)

Municipios	Aptitud
Con créditos otorgados	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)



3.7.4. Variable Seguros agropecuarios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción de ahuyama, 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).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La toma de seguros evidencia las zonas donde los cultivadores de ahuyama protegieron 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 pudo 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. En el periodo estudiado, el apoyo recibido por parte del MADR para el pago de primas correspondió, dependiendo el tipo de productor (grande, mediano o pequeño), al 50 % o hasta el 85 % del costo de las mismas, de conformidad con las resoluciones 06 del 2022 y 03 del 2021 emitidas por la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario (CNCA). Esta variable identifica las unidades productivas y/o asociaciones que tomaron pólizas individuales o colectivas, de manera que el riesgo a gestionar se centra en los riesgos ajenos al control del tomador y que están relacionados con riesgos naturales.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
De acuerdo con el análisis de la variable, no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		



LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La fuente de consulta identifica la expedición de seguros agrícolas para ahuyama en determinados municipios. No se puede establecer qué tipo de productor (pequeño, mediano o grande) tomó el seguro, o si la póliza fue individual o colectiva.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) (2021). Municipios en donde se ubican los proyectos productivos que tomaron seguros agrícolas para el cultivo de ahuyama 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 ahuyama, desde el año 2017 al 2021.

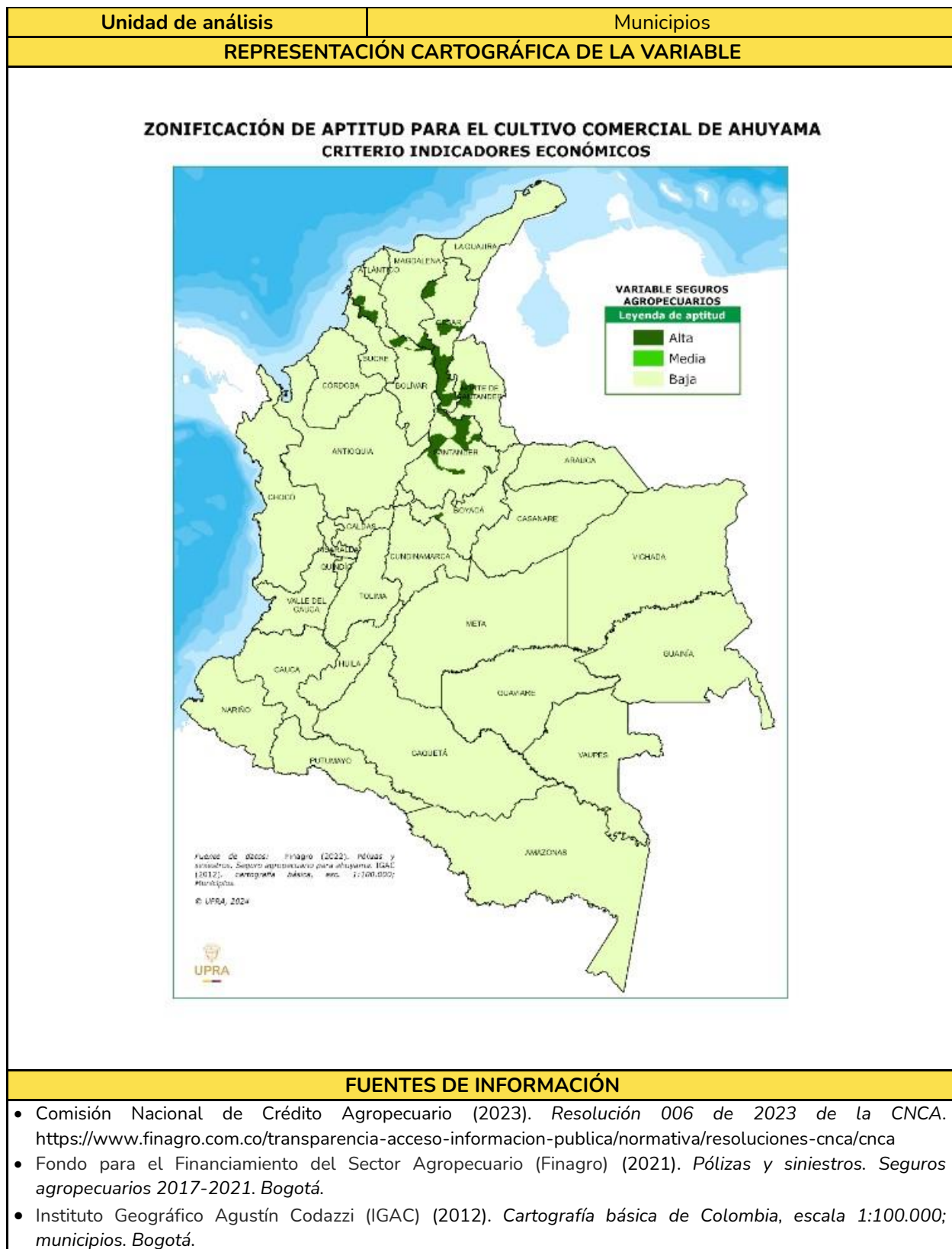
3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para definir los rangos de aptitud se tiene en cuenta en qué municipios se expidió una póliza de seguro y en cuáles no.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Municipios	Aptitud
Con cobertura de seguro agrícola	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)



