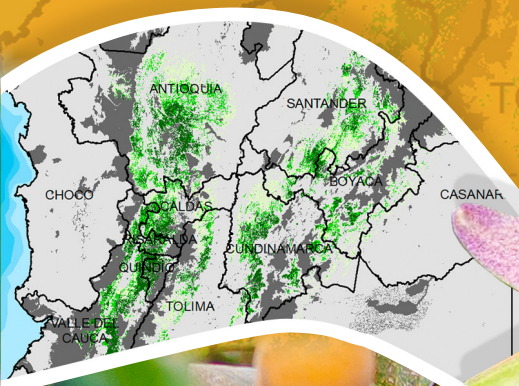
Cultivo comercial de granadilla

· Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000 ·



UPRA

Cultivo comercial de granadilla

· Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000 ·

UPRA

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)

Claudia Cortés López
Directora general

Juan Carlos López Gómez
Secretario general

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

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

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

Adriana Pérez Orozco
Emiro José Díaz Leal
Juan Carlos Avellaneda Micolta
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

Editora
Claudia Cortés López

Dirección técnica
Alexander Rodríguez Romero
Daniel Alberto Aguilar Corrales

Coordinación técnica
Renato Baldovino Guevara
Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Autores
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Claudia Cortés López
Sebastián Polo Carrera
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Carlos Alberto Novoa Barajas
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín
Luisa María Lagos Riaño
Jaime Vergara Hincapié
Mayra Alejandra Velásquez Ramos

Compilación y edición
Jeimy Paola Jiménez Sánchez
Carlos Alberto Novoa Barajas
Pedro David Porras Rodríguez
Luis Alberto Rosas Acosta

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

Representación cartográfica
Nancy Alarcón
Wilson Cabanzo
Alejandra Castrillón
Alejandro Moreno
Carlos Ruíz
Jaime Unriza

Coordinación equipo de publicaciones
Johana Trujillo Moya

Revisión de texto y estilo
Xavier Humberto Páez Ochoa

Diseño y diagramación
Constanza Rodríguez Ramírez
Sonia Mireya Montaño Bermúdez

Fotografía e imágenes
Banco de imágenes UPRA
Edgar Mauricio Carrillo
Andrés Eduardo Paz Duarte

Este documento es propiedad intelectual de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Sólo se permite su reproducción parcial cuando no se use con fines comerciales. Se debe citar este documento así: Siachoque, R., Cortés, C., Polo, S., Páramo, G., Acosta, C., Gómez, J., García, L., Novoa, C., Rodríguez, H., Lagos, L., Vergara, J., Velásquez, M. (2023). *Cultivo comercial de granadilla para el mercado nacional y de exportación en Colombia*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). URL del documento ISBN: en trámite Elaborado: © UPRA 2023

ISBN: 978-628-7697-24-9
Elaborado:
© UPRA 2023

Resumen

En este documento se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en Colombia para su comercialización en el mercado nacional e internacional a escala 1:100.000. El estudio es producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que ha llevado a cabo la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) con el fin de dirigir la inversión del sector agropecuario.

El documento está estructurado en cuatro secciones: la primera presenta los antecedentes del sector de las pasifloras en cuanto a su importancia tanto internacional como nacional y el contexto político, normativo y sectorial de la cadena; la segunda aborda el marco conceptual, cuyo enfoque multidisciplinario toma en consideración los principios del esquema de evaluación de tierras, la perspectiva socioecosistémica y las condiciones de competitividad, lo cual se plantea a partir de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente; la tercera 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); la cuarta expone los resultados de la zonificación, representados en los mapas de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla, e incluye las conclusiones y las fuentes bibliográficas consultadas. Finalmente, a manera de anexo, se detallan, para los criterios y variables empleados en la zonificación de aptitud, las fichas metodológicas, que incorporan la definición, la importancia, los rangos de calificación, los mapas de salida como soporte al proceso metodológico y las fuentes de información consultadas.

Se identificaron 9 criterios físicos, 5 socioecosistémicos y 7 socioeconómicos, conformados por 66 variables, a partir de lo cual se obtuvo el mapa de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla, dirigido tanto al consumo nacional como a la exportación, a escala 1:100.000. En el mapa general se identificó que Colombia tiene 5.879.558 hectáreas aptas para el cultivo comercial de la granadilla, equivalentes al 13,7 % de la frontera agrícola nacional. De las áreas aptas, 2.204.013 hectáreas fueron categorizadas con *aptitud alta* (A1); 1.615.059, con *aptitud media* (A2); y 2.060.486, con *aptitud baja* (A3).

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

Tabla de contenido

Resumen 6
Índice de tablas 10
Índice de figuras 12
Glosario 14
Lista de signos y símbolos 17
Abreviaturas, acrónimos y siglas 18
Introducción 20

1. **Antecedentes** 25

1.1. Contexto sectorial 26
1.1.1. Generalidades del cultivo 27
1.1.2. Descripción morfológica 27
1.1.3. Clasificación taxonómica 28
1.1.4 Requerimientos ambientales para el cultivo de la granadilla 28
1.1.5 Aspectos fitosanitarios 28

1.2. Contexto mundial 28
1.2.1 Producción mundial de frutas tropicales 29
1.2.2 Consumo mundial de frutas tropicales 30
1.2.3 Comercio mundial de frutas tropicales 30

1.3. Contexto nacional 34
1.3.1. Producción, área y rendimientos 34
1.3.2. Consumo de pasifloras 44
1.3.3. Comercio de granadilla/balanza comercial, periodo 2019-2020 45
1.3.4. Exportaciones de granadilla 46

1.4 Alcance y limitaciones 48

2. **Marco conceptual** 51

3. **Marco metodológico** 57

3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 61

3.2. Criterios de análisis jerárquico 62

3.2.1. Componente físico 62

3.2.2. Componente socioecosistémico 69

3.2.3. Componente socioeconómico 74

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 80

3.3.1. Criterios y variables del componente físico 80

3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 82

3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico 85

3.4. Restricciones legales y condicionantes legales 88

3.5. Análisis multicriterio 108

3.5.1 Proceso analítico jerárquico 108

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 109

3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico 114

3.7. Proceso de socialización y validación 118

4. **Resultados** 123

5. **Conclusiones** 133

6. **Referencias** 138

7. **Anexo** 151

Índice de tablas

Tabla 1. Producción mundial en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019.....29

Tabla 2. Cantidad importada en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019.....31

Tabla 3. Valor en dólares de la fruta tropical fresca importada, periodo 2014-2019.....32

Tabla 4. Cantidad exportada en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019.....33

Tabla 5. Valor en dólares de la fruta tropical fresca exportada, periodo 2014-2019.....33

Tabla 6. Área, producción y rendimiento nacional del cultivo de pasifloras, periodo 2017-2021.....34

Tabla 7. Área por departamento con cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021.....36

Tabla 8. Producción por departamento de los cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021...37

Tabla 9. Rendimiento por departamento de los cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021.....37

Tabla 10. Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de la granadilla, periodo 2015-2021.....38

Tabla 11. Área cosechada en hectáreas del cultivo de granadilla por departamento, período 2015-2021.....40

Tabla 12. Producción en toneladas del cultivo de granadilla por departamento, periodo 2015-2021.....42

Tabla 13. Rendimiento promedio en toneladas por hectárea del cultivo de la granadilla por departamento, periodo 2015-20211.....44

Tabla 14. Consumo nacional de pasifloras, periodo 2014-2018.....44

Tabla 15. Balanza comercial de la granadilla, periodo 2019-2020.....45

Tabla 16. Estructura de la partida arancelaria de la granadilla.....45

Tabla 17. Exportaciones colombianas de granadilla, periodo 2010-2020.....46

Tabla 18. Principales destinos de exportación de granadilla en toneladas, periodo 2010-2020.....47

Tabla 19. Principios de la evaluación de tierras.....55

Tabla 20. Variables del subcomponente climático.....64

Tabla 21. Criterios y variables del subcomponente edáfico.....64

Tabla 22. Variables del subcomponente fitosanitario.....68

Tabla 23. Criterios y variables del componente socioecosistémico 70

Tabla 24. Componente socioeconómico de la granadilla 75

Tabla 25. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 80

Tabla 26. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico 81

Tabla 27. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico 83

Tabla 28. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico 85

Tabla 29. Restricciones legales....89

Tabla 30. Condicionantes legales 96

Tabla 31. Escala de importancia dentro del proceso analítico jerárquico....109

Tabla 32. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio 110

Tabla 33. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla 111

Tabla 34. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla....112

Tabla 35. Matriz de paso para el cruce de componentes de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla....113

Tabla 36. Porcentaje según las categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo de la granadilla 124

Tabla 37. Resultado en hectáreas de la zonificación para el cultivo comercial de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000 ...126

Tabla 38. Principales municipios con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia ..128

Tabla 39. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo de la granadilla en Colombia 129

Tabla 40. Principales municipios con aptitud media (A2) para el cultivo de la granadilla en Colombia....130

Tabla 41. Principales municipios con aptitud baja (A3) para el cultivo de la granadilla en Colombia 131

Índice de figuras

Figura 1. Flor y hojas de la granadilla 27

Figura 2. Producción mundial en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019.....30

Figura 3. Producción y rendimiento de pasifloras en Colombia, periodo 2017-2021 35

Figura 4. Área cosechada y rendimiento de pasifloras en Colombia, periodo 2017-2021 35

Figura 5. Producción y rendimiento del cultivo de la granadilla en Colombia, periodo 2015-2021 39

Figura 6. Área cosechada y rendimiento del cultivo de la granadilla en Colombia, período 2015-2021.....40

Figura 7. Comportamiento del área sembrada en hectáreas, período 2015-2021 41

Figura 8. Participación por departamento de la producción del cultivo de la granadilla, periodo 2015-2021.....43

Figura 9. Principales destinos de exportación de granadilla en pesos colombianos, periodo 2018-2020 48

Figura 10. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas 52

Figura 11. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos 59

Figura 12. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla 60

Figura 13. Criterios y variables del componente físico 63

Figura 14. Criterios y variables del componente socioecosistémico 70

Figura 15. Criterios y variables del componente socioeconómico 74

Figura 16. Mapa de restricciones legales.....95

Figura 17. Mapa de condicionantes legales ..107

Figura 18. Proceso de análisis de información espacial para obtener el mapa de zonificación de aptitud 115

Figura 19. Modelo cartográfico integral 116

Figura 20. Imagen de la presentación del TUT de la granadilla a Fedepasifloras 118

Figura 21. Productor de granadilla en la vereda San Juan, municipio de La Plata, Huila 119

Figura 22. Datos geográficos de la finca El Recreo, municipio de Algeciras, Huila 120

Figura 23. Calidad de la granadilla en la vereda La Primavera, municipio de Algeciras, Huila 120

Figura 24. Forma de empaque de la granadilla para su comercialización en Bogotá 120

Figura 25. Frutos de la granadilla, municipio de Algeciras, Huila 121

Figura 26. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla 121

Figura 27. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000 125

Figura 28. Principales departamentos con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia en hectáreas 127

Figura 29. Principales municipios con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia 128

Figura 30. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo de la granadilla en Colombia 129

Figura 31. Principales municipios con aptitud media (A2) para el cultivo de la granadilla en Colombia 130

Figura 32. Principales municipios con aptitud baja (A3) para el cultivo de la granadilla en Colombia 131

Glosario

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

Aptitud de la tierra: se refiere al potencial de establecer un tipo de utilización de la tierra, resultado del análisis de combinar los criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos enmarcados en la frontera agrícola (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2019).

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

Competitividad: es el determinante fundamental del modelo de *crecimiento y desarrollo sectorial*. Se asocia al uso eficiente de los factores de producción; a la consolidación de los altos niveles de innovación en los sistemas productivos; a la diversificación y ampliación de los mercados; a la articulación de los mercados regionales; y a la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar la calidad de vida (UPRA, 2015).

Componente: se refiere a la composición de varios elementos que se agrupan para dar significancia parcial a la aptitud. En la evaluación de tierras, están tipificados los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico (Massiris, 2017).

Condicionante legal: son las áreas cuyas actividades agropecuarias pueden ser permitidas, restringidas o prohibidas de acuerdo con las condiciones impuestas por la ley (Resolución 0261 de 2018, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR].

Criterio: es el conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural (Massiris, 2017).

Emparrado: es el nombre que recibe un sistema de soporte —conocido coloquialmente como ***tutorado***— para diversos cultivos, considerado el de uso más común para el cultivo de las pasifloras en Colombia. Se conforma de maderos y guadua de unos tres metros, así como de alambres de calibres 8, 12 y 16 para armar la cuadrícula, a dos metros de altura, que sostendrá la producción de los frutos.

Enfoque ecosistémico: se asocia tanto al uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas como al mantenimiento de la integridad ecológica, paradigma de conservación para el bienestar humano. Desde esta perspectiva, las estrategias de gestión deben considerar la dinámica en las escalas de la organización biológica y las interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales (Martín-López *et al*., 2009, como se citaron en UPRA, 2014).

Evaluación de tierras: proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, el cual considera aspectos físicos, económicos, sociales y ambientales. Además, tiene en cuenta las características económicas del uso propuesto; las consecuencias sociales tanto para la población del área como para el país; y las repercusiones, benéficas o adversas, para el medioambiente (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 1976).

Evaluación multicriterio: es un método diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios. Un criterio, base para una decisión, puede medirse o evaluarse. En este contexto, existen dos tipos de criterios: *factor*, para el cual se definen los niveles de aptitud; y *restricción*, que, para el presente 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 tales alternativas (Eastman ***et al.***, 1995).

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

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC): es la relación entre la precipitación y la evapotranspiración de referencia mensual, la cual se lleva a una medida de tendencia anual en función del rendimiento relativo de los cultivos (Doorenbos & Kassam, 1979).

Integridad ecológica (IE): se conoce como la medida no sólo del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, sino también de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos, tanto autogenerados como autosostenibles. La IE vincula el bienestar humano actual y futuro tanto al cuidado y protección de la tierra como a sus ecosistemas, hábitat de las especies (Mackey, 2005; Ciontescu, 2012).

Lígula: en las plantas, es una estructura filamentosa con forma de brácteas, que se ubica en la unión de las ramas con el tallo principal. En el caso de la granadilla, se encuentra en cada entrenudo. Se encarga de proteger los brotes tiernos y florales.

Pasiflora: género descrito por Carlos Linneo en 1753, perteneciente a la familia de las pasifloráceas. Contiene cerca de 600 especies, entre las cuales existe una gran cantidad que son comestibles, como la granadilla, el maracuyá, la gulupa, la badea y la cholupa.

Podas: es el nombre que reciben los cortes periódicos que se realizan en ciertas partes de la planta con el fin de favorecer la arquitectura, mejorar el tamaño de los frutos, obtener cosechas precoces y facilitar la aireación, la iluminación y el manejo fitosanitario (Gobernación del Huila, 2006). En la granadilla, se efectúan cuatro tipos de podas: *de formación, de inducción floral, de limpieza y de renovación*.

Polinización: proceso de transferencia del polen que abarca desde las anteras hasta el estigma de las flores para fertilizar el ovario y generar la producción de frutos. En las pasifloras, la polinización se suele presentar de manera

cruzada, es decir, entre diferentes plantas, y es causada por diversos insectos, especialmente, por abejorros del género *Xylocopa* y *Bombus*.

Restricción legal: se trata de zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario.

Tipo de utilización de la tierra (TUT): se refiere a un uso específico de la tierra que se describe a un nivel de detalle apropiado, según la escala de evaluación de tierras, en cuanto a los componentes físico, socioecosistémico y económico. Así mismo, considera las principales características agronómicas y productivas, los costos y los ingresos generados por la actividad de producción (UPRA y Universidad Nacional de Colombia, 2013).

Tutorado: nombre coloquial que recibe la estructura conformada por madera y alambre que, a manera de esqueleto, permite sostener las plantas volubles. La planta se enreda en el soporte, por lo que aleja los frutos y las hojas del suelo.

Uso consuntivo: se trata del requerimiento de agua neta para el arreglo de cultivos (Ideam, 2010).

Uso eficiente del suelo rural: se preocupa por armonizar espacial o temporalmente todos los usos del suelo en un área determinada para garantizar el bienestar humano y alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental del territorio (UPRA y Universidad Nacional de Colombia, 2013). En este sentido, la eficiencia se refiere tanto a la sostenibilidad integral como a la competitividad de los sistemas productivos (UPRA, 2015).

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

Zonificación: se entiende como el proceso que identifica y delimita las áreas con potencial para establecer y desarrollar 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 establecer iniciativas de inversión que orientan la formulación de políticas y la destinación de recursos tanto públicos como privados del sector (Massiris, 2017).

Lista de signos y símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
bar	unidad de presión
cm	centímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
H	hora
ha	hectárea
kg	kilogramo
km	kilómetro
km^2	kilómetro cuadrado
kPa	kilopascal (10^3 Pa)
Ln	logaritmo natural
m	metro
me	miliequivalentes
m^3	metro cúbico
m^2	metro cuadrado
mm	milímetro
Mm^3	millones de metros cúbicos
mol	cantidad de sustancia
Pa	pascal (unidad de presión)
ppm	partes por millón
S	siemens (medida de conductancia eléctrica)
T	toneladas métricas

Abreviaturas, acrónimos y siglas

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 (Analytic Hierarchy Process)
AICA	Áreas de importancia para la conservación de aves
APC	Áreas prioritarias de conservación
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
Conpes	Consejo Nacional de Política Económica y Social
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia, a partir de noviembre de 2018)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DHR	Disponibilidad hídrica real
DMI	Distritos de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENA	Estudio nacional del agua
ETR	Evapotranspiración real
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
Fedepasifloras	Federación Colombiana de Productores de Pasifloras
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FOB	*Free on board* (libre a bordo): cláusula de comercio internacional
IAvH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
Icanh	Instituto Colombiano de Antropología e Historia
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

IDHC	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo
IE	Integridad ecológica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INAT	Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IUA	Índice del uso del agua
LEC	Línea especial de crédito
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCultura	Ministerio de Cultura
MEN	Ministerio de Educación Nacional
MinTransporte	Ministerio de Transporte
m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
PET	Población en edad de trabajar
pH	Potencial de hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)
PIB	Producto interno bruto
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
Runap	Registro único nacional de áreas protegidas
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinap	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SIOC	Sistema de Información de Gestión y Desempeño de las Organizaciones de Cadenas
SIG	Sistemas de Información Geográfica
TUT	Tipo de utilización de la tierra
Unesco	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, *Colombia potencia mundial de la vida*, Ley 2294 de 2023, en los artículos 32, 36 y 61 resalta las funciones de la UPRA en cuanto a 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 áreas de protección para la producción de alimentos (APPA) declaradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Del mismo modo, la normativa destaca el valor de la UPRA 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, las cuales pueden incluirse en la futura reforma rural integral.

En cumplimiento de lo estipulado en la Ley 1955 de 2019, la UPRA ejerce las funciones del Decreto 4145 de 2011, que crea esta institución 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. Igualmente, la Ley 1551 de 2012, en lo relacionado con la elaboración de planes de desarrollo y ordenamiento territorial, la Ley 1776 de 2016 de zonas Zidres (zonas de interés de desarrollo rural, económico y social) y la Resolución 0299 de 2019 (MADR, 2019a) 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*. El objetivo principal de este proyecto consiste en «Fortalecer la orientación de la política de planificación y la gestión del territorio para usos agropecuarios».

La UPRA fue creada por el Decreto 4145 de 2011 como una unidad administrativa especial de carácter técnico y especializado, sin personería jurídica, adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica. De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Decreto 4145 de 2011, se establecen las siguientes principales funciones de la UPRA: 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 tanto internos como externos; definir criterios y diseñar instrumentos para el ordenamiento del

suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, base en la definición de políticas consideradas por las entidades territoriales en los planes de ordenamiento territorial.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto formulado, 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 tanto del Ministerio de Hacienda y Crédito Público como del Departamento Nacional de Planeación (DNP). Además, se encuentra alineado con el presupuesto orientado a resultados (POR) del programa 1704 de ordenamiento social y uso productivo del territorio rural, con lo cual se allana el camino a las intervenciones para mejorar el acceso, uso y aprovechamiento adecuado de las tierras rurales. El programa se compone de los siguientes elementos: 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 instrumentos para la regulación del mercado de tierras. En este sentido, la Dirección de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras (DUESAT) de la UPRA planteó poner en marcha estudios con el propósito de generar mecanismos técnicos para la definición de políticas públicas que están a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y sus entidades adscritas.

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

Así pues, la UPRA se encargó de proponer diversas zonificaciones para los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero, cuyo enfoque interdisciplinario partió del principio según el cual la zonificación, como instrumento de planificación para las zonas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas. Para lograrlo, la unidad ha combinado características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden ser interpretadas de acuerdo con los objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz-Lozano, Granados-Barba, & Espejel, 2009).

Desde el año 2013, la UPRA ha realizado adaptaciones a la metodología de evaluación de tierras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y propuso, como un primer instrumento, la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional, metodología a escala 1:100.000 (UPRA, 2013). Para ello, la entidad se ha basado en el enfoque de la FAO, en lo relativo a la aplicación, e incorporó los aspectos socioeconómicos —referidos a la competitividad de las áreas—, políticos y de gobernabilidad. La metodología fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos y socioecosistémicos se funden en una matriz (biofísica), mientras que los socioeconómicos en otra matriz, son ponderados de acuerdo con las características

de una determinada cadena productiva. Al final, se consolidó una matriz de paso entre los dos mapas intermedios para obtener resultados de zonas aptas para un determinado uso.

En tal escenario, la UPRA ha adelantado estudios que sirven como referencia no sólo para la actividad misional de la unidad, sino también como medio para la validación de las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en el marco de las actividades restantes. De este modo, desde el año 2014 la UPRA ha venido realizando ejercicios de zonificación de cultivos que ya suman más de 36 cadenas productivas, entre las que se destacan las agrícolas, a saber: cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate hass, mango, papaya, fresa, piña, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón, algodón, banano de exportación y caña de azúcar para la producción de panela. Por su parte, la zonificación forestal agrupa las 33 especies que abarca el certificado de incentivo forestal (CIF), instrumento del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a la cual se suma la del caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias en la UPRA iniciaron con la zonificación de aptitud para la avicultura en el año 2016; le siguió el mapa de zonificación de aptitud para el sector porcícola a nivel nacional 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 gramínea para el pastoreo. A partir del año 2020, se ha llevado a cabo la definición de zonas aptas para la producción de búfalos, de caprinos y de ovinos en Colombia.

Entre los objetivos específicos de la presente zonificación de aptitud, se destacan los siguientes: a) crear los lineamientos técnicos y metodológicos dirigidos a la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en Colombia, mediante la definición de los criterios y variables que inciden en la delimitación de áreas con aptitud; la definición de los procesos de integración de los criterios para la zonificación y la identificación/estandarización de la información geográfica disponible en las bases de datos pertinentes; y elaborar, con base en la metodología propuesta, el mapa de zonas aptas para el cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.), dirigido tanto al mercado nacional como al de exportación en Colombia a escala 1:100.000.

1 Antecedentes

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), desde el año 2014, ha consumado diversas zonificaciones de aptitud a escala 1:100.000 para todo el territorio colombiano. Entre éstas, se destacan las zonificaciones de plantaciones forestales comerciales, caucho natural, cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate hass, mango, papaya híbrida tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón algodón, caña de azúcar para la producción de panela, banano de exportación y papa de la variedad diacol capiro para uso industrial. A la fecha, la entidad ha elaborado y revisado los mapas de aptitud para los cultivos de soya y de maíz tradicional.

En cuanto al sector pecuario, se elaboraron las zonificaciones de aptitud para avicultura en granjas, la porcicultura tecnificada, la ganadería bovina de leche y de carne en pastoreo; a

la fecha, se han publicado las zonificaciones de ganadería bovina bufalina, la de ovinos y la de caprinos. Entre tanto, se efectuó la zonificación de aptitud de especies acuícolas y pesqueras para los cultivos comerciales en estanques en tierra de tilapia, cachama, trucha; yamú, bocachico y bagre rayado (tres especies ícticas nativas de Colombia); camarón blanco y pirarucú; pesca marina artesanal de camarón y bocachico del río Magdalena.

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de granadilla, dirigido al mercado nacional y de exportación en Colombia, a escala 1:100.000 contribuye a cumplir con los objetivos y funciones de la UPRA, pues fortalece el desarrollo de políticas del sector y consolida los posibles núcleos productivos para orientar inversiones a escala nacional o regional. En otras palabras: la zonificación hace parte del proceso de planificación agrícola y constituye una herramienta de carácter indicativo para la toma de decisiones.

Además, estas zonificaciones de aptitud se han desarrollado para contribuir al fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural a nivel nacional. Con esto, se pretende promover la expansión del sector agropecuario, mientras se saca provecho sostenible de los recursos naturales. El interés último consiste en generar instrumentos de planificación y ordenamiento productivo para la actividad, útiles a quienes toman decisiones, a los directivos, a los técnicos, a los inversionistas y a los productores.

1.1 Contexto sectorial

Tanto a nivel mundial como local, el consumo de frutas cobra cada día más importancia, dada su contribución a la salud de las personas. En este contexto, se ha corroborado que las pasifloras tienen componentes que aportan diversos nutrientes, de donde provienen sustancias que se destacan porque funcionan como reguladoras de la presión arterial; los que favorecen el sistema cardiovascular por su alto contenido de antioxidantes; y los que permiten relajar el sistema nervioso. Éstas y otras muchas propiedades son reconocidas a nivel nacional e internacional, de tal forma que, entre las exportaciones de frutas exóticas, las pasifloras hoy ocupan el segundo lugar después de la uchuva (ProColombia, 2021).

Entre las pasifloras sembradas en Colombia, se encuentran especies como el maracuyá, la granadilla, la gulupa, la curuba y la cholupa, frutas de gran importancia en la comercialización para los mercados internacionales. De ellas, la gulupa es la más exportada, con un 52 %; seguida de la granadilla, con 32 %; y el maracuyá, con 10 % (MADR, 2019b). Las pasifloras están distribuidas en 24 departamentos y 442 municipios, cultivos que están representados por pequeños agricultores (MADR, 2021). En el sector se distinguen tres grupos de productores: *pequeños*, que siembran entre 0,5 y 3 hectáreas; *medianos*, que siembran entre 3 y 5; y *grandes*, que siembran más de 5 hectáreas.

Para el año 2020, se estima que en el territorio nacional existían unas 4.794 hectáreas sembradas de granadilla, lo que implica que Colombia sea hoy el mayor cultivador de esta fruta en el mundo (MADR, 2019b). A nivel nacional, se reportan siembras de granadilla en 14 departamentos y 149 municipios, según la siguiente información: el departamento del Huila es el mayor productor, con 2.728 hectáreas sembradas; le sigue Nariño, con 814; Cundinamarca, con 683; Antioquia, con 422; y Valle del Cauca,

con 283 hectáreas sembradas. Existen también 752 hectáreas reportadas en Boyacá, Caldas, Cauca, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander y Tolima (MADR, 2019a). Según ProColombia, el país exportó en el año 2019 74,3 millones de dólares estadounidenses en frutas exóticas, de los que 36,4 millones provinieron de las pasifloras. La granadilla ocupó el segundo lugar en las exportaciones de las pasifloras, con 4,6 millones de dólares; mientras que la gulupa llegó a 30,8 millones (Leal, 2020). En el 2019, la granadilla ocupó el tercer puesto en las exportaciones de frutas no convencionales, después de la uchuva y la gulupa, con una participación del 6,3 % y un rubro cercano a los 4,6 millones de dólares estadounidenses (Leal, 2020).

1.1.1. *Generalidades del cultivo*

La granadilla tiene sus orígenes en la cordillera de los Andes, y su cultivo se ha extendido en Perú, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Colombia, Costa Rica y Guatemala hasta el sur de México; en otros continentes, el cultivo se ha esparcido a las zonas tropicales de África y Australia, así como a Jamaica y Hawái. Existe un consenso entre los investigadores según el cual la temperatura ideal para el cultivo de la granadilla oscila entre los 14 y 24° C (Fischer *et al*., 2009).

1.1.2. *Descripción morfológica*

La raíz de la planta de la granadilla es fasciculada y poco profunda. El tallo es un bejuco herbáceo, de tipo leñoso en la base y con zarcillos típicos de las plantas trepadoras, muy rara vez arbustivas o arborescentes. En los nudos se observan estípulas en la base de los peciolos, llamadas *lígulas*. Las hojas son alternas, de ocho a veinte centímetros de largo y de unos siete de ancho; tienen forma de corazón (Rivera *et al*., 2002).