3.7.5. Variable Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 2017.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Busca el fortalecimiento de la productividad y la competitividad, acelerando el crecimiento y el desarrollo con la creación de empresa y la generación de empleo, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta. Por medio de la priorización de las Zomac se logra incorporar geográficamente los potenciales incentivos tributarios para el desarrollo económico-social, el empleo y las formas organizadas de los campesinos, comunidades indígenas, afrodescendientes, raizales, palenqueras y productores rurales, donde el Estado está buscando cerrar la brecha económica y social existente entre ellas y el resto del país, frente al hecho que estos municipios han estado en desventaja históricamente por el conflicto armado frente a otras zonas del país.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
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		
Información. MinHacienda. Decreto No. 1650 de 2017. Precisiones de la información. Listado de municipios declarados Zomac.		



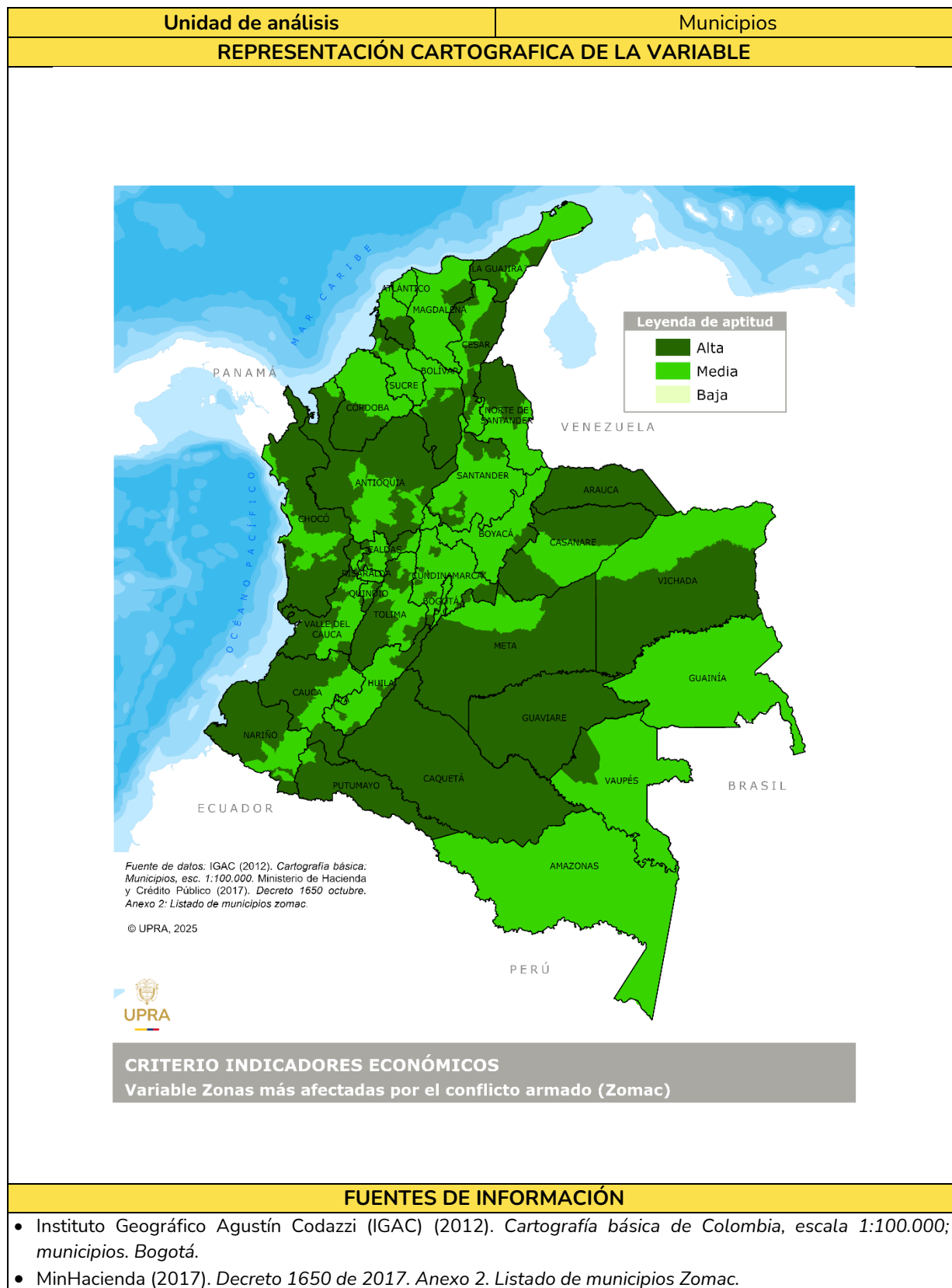
Análisis de la consistencia y preparación de la información.