Las flores de esta planta, de colores vistosos y fragancias aromáticas, son hermafroditas. Los sépalos son de color blanco y la corola está formada por 43 pétalos dispuestos en dos series. Los pétalos son tubulares y revelan coloraciones lilas y blancas. La flor presenta cinco estambres unidos entre sí en la base, con anteras planas, y están ubicados por debajo de los pistilos, que están formados por un ovario globoso y unos estigmas que sobresalen de las anteras (Rivera *et al*., 2002).

Figura 1. Flor y hojas de la granadilla

Fuente: Rivera *et al*., 2002.

1.1.3. *Clasificación taxonómica*

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) pertenence al reino *Plantae*, clase *Magnoliopsida*, orden *Malpighiales* y familia *Passifloraceae*.

1.1.4. *Requerimientos ambientales para el cultivo de la granadilla*

El requerimiento de agua para el cultivo de la granadilla es tan importante que una deficiencia hídrica en las fases de brotación de yemas florales y de fecundación produciría frutos pequeños e, incluso, la caída. La fase que necesita más agua es el llenado del fruto; mientras que en la de maduración se requiere de menos agua, con un ideal de precipitación que oscila entre 2.000 y 2.500 milímetros por año, que debe estar adecuadamente distribuida durante todo el año para cubrir la necesidad del cultivo (Martínez *et al*., 2009). Además, la granadilla presenta baja tolerancia a las sequias prolongadas.

En cuanto a la demanda de horas-luz, el cultivo de la granadilla requiere de unas diez u once horas de brillo solar al día, con un mínimo de ocho horas. La temperatura óptima para la producción fluctúa entre los 16 y los 18 °C, pero se puede cultivar en temperaturas que oscilan entre los 14 y los 24°C. (Fischer *et al*., 2009). La humedad relativa óptima se halla en el rango 70-80 %, pero los valores mayores al 90 % dificultan el movimiento de polen de unas plantas a otras; mientras que los valores menores al 40 % causan la deshidratación y el marchitamiento de las flores (Martínez *et al*., 2009).

Los suelos con mejores características para el desarrollo del cultivo de la granadilla son los que presentan un pH que oscila entre 5,5 y 7,5, con un óptimo de entre 5,5 y 6,5 (Miranda, 2009). Los suelos deben presentar pendientes leves que faciliten la construcción de la *espaldera* o el *emparrado*; tener una profundidad efectiva mayor de 50 centímetros; disponer de texturas francas; estar bien drenados para evitar encharcamientos e inundaciones; poseer baja pedregosidad y una buena retención de humedad; contener entre medias y altas proporciones de materia orgánica; y contar con bajos niveles de sales y sodio intercambiable (Rivera *et al*., 2002; Martínez *et al*., 2009; G. Fischer *et al*., 2009).

1.1.5 *Aspectos fitosanitarios*

El cultivo de la granadilla es afectado por organismos fitopatógenos, entre los que se destacan los siguientes: la secadera, causada por el hongo *Fusarium* sp.; la antracnosis, originada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*; la roña, causada por el hongo *Cladosporium cladosporioides;* el ojo de gallo, generado por el *Phoma* sp.; y el moho gris, ocasionado por el *Botrytis cinerea*. Respecto a las plagas, las de mayor impacto son la mosca del ovario (*Dasiops inedulis*) y el thrips (*Franklienella* sp.) (Alarcón *et al*., 2011).

1.2. Contexto mundial

A continuación, se expone el contexto mundial de las frutas tropicales, cuya información indica que la granadilla es una fruta tropical menor, pues se produce y se comercializa en menor proporción que el mango, la piña, el aguacate y la papaya. Los datos de este contexto fueron obtenidos de FAOSTAT, cuyo reporte indicó que el año 2019 fue el último año con información estadística (FAOSTAT, 2022).

1.2.1. *Producción mundial de frutas tropicales*

Durante el último decenio, la producción mundial de frutas tropicales ha crecido constantemente, pues ha significado el 99 % de la producción procedente de países de bajos ingresos. En estas regiones, las frutas tropicales han sido cultivadas, para su propia subsistencia, por *pequeños agricultores*, considerados así porque tienen acceso a menos de 5 hectáreas (FAOSTAT, 2022). Según la base de datos de FAOSTAT, los tres principales países productores de frutas tropicales en el año 2019 fueron la India, con el 24 % de la producción total; seguida de China, con el 18 %; y Filipinas, con el 13 % (ver Tabla 1).

Con respecto a la producción mundial total de fruta tropical, en la Figura 2 se puede observar un crecimiento de 1.487.857 toneladas durante el periodo 2014-2019, con un decrecimiento en el año 2017 de 494.037 toneladas con respecto al año anterior. No obstante, en el año 2018 la producción mundial creció nuevamente 1.086.936 toneladas con respecto al año 2017. El año 2019 fue el que presentó mayor producción de fruta tropical fresca durante el periodo 2014-2019, con 25.331.691 toneladas.

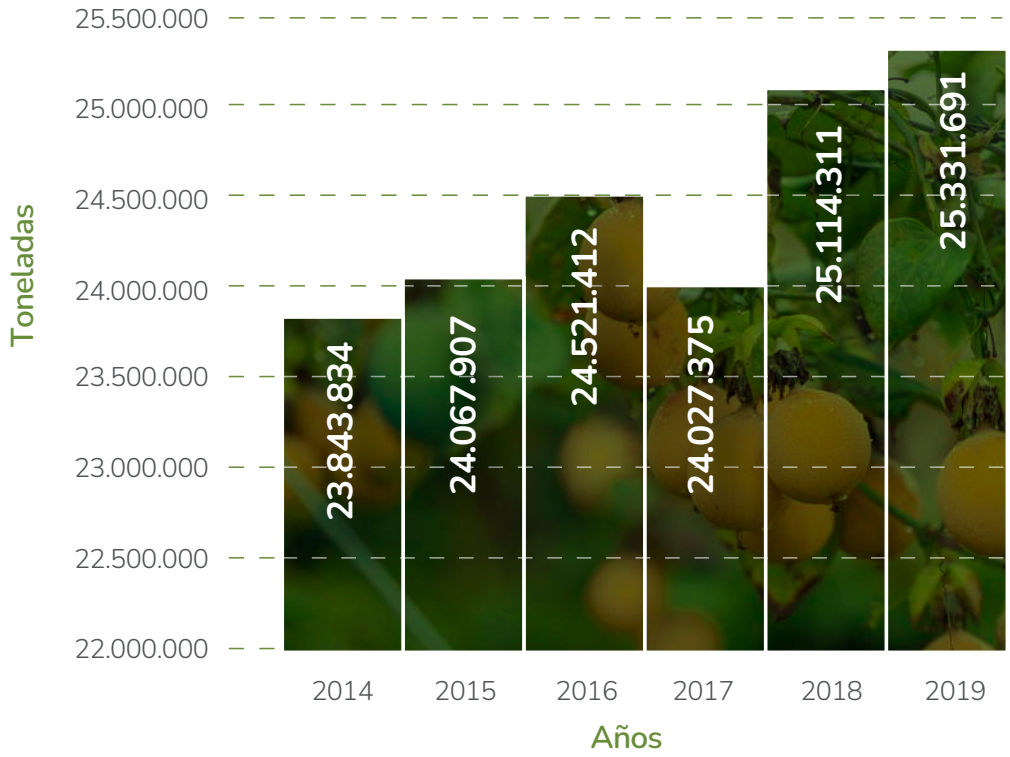
Con respecto a la producción mundial total de fruta tropical, en la Figura 2 se puede observar un crecimiento de 1.487.857 toneladas durante el periodo 2014-2019, con un decrecimiento en el año 2017 de 494.037 toneladas con respecto al año anterior. No obstante, en el año 2018 la producción mundial creció nuevamente 1.086.936 toneladas con respecto al año 2017. El año 2019 fue el que presentó mayor producción de fruta tropical fresca durante el periodo 2014-2019, con 25.331.691 toneladas.

Tabla 1. Producción mundial en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019

Periodo / País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
India	5.997.490	5.861.000	5.901.000	5.630.000	5.916.000	6.080.479
China	4.240.896	4.369.264	4.512.838	4.398.499	4.559.520	4.579.831
Filipinas	3.300.000	3.238.657	3.226.751	3.233.829	3.233.849	3.233.869
Indonesia	1.908.599	2.220.119	2.716.962	2.636.769	2.661.562	2.686.355
Tailandia	2.500.000	2.554.613	2.540.039	2.524.383	2.551.900	2.586.136
Bangladés	1.061.000	1.031.000	1.050.000	1.076.000	1.038.000	1.009.494
Otros	4.835.849	4.793.254	4.573.822	4.527.895	5.153.480	5.155.527
Total	**23.843.834**	**24.067.907**	**24.521.412**	**24.027.375**	**25.114.311**	**25.331.691**

Fuente: FAOSTAT, 2022.

Figura 2. Producción mundial en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019



Fuente: FAOSTAT, 2022.

1.2.2. *Consumo mundial de frutas tropicales*

La importancia que se le atribuye a las frutas tropicales en la nutrición mundial ha contribuido al crecimiento del consumo per cápita del mango, la piña, el aguacate y la papaya —principales frutas tropicales— en la última década (FAO, 2020). Según la FAO (2020), aunque en América Latina el consumo de frutas tropicales per cápita es alto, éste aumentó apenas un 0,1 % anual en el periodo 2008-2018; mientras que hubo una proyección de un 0,5 % anual para la década 2018-2028. Por su parte, la demanda per cápita en África también aumentó lentamente. En Asia, por el crecimiento de los ingresos en la India, se prevé que el consumo per cápita aumente un 0,9 % anual. Finalmente, en los países desarrollados el consumo per cápita aumentó 2,5 % anual en el periodo 2008-2018 por lo que se espera lo mismo pero a un ritmo menor al 1,0 % anual (FAOSTAT, 2022).

1.2.3. *Comercio mundial de frutas tropicales*

Aunque las frutas tropicales sin procesar, sean frescas o secas, constituyen en el comercio mundial el 3 % de las exportaciones de productos alimenticios agrícolas, el valor unitario de exportación medio supera los 1.000 dólares por tonelada, lo cual las sitúa en el tercer grupo de frutas más valiosas, después del banano y la manzana. Dada la naturaleza perecedera de las frutas tropicales, sólo una pequeña parte de la producción total se comercializa en el mercado nacional; mientras que una menor, en los mercados internacionales (FAO, 2022). En la Tabla 2 se pueden consultar los datos de los seis principales países importadores de frutas tropicales en el período 2014-2019, según los cuales China encabeza la lista, con aproximadamente el 86 % de la cantidad importada del total mundial. Canadá, Singapur, Vietnam, Malasia y Estados Unidos representan el 8,98 % del total importado en toneladas.

En lo relativo al valor —en dólares estadounidenses— de las importaciones de fruta tropical fresca, cabe destacar que China fue el principal importador para el año 2019, con 2.991.022 dólares; seguido de Vietnam, con 135.638. En el consolidado mundial, se evidenció que el mayor aumento en el valor importado de frutas tropicales se presentó en el periodo 2018-2019, con 1.152.227 dólares estadounidenses (ver Tabla 3).

Tabla 2. Cantidad importada en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019

Periodo / País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
China	816.214	773.565	709.355	548.598	866.162	1.305.729
Canadá	56.969	54.731	55.469	62.637	65.156	68.977
Singapur	15.671	21.265	17.847	14.312	22.383	22.430
Vietnam	184	4.761	27.353	53.436	36.046	19.964
Malasia	8.112	11.324	11.904	14.942	7.861	13.028
EE.UU.	6.719	6.981	8.725	10.501	10.500	11.552
Otros	40.584	34.218	34.188	35.051	36.203	71.448
Total	**944.453**	**906.845**	**864.841**	**739.477**	**1.044.311**	**1.513.128**

Fuente: FAOSTAT, 2022.

Tabla 3. Valor en dólares de la fruta tropical fresca importada, periodo 2014-2019

Periodo / País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
China	1.103.309	1.191.243	1.298.109	1.048.221	1.846.112	2.991.022
Vietnam	522	19.099	73.681	221.411	177.228	135.638
Canadá	80.284	74.886	73.278	83.654	84.066	98.772
Estados Unidos	14.284	16.730	21.198	28.067	30.957	33.567
Singapur	6.886	8.916	8.518	8.901	13.755	14.234
Malasia	4.306	5.477	5.735	7.061	4.757	6.690
Otros	61.887	48.406	46.448	56.134	61.464	90.643
Total	**1.271.478**	**1.364.757**	**1.526.967**	**1.453.449**	**2.218.339**	**3.370.566**

Fuente: FAOSTAT, 2022.

A continuación, en la Tabla 4, se registran los primeros países con mayor cantidad de frutas tropicales exportadas en el año 2019, según la cual más del 50 % de la cantidad exportada se concentró en Tailandia (40,71 %), con 399.124 toneladas, y China (33,57 %), con 329.081 toneladas del total mundial.

En la Tabla 5 se puede observar que, para el año 2019, Tailandia fue el país que mayor valor de exportación presentó, con aproximadamente el 57 %; seguido de China, con aproximadamente el 23 %; y de Vietnam, con el 10,61 % del total del valor en dólares estadounidenses. De estos datos se destaca que, aunque la cantidad de fruta tropical fresca exportada en el año 2019 posicionó a Egipto en el cuarto lugar en el mundo, en cuanto al valor en dólares estadounidenses lo ubicó en el sexto lugar mundial.

Tabla 4. Cantidad exportada en toneladas de fruta tropical fresca, periodo 2014-2019

Periodo / País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tailandia	369.602	358.192	402.660	488.672	496.965	399.124
China	378.985	345.180	345.857	267.801	274.617	329.081
Vietnam	944	4.445	12.620	77.711	56.954	54.026
Egipto	—	—	—	—	10.136	51.549
Indonesia	10.157	38.254	35.196	9.275	40.061	34.786
Malasia	13.215	19.892	17.754	14.106	23.381	30.396
Estados Unidos	29.135	31.007	29.215	28.210	22.248	28.464
Senegal	14.064	14.685	14.568	16.367	18.511	16.288
República Dominicana	12.079	10.996	15.775	8.591	14.852	1.377
Otros	16.746	15.034	17.417	20.955	22.855	35.263
Total	**844.927**	**837.685**	**891.062**	**931.688**	**980.580**	**980.354**

Fuente: FAOSTAT, 2022.

Tabla 5. Valor en dólares de la fruta tropical fresca exportada, periodo 2014-2019

Periodo / País	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tailandia	387.259	387.912	495.196	650.647	947.630	1.464.580
China	297.760	356.122	452.306	385.047	401.639	581.319
Vietnam	2.010	24.681	104.084	306.205	269.394	271.222
Estados Unidos	39.452	39.221	37.643	41.481	40.449	51.804
Indonesia	6.654	17.316	20.455	5.034	34.851	42.993
Egipto	—	—	—	—	31.298	36.573
Malasia	10.170	16.657	17.927	16.355	29.289	27.598
Senegal	9.978	10.340	10.181	13.664	16.427	16.065
República Dominicana	14.680	13.048	18.390	18.016	16.598	1.246
Otros	44.760	53.705	42.603	49.378	51.914	61.794
Total	**812.723**	**919.002**	**1.198.785**	**1.485.827**	**1.839.489**	**2.555.194**

Fuente: FAOSTAT, 2022.

1.3 Contexto nacional

1.3.1 *Producción, área y rendimientos*

De acuerdo con el más reciente informe sobre cifras sectoriales de la cadena de las pasifloras del SIOC (Sistema de Información de Gestión y Desempeño de las Organizaciones de Cadenas), en Colombia las pasifloras se encontraban presentes en 24 departamentos y 422 municipios, con más de 19.853 hectáreas para el año 2020 y con un estimado de 20.989 para el 2021. La mayoría de estas áreas están representadas por productores de agricultura familiar, que generan entre cuatro y ocho empleos directos por hectárea en época de cosecha, según del tipo de pasiflora que se siembre (MADR, 2021).

En la Tabla 6 se registra, con cifras, el área cosechada en hectáreas, la producción en toneladas por año y el rendimiento en toneladas por hectárea y por año de los cultivos de pasifloras durante el periodo 2017-2021 en Colombia. Los datos indican que el área se ha mantenido estable en los últimos años, con un promedio de 20.378 hectáreas; mientras que la producción presentó en promedio 239.000 toneladas aproximadamente. El rendimiento se ha mantenido entre 10,8 y 13,2 toneladas por hectárea para el mismo periodo, con un rendimiento promedio de 11,7 toneladas por hectárea y por año (MADR, 2021).

Por su parte, la Figura 3 muestra que para el periodo 2017-2021 fue el año 2018 en el que se presentó la mayor producción de pasifloras en Colombia, con 276.847 toneladas y un rendimiento de 13,2 toneladas por hectárea. Las cifras estimadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2021) indican que el rendimiento promedio se ha mantenido cercano a las 11 toneladas por hectárea y por año para los años 2020 y 2021.

En la Figura 4 se puede consultar la relación del área cosechada con el rendimiento de los cultivos de pasifloras en Colombia. En el año 2018, se presentó la mayor área de cultivos de pasifloras, con 20.997 hectáreas, y un rendimiento de 13,2 toneladas por hectárea. Igualmente, se estimó para el 2021 un área cosechada de aproximadamente 21.000 hectáreas y un rendimiento de 11 toneladas por hectárea y por año.

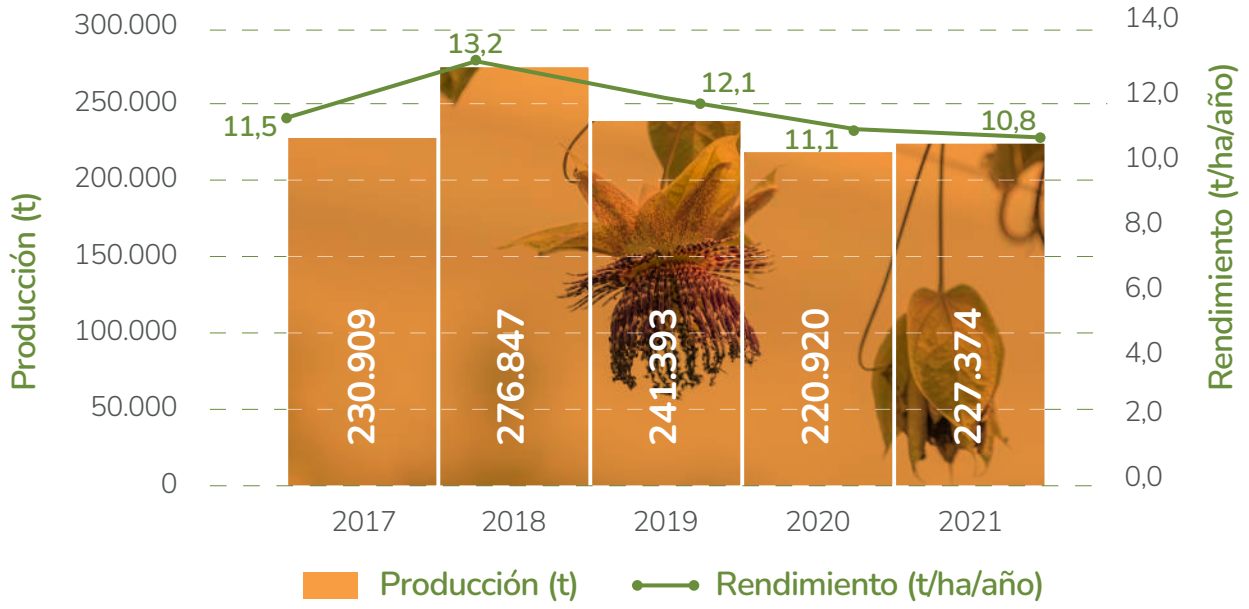
En cuanto a los datos por departamento, en la Tabla 7 se destaca que las cifras estimadas para los años 2020 y 2021 señalan que el Huila poseía la mayor superficie para el cultivo de pasifloras, con 5.023 hectáreas y 5.109, respectivamente. Le sigue el Meta, con 3.753 hectáreas para el 2020 y 3.645, para el 2021; y Antioquia, con 3.212 hectáreas para el año 2020 y 3.634 para el 2021 (MADR, 2021).

Tabla 6. Área, producción y rendimiento nacional del cultivo de pasifloras, periodo 2017-2021

Año	Área cosechada (ha)	Producción (t/año)	Rendimiento (t/ha/año)
2017	20.090	230.909	11,5
2018	20.997	276.847	13,2
2019	19.960	241.393	12,1
2020	19.853	220.920	11,1
2021	20.989	227.374	10,8
Promedio	**20.378**	**239.489**	**11,7**

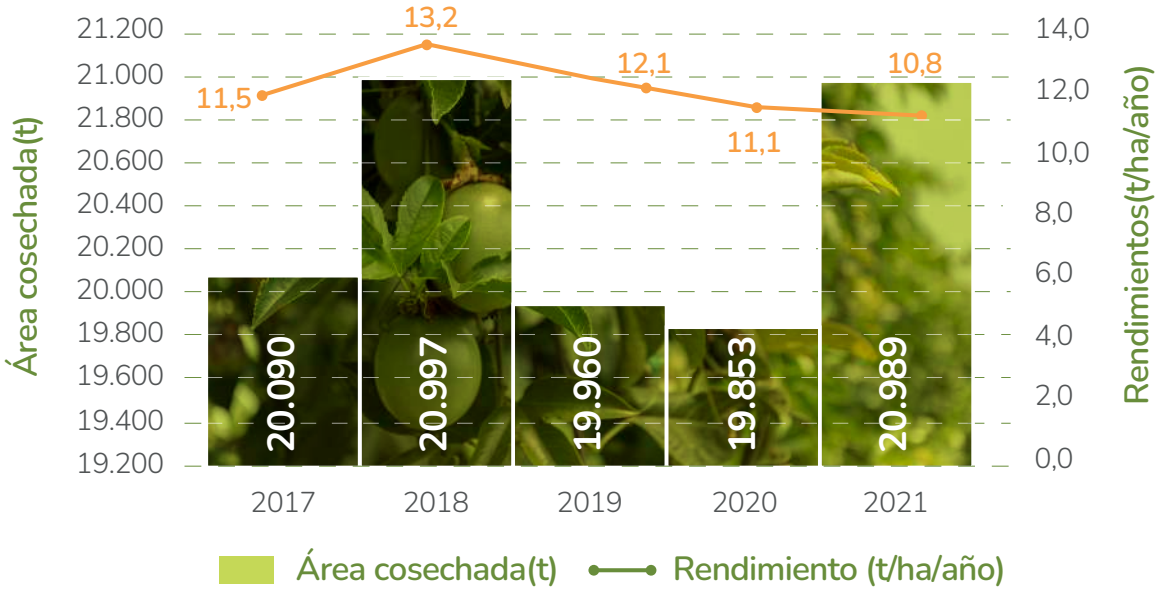
Fuente: MADR, 2021.

Figura 3. Producción y rendimiento de pasifloras en Colombia, periodo 2017-2021



Fuente: MADR, 2021.

Figura 4. Área cosechada y rendimiento de pasifloras en Colombia, periodo 2017-2021



Fuente: MADR, 2021.

Tabla 7. Área por departamento con cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021

Departamento	Área (ha)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Huila	4.529	4.328	3.780	4.205	4.382	5.023	5.109
Meta	925	2.489	3.802	4.185	3.843	3.753	3.645
Antioquia	2.347	2.705	3.127	3.400	3.329	3.212	3.634
Boyacá	1.170	1.314	1.350	1.439	1.332	1.402	1.345
Valle del Cauca	940	872	1.035	1.114	1.080	1.132	1.154
Nariño	987	1.241	1.064	983	1.005	982	982
Otros	5.370	4.943	6.542	5.837	4.989	4.349	5.120
Total	**16.268**	**17.892**	**20.700**	**21.163**	**19.960**	**19.853**	**20.989**

Fuente: MADR, 2021.

En lo que se refiere a la producción estimada por departamento, la Tabla 8 revela que, para los años 2020 y 2021, Antioquia fue el mayor productor de pasifloras en Colombia, con 53.135 y 52.095 toneladas, respectivamente; le sigue Huila, con 51.026 y 52.008 toneladas, respectivamente; y Meta, con 35.307 y 34.307 toneladas, respectivamente. El dato según el cual la mayor producción estimada se presentó en Antioquia, con respecto al departamento del Huila que tiene mayor área sembrada, puede ser explicado con el hecho de que allí se identificó un mayor rendimiento por hectárea.

Respecto al rendimiento departamental del cultivo de pasifloras medido en toneladas por hectárea y por año, en la Tabla 9 se puede apreciar que Antioquia, durante el periodo estimado 2015-2021, desarrolló el mayor rendimiento promedio, en comparación con los demás departamentos productores de este cultivo. El promedio, para el periodo analizado, fue de 17,5 toneladas por hectárea y por año; seguido del Meta, con 16,8 toneladas por hectárea y por año: y el Valle del Cauca, con 14,9 toneladas por hectárea y por año.

Tabla 8. Producción por departamento de los cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021

Departamento	Producción (t)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Antioquia	32.860	43.437	43.437	43.887	50.754	53.135	52.095
Huila	50.990	51.817	51.817	39.832	41.990	51.026	52.008
Meta	15.472	28.095	38.095	46.644	47.773	35.307	34.307
Valle del Cauca	13.506	12.210	12.210	12.905	13.265	13.987	14.808
Boyacá	9.752	7.967	7.967	8.919	9.018	9.876	9.439
Nariño	4.177	8.431	8.431	7.015	5.177	4.177	4.177
Otros	61.515	52.045	59.045	63.307	58.412	53.412	56.540
Total	**188.272**	**204.002**	**221.002**	**222.509**	**226.389**	**220.920**	**227.374**

Fuente: MADR, 2021.

Tabla 9. Rendimiento por departamento de los cultivos de pasifloras, periodo 2015-2021

Departamento	Rendimiento (t/ha/año)							
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
Antioquia	18,9	18,7	18,7	18,9	19,0	14	14	**17,5**
Meta	17,6	16,4	16,4	15,6	15,8	18	18	**16,8**
Huila	14,9	14,6	14,6	14,7	14,8	15	15	**14,8**
Valle del Cauca	16,5	15,0	14,0	14,1	14,2	15	15	**14,9**
Boyacá	12,7	11,3	10,3	10,3	10,3	14	14	**11,9**
Nariño	8,4	8,3	8,3	6,9	7,8	10	10	**8,6**
Otros	10,5	10,7	10,7	11,2	11,3	7	7	**9,8**
Total	**15,2**	**14,5**	**14,16**	**14,17**	**13,33**	**13,1**	**13,1**	**13,9**

Fuente: MADR, 2021.

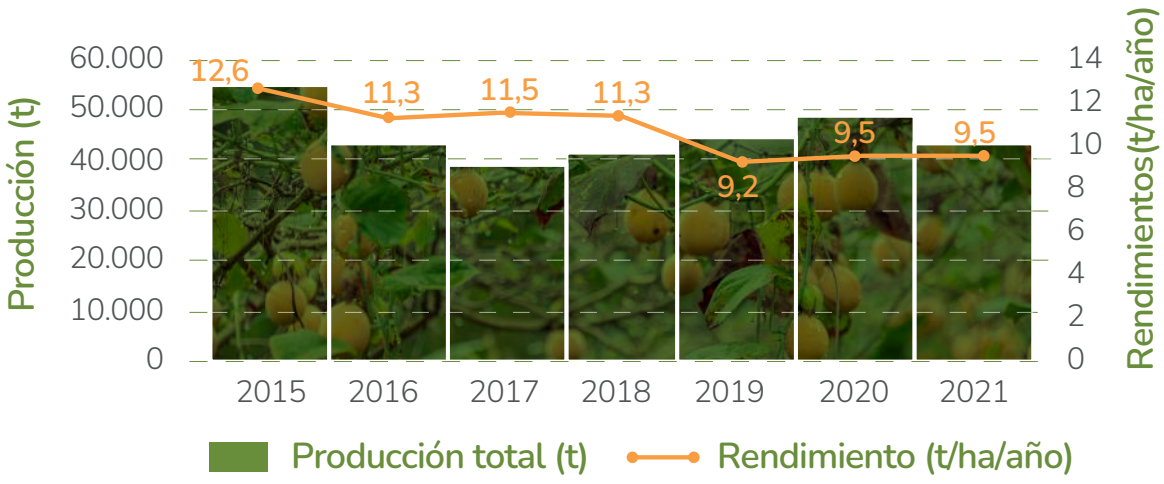
Por lo que corresponde al cultivo de la granadilla en Colombia, la Tabla 10 indica que, por área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento para el período 2015-2021, el año con mayor área cosechada fue el 2015, con 4.317 hectáreas; mientras que el año con menor área cosechada fue el 2017, con 3.380. De igual forma, en el 2015 se obtuvo la mayor producción, con 54.355 toneladas; en tanto que en el 2017 se dio la menor, con 38.779. El mayor rendimiento para el periodo analizado se dio en el 2015, con 12,6 toneladas por hectárea, y el menor, en el año 2019, con 9,2; entre tanto, el rendimiento promedio para el periodo 2015-2021 fue de 10,7 toneladas por hectárea y por año.