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 las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2). Se excluye la posibilidad de que esta variable tome valores (A3) por considerar que sería un castigo en términos de aptitud para los municipios que no sean beneficiados.

Municipios	Aptitud
Declarados Zomac	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)





3.7.6. Variable Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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: • <i>Obras PDET</i>: Las comunidades son protagonistas en el proceso de construcción de sus obras. • <i>Obras por impuestos</i>: Mecanismo para que los contribuyentes ejecuten proyectos de impacto social. • <i>OCAD Paz</i>: Iniciativa que tiene como propósito destinar recursos de las regalías para ejecutar proyectos de inversión en los territorios PDET • <i>Proyectos productivos</i>: De la mano de las comunidades y entidades locales se adelantan proyectos para dinamizar la economía de los territorios PDET • <i>Estructuración de proyectos</i>: La ART entrega a las alcaldías la estructuración de proyectos para que los entes territoriales puedan presentarlos a diferentes fuentes de financiación. • <i>Plan maestro de estructuración</i>: Iniciativa que busca identificar las estrategias y fuentes de financiación para estructurar proyectos PDET. • <i>Yo me subo a mi PDET</i>: Comunidades y organizaciones se suben a los PDET mediante la ejecución directa de proyectos. • <i>Proyectos integradores</i>: Proyectos con enfoque territorial, los cuales contemplan la intervención articulada, planeada y focalizada. • <i>Cofinanciación</i>: De la mano con cooperación internacional avanza la implementación de los PDET Los municipios PDET se constituyen como un direccionador de paz del Presupuesto General de la Nación con el accionar entre otros de los OCAD Paz, del Fondo Colombia en Paz, de la Agencia de		

Renovación del Territorio y del Fondo Colombia Sostenible. El sector privado y la cooperación internacional han identificado 77 proyectos sociales por COP 615 mil millones dentro de la estrategia de obras por impuestos, mientras que la cooperación internacional tiene ya 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

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

Información.

Agencia de Renovación del Territorio (ART) (2020). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial.

Precisiones de la información.

Listado de municipios declarados PDET.

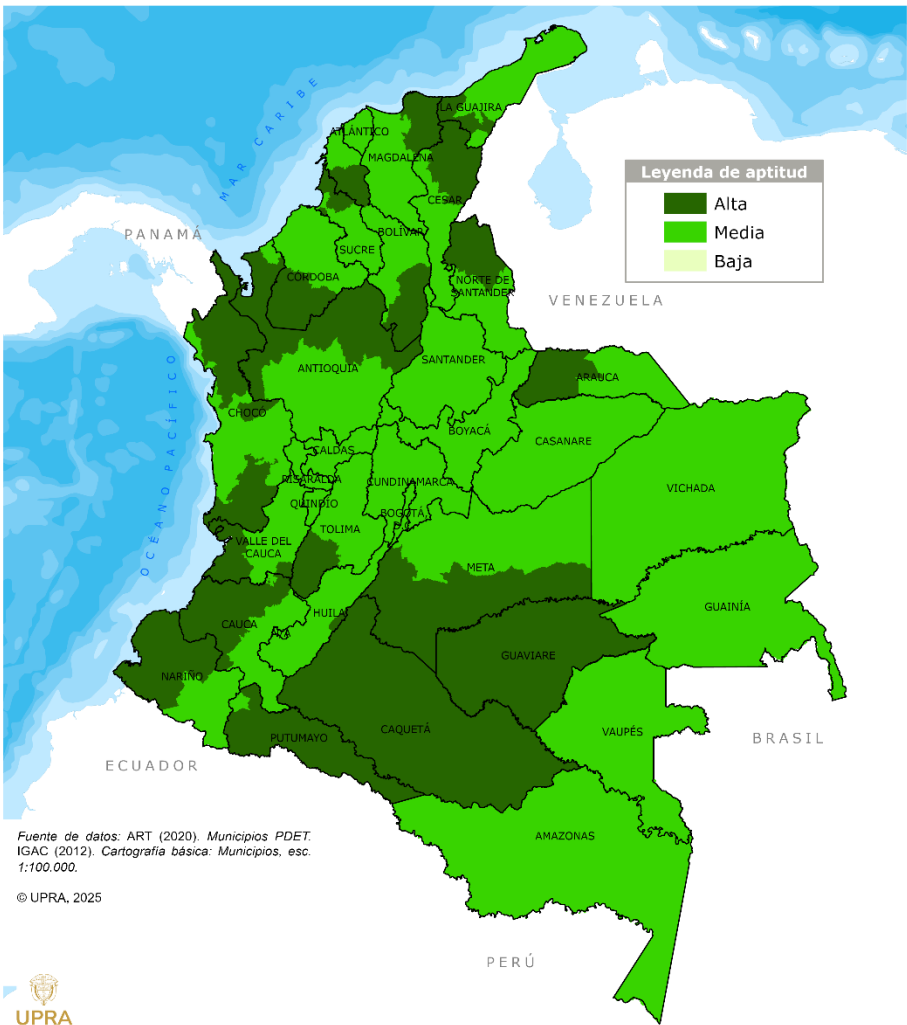
Análisis de la consistencia y preparación de la información.

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).

Municipios	Aptitud
Declarados PDET	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios
REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE	
 Leyenda de aptitud - Alta - Media - Baja Fuente de datos: ART (2020). Municipios PDET. IGAC (2012). Cartografía básica: Municipios, esc. 1:100.000. © UPRA, 2025  UPRA CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS Variable Programas de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Agencia de Renovación del territorio (ART) (2022). <i>Municipios priorizados con programas de desarrollo con enfoque territorial</i>. https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/MunicipiosPDET.xlsx - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000; municipios. Bogotá.</i>	

3.8 Criterio Seguridad ciudadana

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) para el mercado nacional	
COMPONENTE: Socioeconómico		SUBCOMPONENTE: Social
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• <i>Homicidios rurales</i>, expresados en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes. • <i>Extorsiones rurales</i>, expresadas en tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes. • <i>Hurtos rurales</i>, expresados en tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes. • <i>Secuestros rurales</i>, expresados en tasa de secuestros 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 a los hurtos, extorsiones, homicidios y secuestro, 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 hurtos, extorsiones, homicidios y secuestro, 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

Para clasificar cada una de las variables, se inicia relativizando la información del número de delitos reportados en zona rural respecto a la población de cada municipio; mediante el cálculo del *Índice del delito 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 2019-2023.
- 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 2023, 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.

Después de la construcción del índice, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron datos reportados y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos registrados durante este período de análisis.

A continuación, al primer grupo de municipios donde no ocurrió el delito, se les asignó aptitud alta (A1) y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos. Para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres ($k = 2$).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia 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 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 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) base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio uno o más delitos.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La 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	Homicidios rurales	Extorsiones rurales	Hurtos rurales	Secuestros rurales	Ponderación (%)
Seguridad ciudadana	Homicidios rurales	1				42,9
	Extorsiones rurales	1	1			37,8
	Hurtos rurales	1/5	1/3	1		12,8
	Secuestros rurales	1/5	1/5	1/3	1	6,5