Tabla 10. Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de la granadilla, periodo 2015-2021

Año	Área sembrada total (ha)	Área cosechada total (ha)	Producción total (t)	Rendimiento promedio (t/ha)
2015	5.200	4.317	54.355	12,6
2016	4.897	3.794	42.951	11,3
2017	4.322	3.380	38.779	11,5
2018	4.493	3.644	41.228	11,3
2019	4.694	3.840	44.160	9,2
2020	4.873	4.142	48.234	9,5
2021	4.512	3.957	43.038	9,5
Promedio	**4.713**	**3.868**	**44.678**	**10,7**

Fuente: Agronet, 2022.

Figura 5. Producción y rendimiento del cultivo de la granadilla en Colombia, periodo 2015-2021



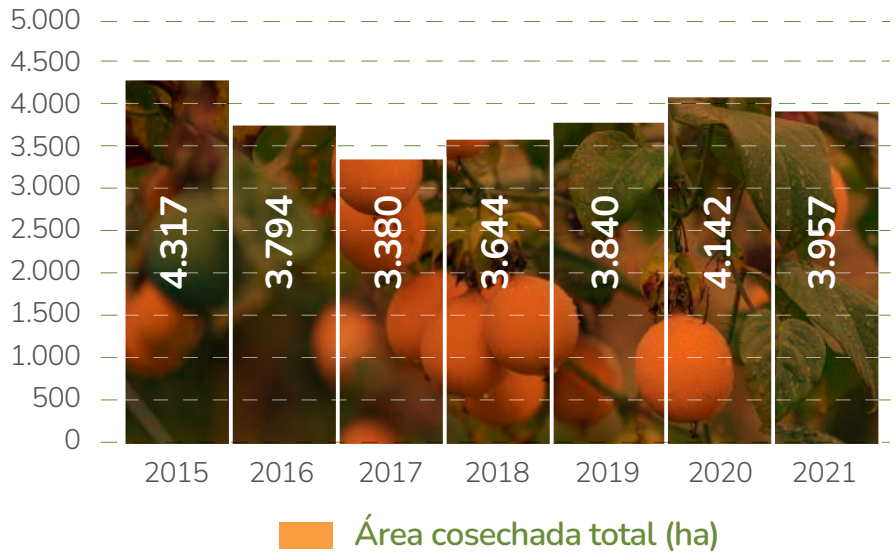
Fuente: Agronet, 2022.

En la Figura 5 se observa que la producción de granadilla durante el periodo 2015-2021 presentó descensos entre los años 2015 y 2017, pues pasó de 54.355 toneladas a 38.779. Sin embargo, luego, entre los años 2018 y 2020, se presentó un acenso de la producción, ya que pasó de 41.228 toneladas a 48.234, seguido de un nuevo descenso a 43.038 en el año 2021. El comportamiento del rendimiento de cultivo reportó descensos marcados a partir del año 2018, a saber: 9,2, 9,5 y 9,5 toneladas por hectárea para los años 2019, 2020 y 2021, respectivamente.

En la Figura 6 se puede contemplar tanto el comportamiento del área cosechada como el rendimiento del cultivo de la granadilla durante el período 2015-2021. Es posible percibir que los datos son similares a los de la producción de esta pasiflora, pues se presentó un descenso en el área cosechada entre los años 2015 y 2017; un ascenso entre los años 2018 y 2020; y un ligero descenso entre los años 2020 y 2021.

En cuanto a los datos por departamento, la Tabla 11 expone el área cosechada del cultivo de granadilla en el período 2015-2021. Así, Huila fue el departamento con mayor área cosechada de granadilla en el país, con un promedio de 1.330 hectáreas, que corresponde al 34,3 % de la participación respecto al promedio nacional para ese período. Seguidamente, el segundo y tercer lugar de área cosechada en Colombia lo ocuparon los departamentos de Nariño y Cundinamarca, con participaciones promedio de 18,1 % (703 hectáreas) y 14,2 % (551 hectáreas), respectivamente. De tal forma, estos tres departamentos representaron el 66,6 % del área cosechada a nivel nacional.

Figura 6. Área cosechada y rendimiento del cultivo de la granadilla en Colombia, período 2015-2021



Fuente: Agronet, 2022.

Tabla 11. Área cosechada en hectáreas del cultivo de granadilla por departamento, período 2015-2021

Departamento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio (ha)	Participación
Huila	2.089,0	1.791,0	1.309,0	1.163,0	958,9	994,2	1.004,6	1.330,0	34,3 %
Nariño	425,0	519,0	652,0	824,0	842,0	949,6	710,3	703,1	18,1 %
Cundinamarca	601,0	465,0	501,0	584,0	596,5	606,5	504,8	551,3	14,2 %
Putumayo	105,0	162,0	187,0	212,0	258,0	155,0	111,2	170,0	4,4 %
Antioquia	356,0	287,0	217,0	246,0	212,9	299,5	271,4	270,0	7,0 %
Valle del Cauca	208,0	216,0	183,0	229,0	265,5	290,9	228,8	231,6	6,0 %
Tolima	130,0	85,0	59,0	121,0	195,0	273,0	324,0	169,6	4,4 %
Santander	32,0	70,0	21,0	73,0	76,0	83,0	82,5	62,5	1,6 %
Cauca	66,0	64,0	92,0	45,0	251,5	287,5	437,5	177,6	4,6 %
Boyacá	51,0	23,0	27,0	36,0	50,5	59,0	69,4	45,1	1,2 %
Norte de Santander	24,0	29,0	39,0	40,0	63,5	62,0	60,5	45,4	1,2 %
Caldas	64,0	26,0	33,0	35,0	24,0	21,0	87,0	41,4	1,1 %
Quindío	30,0	20,0	36,0	19,0	19,5	34,1	21,7	25,8	0,7 %
Risaralda	127,0	38,0	23,0	18,0	27,1	27,1	43,3	43,4	1,1 %
Caquetá	9,0	—	—	—	—	—	—	9,0	0,2 %
Total	**4.317,0**	**3.795,0**	**3.379,0**	**3.645,0**	**3.840,9**	**4.142,4**	**3.956,9**	**3.875,7**	**100,0%**

Fuente: Agronet, 2022.

En la Figura 7 se reporta el comportamiento del área sembrada de granadilla para los cinco departamentos con mayor participación nacional durante el periodo 2015-2021. De los datos se evidencia un fuerte descenso del área sembrada en el Huila entre los años 2015 y 2019, pues pasó de 2.089,0 hectáreas a 958,9. Por su parte, el departamento de Nariño expresó un comportamiento positivo, ya que aumentó el área cosechada de 425,0 hectáreas a 949,6 entre los años 2015 y 2020, con cifras muy cercanas a las del departamento del Huila en el año 2020. Comportamientos semejantes mostraron los departamentos de Cundinamarca, Antioquia y Valle del Cauca, según los cuales se pueden observar pequeñas fluctuaciones en el rango 183,0-606,5 hectáreas.

En cuanto a la producción del cultivo de granadilla por departamento, la Tabla 12 refleja que, durante el periodo 2015-2021, Huila fue el departamento con mayor producción en Colombia, con un promedio de 18.182 toneladas por año. Nótese que los años 2019, 2020 y 2021 revelaron una menor producción, lo cual concuerda con la diminución de área sembrada expuesta anteriormente. Así mismo, los departamentos de Cundinamarca y Antioquia ocuparon el segundo y tercer lugar con mayor producción en el periodo analizado, con un promedio de 6.870 y 5.130 toneladas por año, respectivamente.

Figura 7. Comportamiento del área sembrada en hectáreas, período 2015-2021

Fuente: Agronet, 2022.

Tabla 12. Producción en toneladas del cultivo de granadilla por departamento, periodo 2015-2021

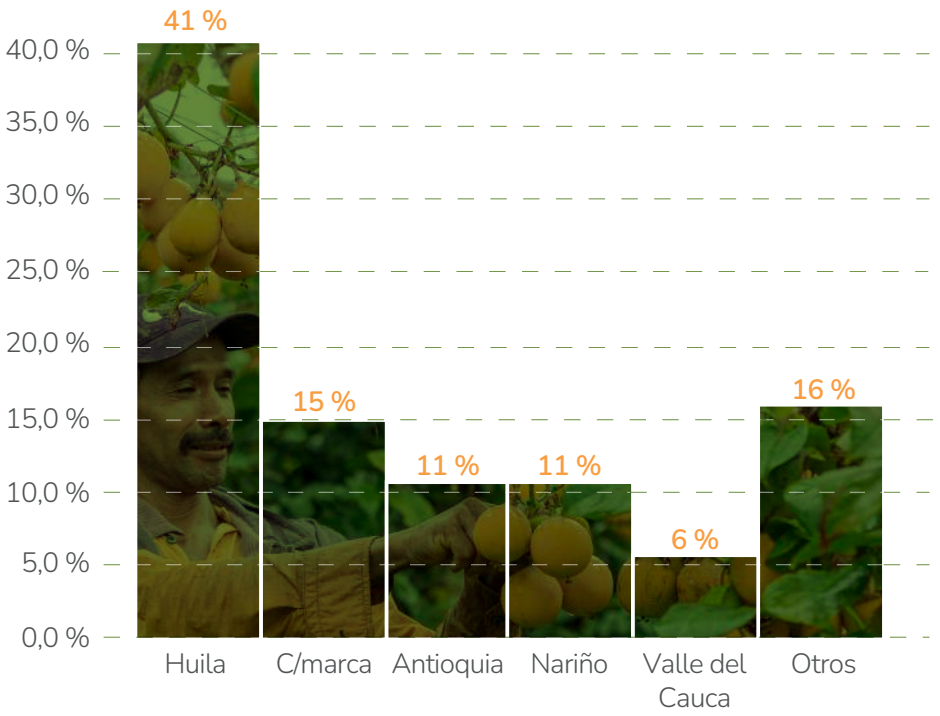
Departamento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio (t)
Huila	29.418	25.992	18.966	15.872	13.118	12.986	10.922	**18.182**
Nariño	2.298	2.522	4.776	5.227	6.883	8.128	4.839	**4.953**
Cundinamarca	6.551	4.045	5.757	6.662	8.615	9.133	7.330	**6.870**
Antioquia	6.807	3.811	3.679	4.757	4.280	6.384	6.192	**5.130**
Valle del Cauca	2.459	2.469	1.839	2.568	2.972	3.107	2.300	**2.531**
Putumayo	1.890	1.250	1.555	1.727	475	1.181	664	**1.249**
Tolima	858	318	236	1.843	2.591	2.540	3.434	**1.688**
Santander	316	1.054	171	1.010	519	570	544	**598**
Boyacá	438	210	244	246	490	560	697	**412**
Cauca	265	314	384	395	3.127	2.495	4.360	**1.620**
Caldas	1.084	278	344	362	204	175	799	**464**
Norte de Santander	156	184	357	301	492	514	517	**360**
Risaralda	1.489	343	215	158	278	255	327	**438**
Quindío	256	161	258	101	116	209	113	**173**
Total	**54.285**	**42.951**	**38.781**	**41.229**	**44.160**	**48.234**	**43.038**	**44.668**

Fuente: Agronet, 2022.

En la Figura 8 se puede consultar la participación porcentual, a nivel departamental, de la producción promedio del cultivo de la granadilla en Colombia para el periodo 2015-2021. De conformidad con los datos, Huila representó el 41 % de la participación total; seguido de Cundinamarca, con 15 %; y los departamentos de Antioquia y Nariño, con 11 % cada uno.

En relación con el rendimiento departamental expresado en toneladas por hectárea y por año para el período 2015-2021, la Tabla 13 indica que Antioquia y Huila reportaron los mejores rendimientos por hectárea, con un promedio de 12,9 y 12,6 toneladas por hectárea y por año, respectivamente. Le siguen Valle del Cauca y Caldas, con 10,8 y 10,0 toneladas por hectárea y por año, respectivamente. Los demás departamentos incluidos en la tabla reportaron en promedio rendimientos por debajo de las 10,0 toneladas por hectárea y por año.

Figura 8. Participación por departamento de la producción del cultivo de la granadilla, periodo 2015-2021



Fuente: Agronet, 2022.

Tabla 13. Rendimiento promedio en toneladas por hectárea del cultivo de la granadilla por departamento, periodo 2015-2021

Departamento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio total (t/ha)
Antioquia	15,7	11,9	12,3	12,5	11,3	13,1	13,5	**12,9**
Putumayo	18,0	7,8	8,0	7,6	3,6	7,8	6,8	**8,5**
Huila	13,0	13,6	14,0	12,5	12,6	11,6	11,2	**12,6**
Risaralda	11,7	9,0	10,0	9,4	7,8	7,5	7,7	**9,0**
Cundinamarca	10,8	8,1	10,1	9,3	8,9	10,3	9,2	**9,5**
Caldas	16,1	11,2	10,5	10,5	5,7	8,0	8,3	**10,0**
Boyacá	9,6	13,4	11,1	7,8	7,9	6,9	8,4	**9,3**
Valle del Cauca	9,9	10,1	9,8	11,8	11,6	11,2	11,5	**10,8**
Tolima	6,5	3,8	4,0	18,5	8,9	10,8	12,0	**9,2**
Quindío	6,8	9,6	8,4	7,6	7,7	5,7	3,1	**7,0**
Santander	8,5	10,1	7,0	8,2	6,4	8,1	7,3	**7,9**
Cauca	4,1	5,8	3,9	8,7	9,9	8,5	10,9	**7,4**
Norte de Santander	5,6	5,6	8,3	6,6	6,6	6,9	7,0	**6,7**
Nariño	4,0	4,8	5,1	4,7	5,7	6,5	6,4	**5,3**

Fuente: Agronet, 2022.