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

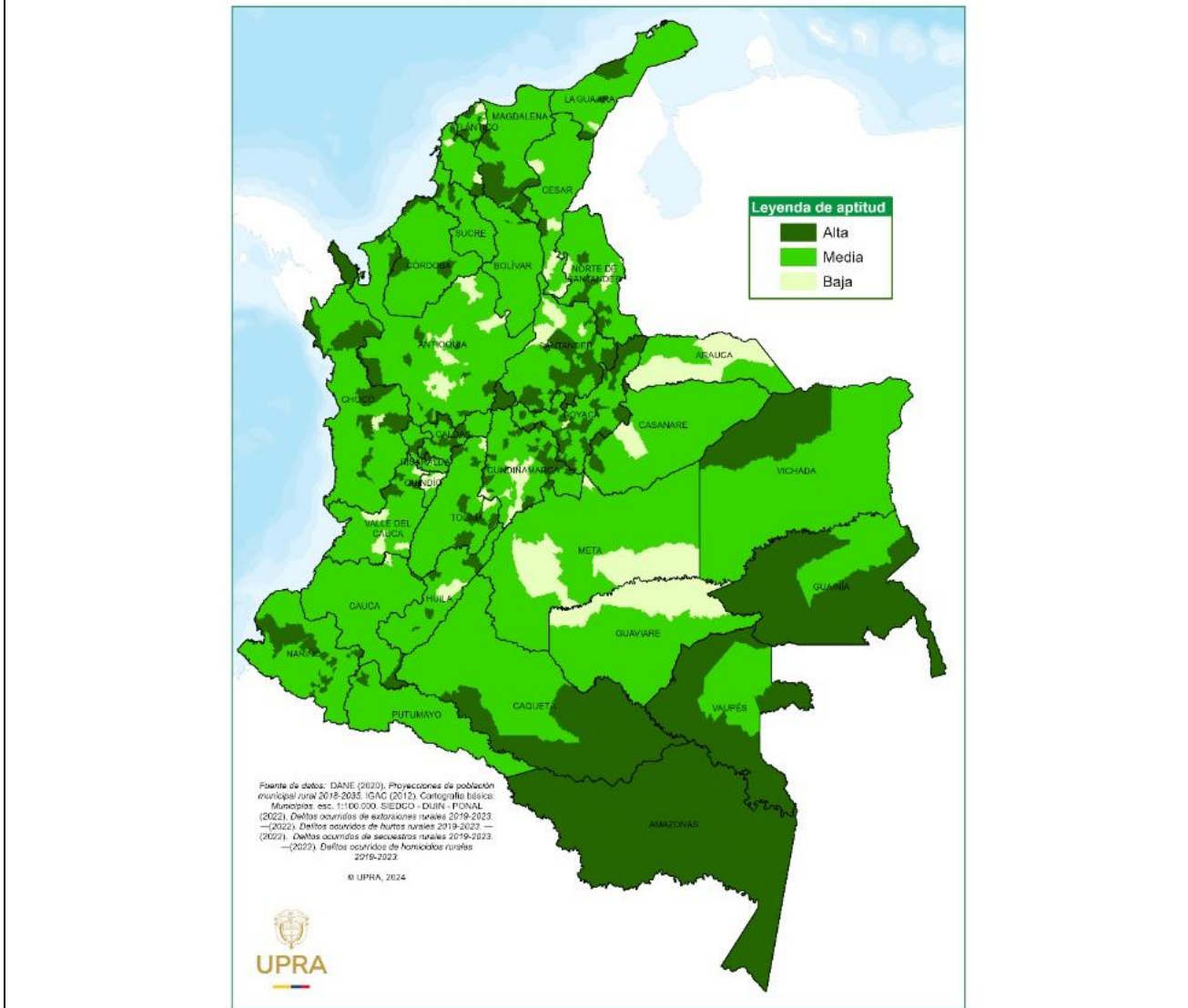
Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	$\leq 0,8265$	$> 0,8265$

Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2066	> 0,2066
Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 6,2464	> 6,2464
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0617	> 0,0617

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE AHUYAMA
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN	
------------------------	--

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). *Cartografía básica de Colombia*, escala 1:100.000. Bogotá.

- Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo de la Policía Nacional (Siedco), Dirección Central de Policía Judicial (Dijin), Policía Nacional (Ponal) (2023). *Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2019-2023*. Bogotá.
- Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo de la Policía Nacional (Siedco), Dirección Central de Policía Judicial (Dijin), Policía Nacional (Ponal) (2023). *Delitos ocurridos de homicidios rurales 2019-2023*. Bogotá.
- Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo de la Policía Nacional (Siedco), Dirección Central de Policía Judicial (Dijin), Policía Nacional (Ponal) (2023). *Delitos ocurridos de secuestros rurales 2019-2023*. Bogotá.
- Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo de la Policía Nacional (Siedco), Dirección Central de Policía Judicial (Dijin), Policía Nacional (Ponal) (2023). *Delitos ocurridos de hurtos rurales 2019-2023*. Bogotá.