1.3.2 *Consumo de pasifloras*

El consumo de pasifloras en Colombia durante el período 2014-2018 —datos tomados hasta abril del año 2018— se expone en la Tabla 14. Según los datos, se presentó un aumento del consumo a una tasa promedio anual de 8 % desde el año 2014, pues pasó de 165.945 toneladas en el 2014 a 232.327, en el 2018. Para el 2020, según las cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019), Colombia consumió el 97,7 % de la producción nacional de granadilla, pero sólo exportó el 2,3 %; de las 46.699 toneladas que produjo, se exportaron cerca de 1.059 y quedaron para el consumo nacional 45.640.

Tabla 14. Consumo nacional de pasifloras, periodo 2014-2018

Año	Consumo (t)
2014	165.945
2015	178.216
2016	188.832
2017	220.327
2018	232.789

Fuente: MADR, 2019.

1.3.3 *Comercio de granadilla/balanza comercial, periodo 2019-2020*

Según las cifras de las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para el año 2020, Colombia produjo 46.699 toneladas de granadilla, de las cuales se exportaron 1.059, valoradas en 5,3 millones de dólares estadounidenses. Esto significó una producción para el consumo nacional de 45.640 toneladas de esta fruta, lo cual es suficiente para abastecer al país, por lo que las importaciones reportadas por DANE-DIAN en el mismo año fueron de 0 toneladas (ver Tabla 15). Esta tendencia se mantuvo constante en los años 2019 y 2020, de forma que la balanza comercial de la granadilla fue positiva en ese periodo. En cuanto a la definición de la partida arancelaria para las características de la granadilla, la Tabla 16 muestra los datos pertinente.

Tabla 15. Balanza comercial de la granadilla, periodo 2019-2020

Ítem	Millones de USD		Volumen (t)	
	2019	2020	2019	2020
Exportaciones	5,1	5,3	1.039	1.059
Importaciones	0	0	0	0
Balanza	**5,1**	**5,3**	**1.039**	**1.059**

Fuente: DIAN-DANE, 2021.

Tabla 16. Estructura de la partida arancelaria de la granadilla

Sección II	Productos del reino vegetal.
Capítulo 08	Frutas y frutos comestibles; cortezas de agrios (cítricos), melones o sandías.
Partida 0810	Las demás frutas u otros frutos frescos.
0810.90	Los demás.
0810.90.10	Granadilla, maracuyá (parchita) y demás frutas de la pasión (*Passiflora* spp.).
0810.90.10.10	Granadilla (*Passiflora ligularis*).

Fuente: DIAN-DANE, 2021.

1.3.4 *Exportaciones de granadilla*

A partir de la revisión de las bases de datos consultadas, se evidenció que la importación de granadilla durante el periodo 2010-2020 fue muy baja, de manera que en los años 2019 y 2020 las importaciones registradas por el DANE y la DIAN fueron de 0 toneladas (DANE-DIAN, 2021). Así pues, en el presente subapartado el análisis sobre el comercio se enfoca en las exportaciones que han sido dinámicas y que muestran una tendencia a aumentar con los años.

Como se puede observar en la Tabla 17, durante el periodo 2010-2020 el promedio de exportaciones expresó un volumen de 862 toneladas, con un valor FOB (*free on board*) medio de 9.625 millones de pesos colombianos. En este periodo se notó que el año 2013 fue en el que más se exportó granadilla, con 1.281 toneladas; seguido del año 2020, con 1.059, y el año 2019, con 1.039. El valor FOB ha ido aumentando desde el año 2011, cuyo mayor cambio se presentó entre los años 2018 y 2019, con un crecimiento de 4.444 millones de pesos colombianos.

Los principales destinos de las exportaciones de granadilla para el periodo 2010-2020 se pueden consultar en la Tabla 18. Según la información de la base de datos de Legiscomex, en el año 2010 el mayor destino exportador fue Ecuador, con 248,7 toneladas; seguido de Países Bajos, con 115,4, y Costa Rica, con 96,9. Para el año 2020, el mayor destino exportador fue Canadá, con 225,2 toneladas; seguido de Países Bajos, con 219,5, y Francia, con 107,7.

Países Bajos mantuvo la importación de granadilla en el periodo 2010-2020, pero fue el 2019 el año de mayor adquisición de este producto, con 277,1 toneladas. Sin embargo, Ecuador dejó de importar granadilla en el año 2015; mientras que Canadá expresó un aumento sostenido en el periodo de estudio, con un incremento de importación de 167,7 toneladas. En síntesis, en la década de estudio, Países Bajos fue el destino con mayor cantidad exportada, con 1614,1 toneladas; seguido de Canadá, con 1487,9; y Ecuador, con 1396,8, datos acumulados desde el 2010 hasta el 2015, año de registro de la última exportación a Ecuador.

Tabla 17. Exportaciones colombianas de granadilla, periodo 2010-2020

Año	Cantidad neta (t)	Valor FOB (millones de COP)
2010	824,9	5.329,93
2011	657,28	4.661,37
2012	568,38	5.203,70
2013	1.281,16	5.712,54
2014	954,24	6.907,14
2015	802,64	9.353,85
2016	768,84	10.351,20
2017	722,85	10.357,74
2018	809,63	12.027,88
2019	1.038,84	16.472,58
2020	1.058,75	19.493,06
Promedio	**862,5**	**9.624,60**

Fuente: Legiscomex, 2021.

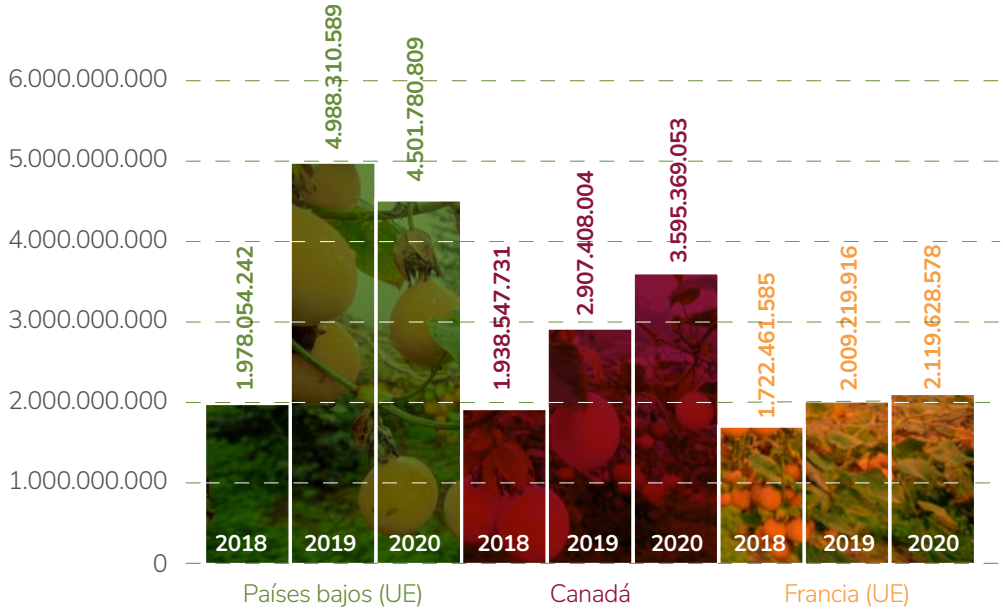
Tabla 18. Principales destinos de exportación de granadilla en toneladas, periodo 2010-2020

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Ecuador	248,7	64,7	14,2	734,7	295,4	39,2	—	—	—	—	—	1.396,8
Países Bajos	115,4	105,0	107,5	119,0	148,4	143,7	131,5	135,8	111,1	277,1	219,5	1.614,1
Costa Rica	96,9	87,8	75,6	47,4	45,1	25,7	14,4	4,9	1,0	3,1	1,3	403,2
Francia	61,9	64,0	68,4	80,5	80,3	99,0	113,1	109,4	121,1	136,1	107,8	1.041,5
Canadá	57,5	78,8	82,6	111,0	139,3	142,9	149,0	131,8	164,7	205,3	225,2	1.488,0
Alemania	48,9	81,5	66,2	33,9	29,2	39,5	25,6	16,9	0,0	15,5	13,4	370,5
Portugal	31,4	21,9	20,7	16,3	24,8	27,2	24,1	27,0	24,7	18,0	10,9	247,0
España	27,7	20,5	15,7	9,4	9,2	11,4	17,0	30,2	62,8	75,7	95,8	375,4
Italia	21,4	11,9	2,4	4,1	5,2	6,2	14,4	6,6	16,8	13,8	20,0	122,8
Emiratos Árabes	17,0	14,3	14,4	18,2	26,9	32,1	36,7	38,3	54,4	63,4	59,0	374,8
Brasil	16,3	21,7	25,7	34,8	45,7	78,4	72,4	60,0	80,4	67,5	44,7	547,4
Reino Unido	15,6	18,0	17,6	16,1	15,5	32,5	44,6	26,7	13,8	17,6	24,3	242,4
Bélgica	11,2	8,0	16,8	11,3	9,2	6,0	8,4	16,0	14,9	31,1	35,0	167,7
Suiza	5,2	7,2	7,5	6,1	9,8	39,5	37,7	41,4	21,4	38,2	55,3	269,4
Hong Kong	—	—	0,4	0,3	22,1	22,8	22,8	31,6	10,8	11,2	63,7	185,5

Fuente: Legiscomex, 2021.

En la Figura 9 se puede consultar el valor FOB en pesos colombianos de las exportaciones de granadilla durante el periodo 2018-2020 de los tres principales destinos de granadilla desde Colombia: Países Bajos, Canadá y Francia. Adviértase que Países Bajos fue el país con el incremento más representativo del valor FOB en el periodo 2018-2019, pues creció aproximadamente un 60 %. Aunque en el año 2018 Canadá y Países Bajos tenían valores FOB cercanos a los 1.900 millones de pesos colombianos, para el 2020 Países Bajos aumentó en un 228 % el valor FOB del 2018.

Figura 9. Principales destinos de exportación de granadilla en pesos colombianos, periodo 2018-2020



Fuente: Legiscomex, 2021.

1.4 Alcance y limitaciones

El mapa de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000 contribuye a cumplir los objetivos de la UPRA, pues fortalece el desarrollo de políticas para el sector frutícola desde la planificación hasta el ordenamiento territorial. En este sentido, la zonificación no sólo considera todo el territorio continental colombiano, sino que también se constituye como un instrumento indicativo al considerar la escala general 1:100.000.

Ahora bien: cabe aclarar que la zonificación no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, cuya competencia corresponde a los entes territoriales en su jurisdicción, ni reemplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales. Estos proyectos demandan análisis e información más detallados para poder evaluar, a nivel local, los requerimientos específicos de acuerdo con las especies, variedades o híbridos y las condiciones de competitividad relacionadas con la ubicación del proyecto, los objetivos de la producción, los productos por obtener, el mercado y el flujo de caja del proyecto.

Así pues, es posible que las áreas aptas resultantes del presente trabajo para el desarrollo del cultivo comercial de la granadilla coincidan con las áreas de aptitud para otros productos. No obstante, la decisión de sembrar granadilla responde a factores estratégicos de competitividad regional, a las decisiones de inversión y a estudios tanto de suelos como complementarios de mayor detalle. En definitiva, la combinación de asociación y rotación de las pasifloras con otros cultivos es factible en las zonas que el presente estudio identificó como aptas.

La metodología empleada para la zonificación de la granadilla a escala 1:100.000 se fundamentó en criterios y enfoques que la UPRA ha venido ajustando a partir de los estudios sobre especies hortofrutícolas que han realizado entidades internacionales, como la FAO, y nacionales, como el Ideam, el IGAC y Agrosavia, entre otras. En este sentido, la propuesta en descripción fortalece los enfoques existentes, pues incorpora información actualizada, otras variables, mecanismos de evaluación multicriterio y herramientas que facilitan la integración.

La presente zonificación de aptitud se llevó a cabo considerando los siguientes principios: el proceso priorizó las áreas más competitivas para el desarrollo del cultivo comercial de la granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación en Colombia, para lo cual se identificaron los territorios con mejores condiciones en cada criterio de análisis; la definición de los tipos de utilización de la tierra (TUT) y de sus requerimientos específicos se realizó a partir de la información ya existente; las áreas con restricción legal fueron catalogadas como excluyentes y predominaron bajo esta clasificación, independientemente de la aptitud asignada en los criterios; las áreas en las que aplicara la normativa de tipo ambiental, social y cultural que condicione el uso a otros procesos o instrumentos vigentes —como los territorios colectivos— debieron analizarse de forma diferencial con el fin de proteger el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho de autodeterminación de las comunidades.

Además de lo anterior, se determinó que el cultivo de la granadilla no pondrá en riesgo áreas naturales o con potencial de ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos —bosques, subpáramos o páramos—, para las cuales priman los criterios de exclusión técnica y restricción legal. Por su parte, la inclusión de nuevos criterios o variables dentro del proceso de zonificación estuvo sujeta a la disponibilidad de información oficial, de forma que algunas variables, que podrían estimarse relevantes, no se contemplaron en la metodología hasta que la información fuera entregada oficialmente por la entidad encargada de recolectarla.

Finalmente, el mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000 se elaboró con base en la información secundaria proveniente de las entidades oficiales y gremiales, la cual, en algunos casos, presentó una generalización que podría afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Es conveniente aclarar que, dado que la información disponible no suele estar en su totalidad con corte a un determinado periodo de tiempo, es necesario actualizar la zonificación por lo menos cada cinco años mediante un proceso sistemático que facilite el proceso.

2 Marco conceptual

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en tema central para diseñar políticas y tomar decisiones de planificación sectorial en casi todo el mundo (Rodiek, 2009). Para planificar exitosamente el uso del suelo con propósitos productivos, tanto los gobiernos como las entidades encargadas de la planificación rural agropecuaria demandan información asociada a la capacidad de la tierra para apoyar los diversos usos (Harms *et al*., 2015). Este sector es uno de los más importantes para el bienestar humano, dado que permite aumentar los ingresos y mejorar la condición social de los productores, lo cual depende de la distribución y calidad de los recursos disponibles; además, es fuente de alimentos para la población y se constituye como un eje de la dinámica económica del país.

El modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la UPRA parte de un enfoque multidisciplinario que considera los principios del esquema de evaluación de tierras en lo referente a la definición y evaluación de la aptitud, a lo cual se añade la integración de los componentes biofísicos y socioeconómicos. Estos componentes no sólo enmarcan las características de un tipo de utilización de la tierra desde el punto de vista productivo —a partir de los criterios edafoclimáticos que acoge el esquema de la FAO—, sino que también fortalece el TUT al incorporar criterios de competitividad y sostenibilidad a través de la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionados (ver Figura 10).

La zonificación del cultivo comercial de granadilla para el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1.100,000 identifica y delimita las áreas con aptitud para la producción de esta pasiflora. El propósito consiste no sólo en establecer un fundamento para el desarrollo técnico, ambiental y competitivo de la actividad productiva, sino también contribuir a la formulación de lineamientos de ordenamiento territorial y de uso eficiente del suelo rural que permitan orientar la inversión tanto pública como privada.

Figura 10. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas

Tipo de utilización de la tierra
Cadenas productivas

Fuente: UPRA, 2021.

Como técnica de análisis multicriterio, la zonificación utilizó para la integración de los componentes un proceso analítico jerárquico: el Analytic Hierarchy Process (AHP), que permitió generar las alternativas de decisión más adecuadas para el uso del suelo. En éstas se incluyó la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignaron una calificación a partir de criterios determinados y luego registraron los resultados en el programa estadístico PriEsT (Priority Estimation Tool) para asignar pesos a cada criterio.

Dentro del proceso metodológico de integración de los mapas, la UPRA hizo uso de una primera matriz AHP para integrar los componentes físico y socioecosistémico, denominada *integrado biofísico*; y una segunda, en un solo mapa, para los criterios socioeconómicos, denominada *integrado socioeconómico*. Posterior a ello, se elaboró un árbol de decisión mediante una matriz de paso para obtener el mapa final de la zonificación de aptitud, proceso que se explicará más adelante en lo que se refiere al ítem de procesos analíticos jerárquicos.

El enfoque de productividad se basó, principalmente, en la evaluación de tierras, que se define como un proceso que permite identificar y valorar los usos 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 —pues solo se centra en los aspectos físicos—, ha sido el procedimiento más empleado en todo el mundo para hacer frente al ordenamiento territorial local, regional y nacional. Las adaptaciones que han surgido en los últimos años ofrecen una alternativa de aplicación frente a nuevos retos agroambientales. La FAO propone un conjunto de cualidades y características para que sean aplicadas en el proceso de evaluación de tierras, denominadas, en el presente desarrollo metodológico, *criterios* y *variables*, respectivamente, cuyo número es flexible y está determinado por los objetivos de aplicación, la escala de trabajo y los datos disponibles (FAO, 2007).

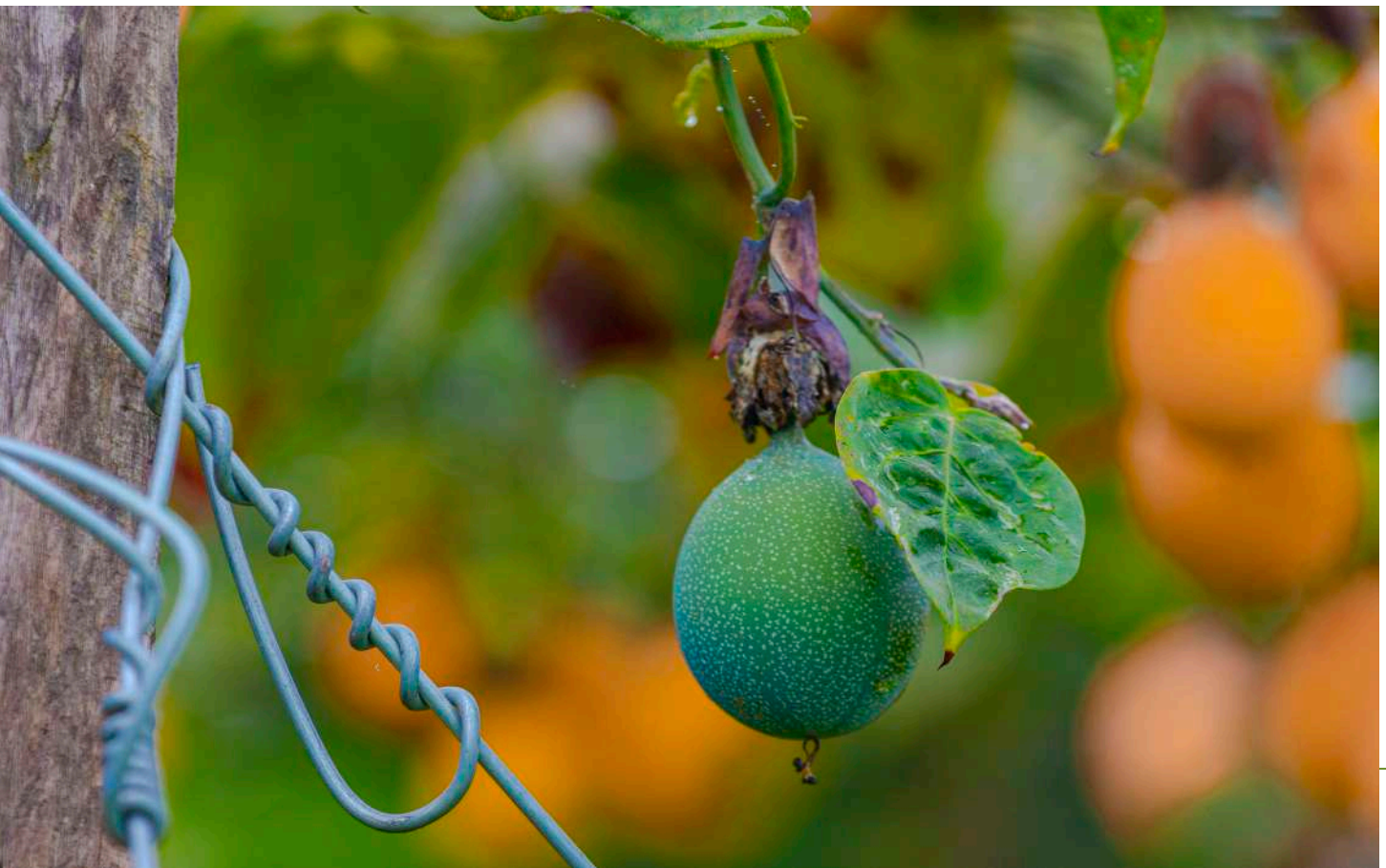
En la zonificación en descripción, el proceso de evaluación de tierras se abordó de manera multidisciplinaria, pues brindó las herramientas para analizar los criterios relacionados con las dimensiones física, socioecosistémica y socioeconómica de la cadena productiva por evaluar, siempre sobre una base sostenible. Desde el componente físico, la evaluación se llevó a cabo por medio del análisis de sus elementos en un espacio territorial con el fin de 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 la granadilla, el componente físico permitió precisar algunas características que identifican criterios y variables, los cuales se agruparon en tres subcomponentes: *climático, edáfico* y *fitosanitario*.

Desde el componente socioecosistémico, se consideró el patrimonio natural, a saber: la biodiversidad, la funcionalidad ecosistémica y los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente a los sistemas sociales con los que cohabita. En estos sistemas complejos, el hombre, la sociedad y la cultura no sólo participan en el modelamiento de los ecosistemas, sino que también responden de forma adaptativa a los cambios en la naturaleza. De esta manera, 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 una visión socioecosistémica consiste en plasmar en el desarrollo productivo las estrategias de gestión que abarquen 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. Estas pautas aportan a la productividad y a la competitividad del sistema en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012; Martín-López *et al*., 2009, como se citaron en UPRA, 2014). A partir del componente socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el establecimiento y permanencia de una cadena productiva. En las áreas con mayor aptitud, la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o contribuye a mejorarlos.

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). Además, constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, pues se establece como 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. Con ello, es posible mejorar de manera permanente



las condiciones de vida y bienestar de los habitantes de esa región, en particular, de los empresarios y familias dedicadas al negocio. En otras palabras: la competitividad implica que un cultivo exija requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollarse. A continuación, en la Tabla 19, se resumen algunos de los lineamientos que Rossiter (2009) propone aplicar a una evaluación de tierras y que representan el enfoque abordado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas.

Tabla 19. Principios de la evaluación de tierras

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

Fuente: Rossiter, 2009.

3 Marco metodológico

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación en Colombia a escala 1:100.000 se fundamentó en los principios del *Esquema de evaluación de tierras* de la FAO (1976), en las directrices de la *Evaluación de tierras para la agricultura en regadío* (FAO, 1990) y en 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 se define como la determinación del grado de satisfacción de los requerimientos de cada tipo de uso o actividad proporcionado por el suelo. El proceso principal de este esquema consiste en comparar las cualidades de cada unidad de tierra con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo mediante diversos procedimientos descritos en publicaciones posteriores (FAO, 1976).

Partiendo del enfoque suministrado por la FAO (1976), en la presente zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla se realizó una adaptación que involucró un tipo de técnicas frecuentemente empleado para la determinación del emplazamiento óptimo para una actividad, a saber: *los métodos de evaluación multicriterio,* que, como otros mecanismos, permiten obtener mapas de aptitud. La evaluación multicriterio se ha diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios, sabiendo que *un criterio* es la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. Los criterios pueden ser de dos tipos: *factores o restricciones.* Un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración; mientras que una restricción, un criterio que limita esas alternativas (Eastman *et al.,* 1995).

En la evaluación multicriterio, una de las técnicas más sencillas y frecuentemente aplicadas es la *suma lineal ponderada*. El propósito principal de la evaluación multicriterio consiste en otorgar las pautas para combinar la información de varios criterios y así formar un índice único de evaluación. En el caso de *los criterios restrictivos*, se utiliza la lógica *booleana*, es decir: *sí* o *no*; se determina si existe la restricción o no, por lo que sólo da lugar a una de las dos calificaciones. En el caso de los factores, se utiliza la suma lineal ponderada cuyos factores se combinan aplicando un peso a cada uno, seguido de una sumatoria de los resultados para obtener el mapa de aptitud (Eastman *et al.*, 1995).

La metodología planteada analizó los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, los cuales fueron evaluados por una serie de criterios conformados por variables que los caracterizan. Un *criterio* es el atributo complejo (conjunto de variables) de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976); una *variable* es el atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y que es utilizado como un medio para describir las cualidades de la tierra o el criterio. Para efectos de la zonificación, los criterios se organizaron en cuatro tipos, como se muestra a continuación:

Criterios de análisis jerárquico. Son factores para los cuales se definen los niveles de aptitud. Un *factor* es un criterio que mejora o reduce la aptitud del cultivo de granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación en Colombia.

Criterios de exclusión técnica. Se asignan a las zonas en las que, por condiciones técnicas físicas o socioecosistémicas, no es factible el cultivo de la granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación en Colombia.

Criterios de restricción legal. Se asignan, independientemente de la categoría de aptitud por causas sociales, culturales, ambientales o de bioseguridad, cuando no es posible el desarrollo de la actividad productiva.

Criterios condicionantes legales. Se aplican a las zonas con condicionante legal o técnico que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario social, cultural, ambiental o de bioseguridad para desarrollar actividades agropecuarias con fines comerciales.

En la Figura 11 se puede consultar el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la presente zonificación y la manera como interactúan.

Figura 11. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos

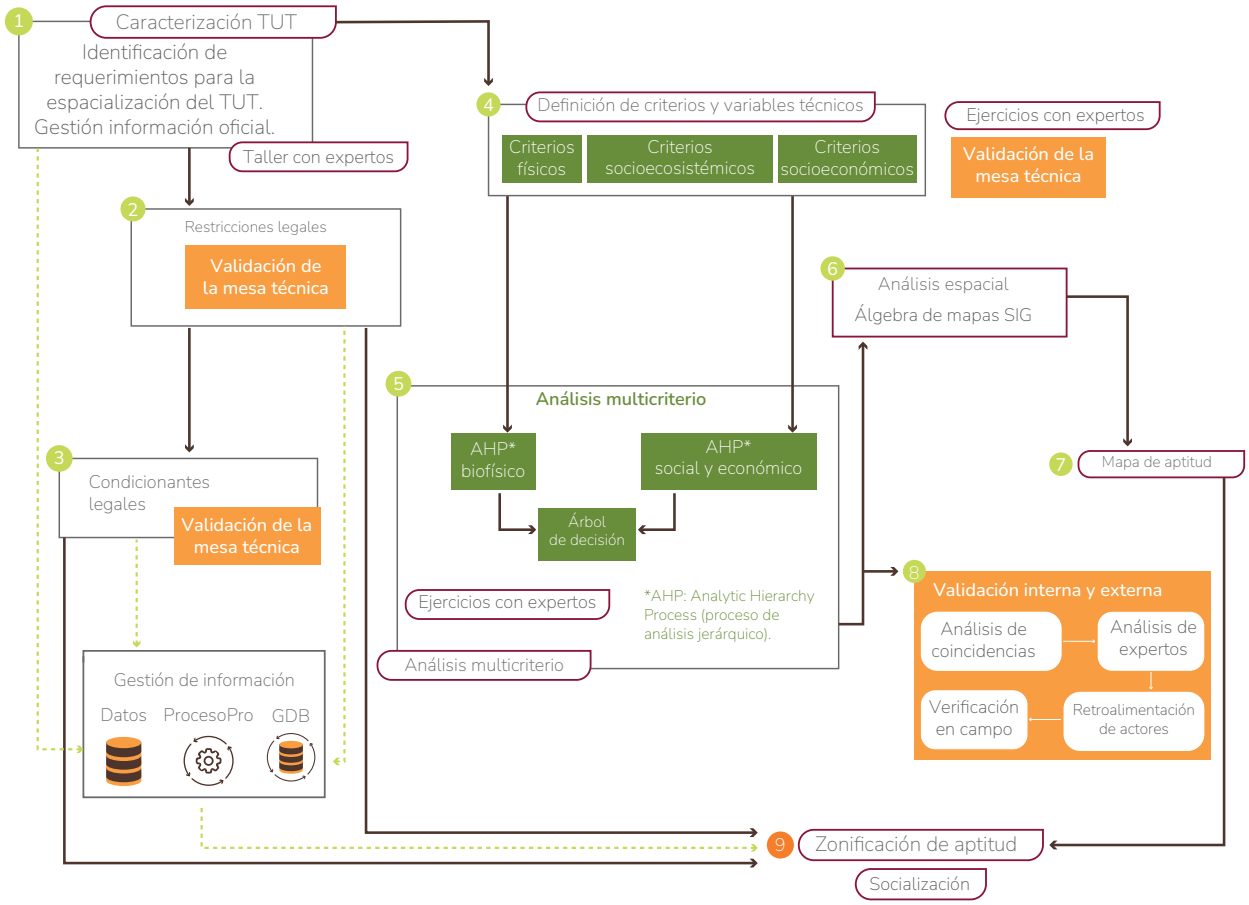
Fuente: UPRA, 2015.