3.8.1. Variable *Homicidios rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>, <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 <i>homicidĭum</i> y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. El homicidio se puede definir como «Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional» (Inmlcf. <i>Homicidio Colombia 2008</i> . Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La población rural se ve afectada por la ocurrencia de esta actividad violenta, 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		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1)		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Las fuentes de información consultadas para la variable homicidios rurales, 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

Información.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020), Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2023.

Policía Nacional (2023). Casos de homicidios en zona rural 2019 a 2023.

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.

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”.

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)
$\leq 0,8265$	Media (A2)
$> 0,8265$	Baja (A3)



Unidad de análisis	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
Fuente de datos: DANE (2020). <i>Proyecciones de población municipal rural 2018-2035</i>. IGAC (2012). <i>Cartografía básica: Municipios</i>, esc. 1:100.000. SIEDCO - DIJIN - PONAL (2023). <i>Delitos ocurridos de homicidios rurales 2019-2023</i>. © UPRA, 2025 UPRA	
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA Variable Homicidios rurales	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018). <i>Censo nacional de Población y Vivienda. Población centro poblado y rural disperso</i>. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Inmlcf). <i>Homicidio Colombia 2008</i>. Bogotá. • Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Inmlcf). <i>Comportamiento del Homicidio en Colombia 2013</i>. Bogotá. • Policía Nacional (2023). Grupo Información de Criminalidad (Gicri). Policía Nacional - Dijin. <i>Datos 2019-2023</i>. Bogotá.	



3.8.2. Variable Extorsiones rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial y está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero» (Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Los productores agropecuarios están expuestos a la ocurrencia de la actividad extorsiva que afecta directamente la integridad del productor y sus ingresos, por ello la variable al mostrar su comportamiento del delito; constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores, al permitir conocer a través de la información reportada el comportamiento del delito a nivel municipal. Podría contribuir igualmente, 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 <i>aptitud alta</i> (A1).		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. DANE. (2020), Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyectada para el año 2023. Policía Nacional 2023. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2019 a 2023. 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. 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 <i>Índice de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales</i>.		



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

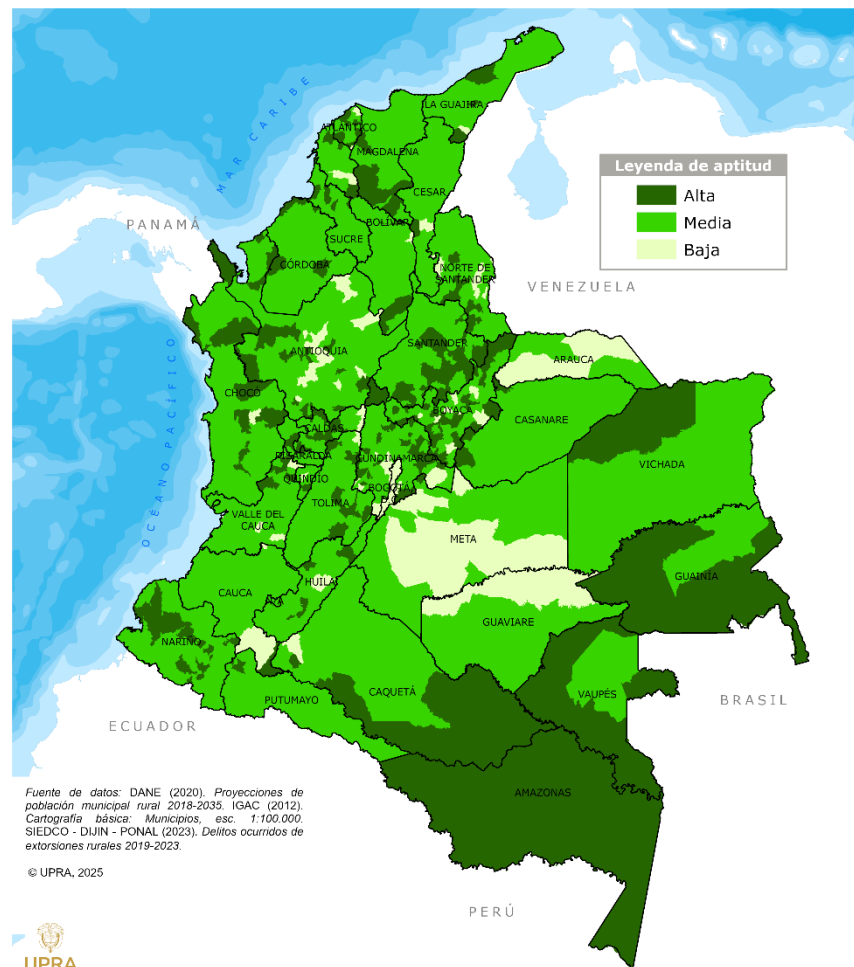
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
$\leq 0,2066$	Media (A2)
$> 0,2066$	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



Fuente de datos: DANE (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. IGAC (2012). Cartografía básica: Municipios, esc. 1:100.000. SIEDCO - DIJIN - PONAL (2023). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2019-2023.

© UPRA, 2025



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable Extorsiones rurales



FUENTES DE INFORMACIÓN	
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá. - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000</i>. Bogotá. - Policía Nacional (2023). <i>Grupo Información de Criminalidad (Gicri)</i>. Policía Nacional - Dijin. Datos 2019-2023. Bogotá. - Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004. - Código Penal Colombiano. Ley 599 de (2000). Artículo 244. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado.	

3.8.3. Variable *Hurtos rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. 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, razón por la cual la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad o posible riesgo de los bienes 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		
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

Información.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2023.

Policía Nacional (2023). Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2019 a 2023.

Precisiones de la información.

Se analizó el número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en Zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.

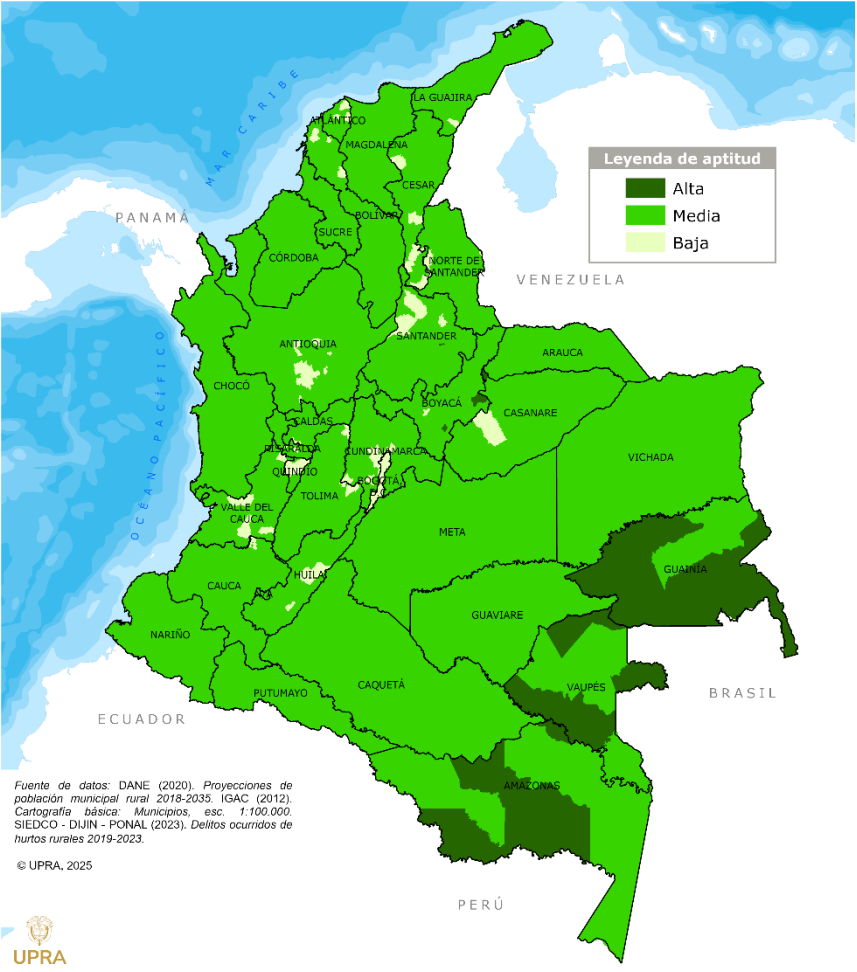
Análisis de consistencia y preparación de la información.

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*.

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)
$\leq 6,2464$	Media (A2)
$> 6,2464$	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	
 CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA Variable Hurtos rurales	
FUENTES DE INFORMACIÓN	
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). <i>Cartografía básica de Colombia</i>, escala 1:100.000. Bogotá. • Ley 599 DE 2000 Código Penal Colombiano, artículo 243. Recuperado de: <http://www.secretariassenado.gov.co/senado>. • Policía Nacional. (2023). <i>Grupo Información de Criminalidad (Gicri)</i>. Policía Nacional - Dijin. Datos 2019-2023. Bogotá.	



3.8.4. Variable Secuestros rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de ahuyama o zapallo (<i>Cucurbita maxima</i> , <i>Cucurbita moschata</i> y sus híbridos) 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 (Ley 599 de 2000, artículo 168).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La producción en el sector rural, se ha visto especialmente afectada por el conflicto interno, que ha traído consigo 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 secuestros rurales, 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 <i>aptitud alta</i> (A1).		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el año 2023. Policía Nacional (2023). Información de secuestros: 2019 a 2023. 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. 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 <i>Índice de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales</i>.		

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

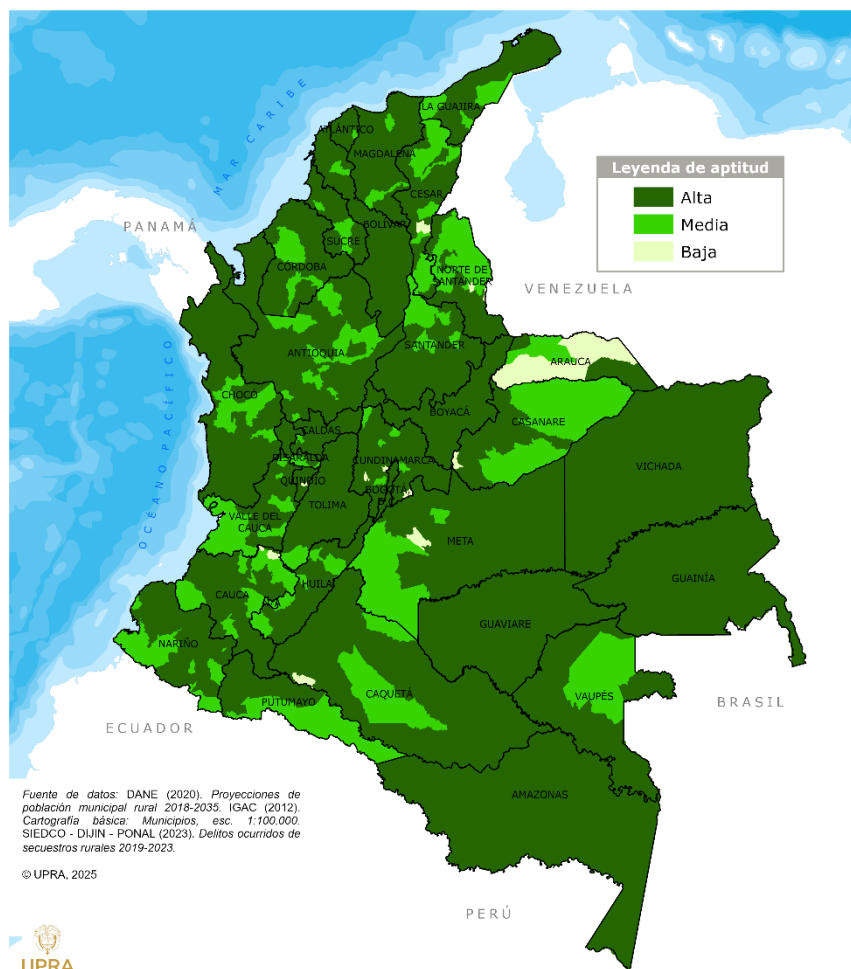
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
$\leq 0,0617$	Media (A2)
$> 0,0617$	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable Secuestros rurales



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2020). *Proyecciones de población municipal rural 2018-2035*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo de la Policía Nacional (Siedco), Dirección Central de Policía Judicial (Dijin), Policía Nacional (Ponal) (2020). *Delitos ocurridos de secuestros rurales 2018-2022*. Bogotá.
- Ley 986 de 2005. “*Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada*”.



UPRA