A continuación, en la Figura 12, se sintetiza cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación de aptitud. Es pertinente aclarar que durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y con las discusiones tanto con el sector como con los profesionales, quienes no sólo aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y las variables, sino que también consolidaron la importancia de estas herramientas dentro de la zonificación en descripción.

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

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

Figura 12. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla



Fuente: UPRA, 2019

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

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

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

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

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

Validación de resultados. Se socializaron los resultados de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de la granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación en el orden nacional, departamental y municipal; luego, se validaron estos resultados.

Resultados. Se obtuvo la representación cartográfica de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de la granadilla para la producción en el mercado nacional y de exportación con las respectivas estadísticas en el orden nacional, departamental y municipal.

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

El tipo de utilización de la tierra (TUT) es un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción que actúan dentro de un marco social, económico, ambiental y cultural específico. Entre tales especificaciones, se destacan el tipo de cultivo, los objetivos de producción, el tipo de manejo, la intensidad de mecanización y el capital, la infraestructura requerida, el tamaño y la tenencia de la tierra (FAO, 2003). Del mismo modo, el TUT se define como una apropiada descripción del uso de la tierra que incluye tanto las características del sistema de producción como los contextos socioeconómico y ecológico, lo cual le confieren rasgos al

cultivo de granadilla desde un punto de vista de evaluación de la tierra. Estos rasgos pueden expresarse como requisitos de uso de la tierra en Colombia con valores tanto de cualificación como de cuantificación, o que sirven para delimitar las opciones de uso de la tierra.

El tipo de utilización de la tierra evaluado en el presente documento corresponde al cultivo comercial de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación. Para obtener el TUT asignado al cultivo de la granadilla, se consideraron los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, junto con los criterios y variables de cada uno. Cabe aclarar que en el componente ecosistémico se incluyó el importante proceso de polinización, ya que está relacionado directamente con la fecundación y, por ende, con la producción de frutos.

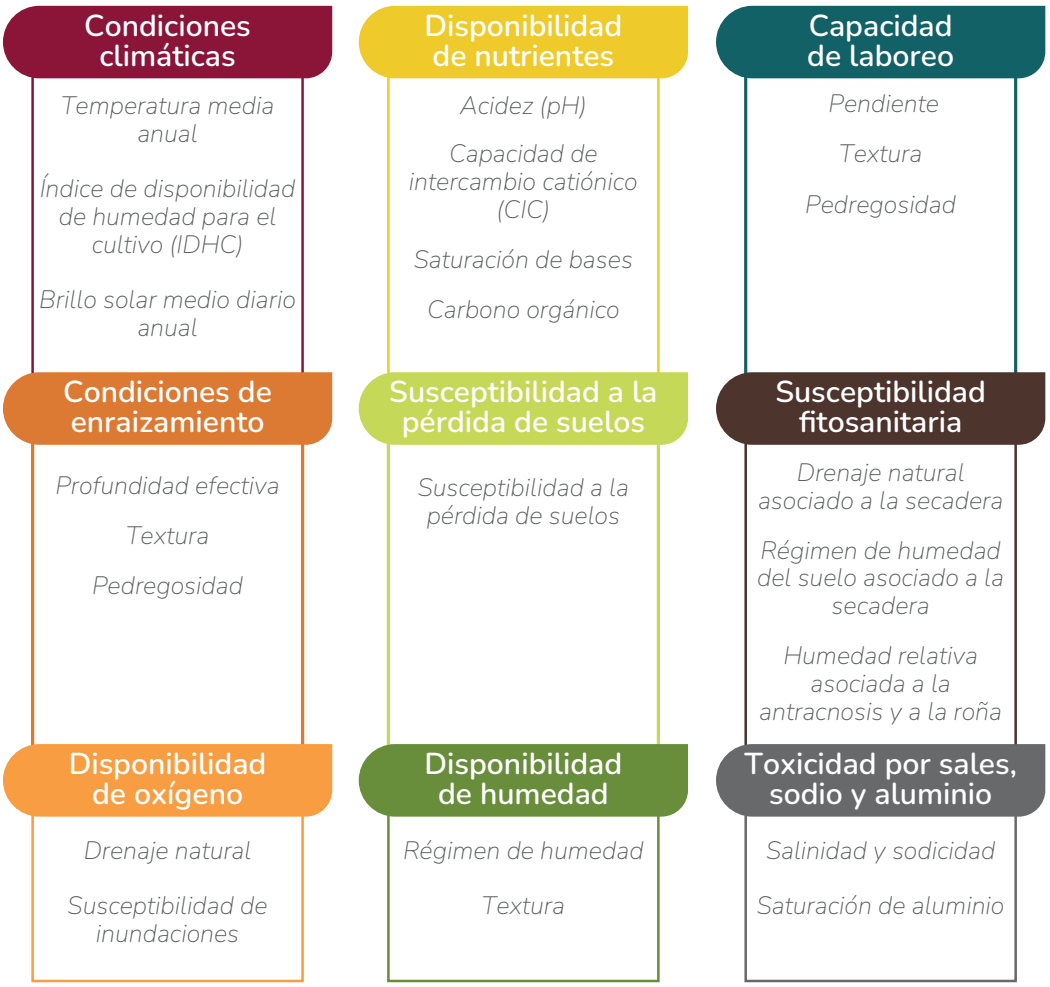
3.2 Criterios de análisis jerárquico

A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que formaron la aptitud para el cultivo de la granadilla a escala 1:100.000 en Colombia. La información técnica sobre los criterios y variables se halla en el anexo a este documento estructurado como fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico, que contiene datos sobre la definición, la importancia, los rangos de evaluación, las limitantes, la metodología empleada para el procesamiento, la representación cartográfica y las fuentes de información.

3.2.1 *Componente físico*

Los criterios físicos abarcan los elementos de tipo climático, que, junto con las características del suelo, la geomorfología de la zona y la susceptibilidad tanto de plagas como de enfermedades, interactúan dentro de unos rangos para definir el grado de aptitud de la zona por cultivar. Como se puede observar en la Figura 13, para el cultivo de la granadilla se definieron 9 criterios y 23 variables.

Figura 13. Criterios y variables del componente físico



Fuente: UPRA, 2019

Subcomponente climático. Para la presente zonificación de aptitud, según los estudios agroclimáticos realizados en los cultivos de granadilla, se precisaron las variables climáticas con mayor incidencia en las fases de establecimiento, desarrollo y producción, a saber: *temperatura media anual*, *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)* y *brillo solar medio diario anual* (ver Tabla 20).

Subcomponente edáfico. Como cuerpo natural y complejo, el suelo es de vital importancia en el desarrollo de los cultivos, ya que de sus características depende la supervivencia de las especies vegetales. De esta manera, el cultivo de la granadilla requiere condiciones óptimas para la siembra, cuyas principales cualidades se relacionan con la *disponibilidad de nutrientes*, la *capacidad de laboreo*, las *condiciones de enraizamiento*, la *disponibilidad de humedad* y la *disponibilidad de oxígeno*, entre otras (ver Tabla 21).

Tabla 20. Variables del subcomponente climático

Criterio (definición)	Variables (definición)
Condiciones climáticas: conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático, denominadas *variables*, que interactúan en las capas inferiores de la atmósfera, lo que afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976; UPRA y Universidad Nacional de Colombia, 2013).	***Temperatura media anual:*** medida del estado térmico del aire con respecto a la habilidad de transmitir calor al alrededor. Depende de la latitud y de la altitud, y se suele tomar como un índice de balance calórico expresado en grados centígrados (Ideam, 2014).
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC): índice de la relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo expresado como índice.
	Brillo solar medio diario anual: cantidad de horas en las que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre. Se le conoce como *brillo solar* o *insolación* (Ideam, 2014).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio (definición)	Variables (definición)
Disponibilidad de nutrientes: cualidad de un suelo de proporcionar compuestos en cantidades balanceadas apropiadas para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores, como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo, son favorables (Klingebiel & Montgomery, 1961).	***Acidez (pH):*** concentración de iones hidrógeno (H^+) e iones hidróxido (OH^-) en la solución del suelo. Define el grado de acidez o alcalinidad de un suelo expresado como un valor que oscila entre 0 y 14 de pH (Soil Science Society of América [SSSA], 2018).
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC): de conformidad con Chapman (Malagón y Montenegro, 1990), los cationes retenidos tanto en la superficie de los minerales del suelo como dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos pueden ser reversiblemente reemplazados por los cationes de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico, que suele expresarse en miliequivalentes por 100 gramos de suelo, en centimoles por kilogramo (cmol/kg) de suelo o en milimoles de carga por kilogramo de suelo o del material edáfico al que se le determinó.

Criterio (definición)	Variables (definición)
Disponibilidad de nutrientes	***Saturación de bases:*** relación existente entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico. El valor de la saturación de la base oscila si la capacidad de intercambio catiónico incluye sólo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a un pH de 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (SSSA, 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 de forma muy condensada, casi como carbono elemental, es decir, como carbón vegetal, grafito o carbón (Jackson, 1958).
Capacidad de laboreo: condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con ciertas condiciones que permitan el establecimiento del cultivo para el desarrollo, mantenimiento y cosecha. Las labores pueden efectuarse de forma manual, con tracción animal o mecanizada (FAO, 1976; UPRA y Universidad Nacional de Colombia, 2013).	***Pendiente:*** grado de inclinación de una superficie desde la horizontal generalmente expresada en porcentaje o grados (SSSA, 2018). Concierne tanto al desplazamiento de las labores a través del cultivo como a las facilidades de mecanización.
	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 dos milímetros (Malagón y Montenegro, 1990). Se relaciona con la resistencia del suelo a romperse.
	Pedregosidad: fragmentos de roca de dos o más milímetros de diámetro. Se reconocen, de acuerdo con el tamaño, como *grava, guijarro, piedra* y *bloques* (Forbes, Rossiter & Wambeke, 1987). Se relaciona con el efecto en las labores de preparación del terreno.
Condiciones de enraizamiento: conjunto de características físicas del suelo que permiten el buen desarrollo de las raíces de las plantas de la granadilla y que derivan en la formación adecuada tanto de las plantas como de los frutos.	***Profundidad efectiva:*** espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin restricciones para obtener agua y nutrientes indispensables. Se define como la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (Klingebiel & Montgomery, 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 un diámetro inferior a dos milímetros (Malagón y Montenegro, 1990; Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 1990).

Criterio (definición)	Variables (definición)
Condiciones de enraizamiento	***Pedregosidad:*** fragmentos de roca de dos o más milímetros de diámetro. Se reconocen, de acuerdo el tamaño, como *grava, guijarro, piedra* y *bloques* (Forbes, Rossiter & Wambeke, 1987). Se asocian al efecto sobre el volumen y el espacio de exploración de la raíz.
Susceptibilidad a la pérdida de suelos: grado de vulnerabilidad de las tierras de ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque la pérdida de suelos suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado para cultivos, lo cual origina 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 tanto del suelo como de los materiales de roca mediante la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (Klingebiel & Montgomery, 1961).
	Degradación de suelos por erosión: pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o el 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, usualmente expresada en porcentaje o grados (SSSA, 2018).
	Amenaza por movimientos en masa: peligro latente de movimientos en masa de origen natural o causado/inducido por la acción humana de modo accidental, en función de una probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Servicio Geológico Colombiano [SGC], 2023).
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 dióxido de carbono hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior.	***Susceptibilidad de inundaciones:*** desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o de cualquier masa de agua. También se entiende como la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (Organización Meteorológica Mundial [OMM] y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], 2012).
	Drenaje natural: rapidez y grado de eliminación del agua del suelo tanto por la escorrentía como por el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (Klingebiel & Montgomery, 1961). El drenaje natural combina los drenajes tanto internos como externos del suelo, de acuerdo con la relación que existe entre la pendiente, la escorrentía, la infiltración, las evidencias de procesos de óxido-reducción y los colores gley según la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

Criterio (definición)	Variables (definición)
Disponibilidad de humedad: capacidad de los suelos de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para el desarrollo en condiciones naturales. Se relaciona con el contenido y con el movimiento interno del agua en el suelo durante todo el año.	***Régimen de humedad:*** presencia o ausencia de un manto freático o agua retenida a una tensión inferior a 1.500 kilopascales en la sección control de humedad del suelo durante un periodo correspondiente a un año normal (Soil Survey Staff, 2014).
	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 un diámetro inferior a dos milímetros (Malagón y Montenegro,1990). Se relaciona con la capacidad del suelo de almacenar agua.
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: presencia de elementos químicos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos para las plantas y restringen tanto el crecimiento como la producción. Además, produce efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos. En los suelos colombianos, la presencia de altas saturaciones de aluminio es muy determinante en suelos ácidos de clima húmedo; mientras que en suelos básicos de climas secos, lo son las altas concentraciones de sales y de sodio.	***Salinidad y sodicidad:*** contenido alto de sales solubles y sodio intercambiable en el suelo. El contenido de sales se determina normalmente mediante la conductividad eléctrica (CE), pero también puede expresarse en cantidad o porcentaje de sales en el suelo, o en cantidad de aniones en la fracción del cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). La salinidad y la sodicidad pueden presentarse de forma natural o adquirida. De forma natural, se asocia al fenómeno climático de *aridez*; a los materiales de origen ricos en sales —como sucede con algunas rocas sedimentarias—; y a los ascensos del nivel freático, que deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. De forma adquirida, se asocia a los riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales y a las aguas de buena calidad pero mal manejadas en climas con regímenes ústicos de humedad.
	Saturación de aluminio: proporción de iones de aluminio (Al^{+++}) en el complejo de cambio y en la solución del suelo. Se debe a la mezcla de iones de aluminio y de hidrógeno (H^{+}) intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl). También incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).

Fuente: Elaboración propia.

Subcomponente fitosanitario. La granadilla, al igual que la mayoría de las pasifloras, se ve afectada por la presencia de plagas y enfermedades que disminuyen tanto la productividad como la calidad. En algunos casos, se puede comprometer la viabilidad del cultivo, como sucede con la presencia de la secadera, causado por el *Fusarium* sp. En la Tabla 22 se definen las variables que inciden en la presencia del *Fusarium* sp., del *Colletotrichum gloeosporioides* y del *Cladosporium cladosporioides*.

Tabla 22. Variables del subcomponente fitosanitario

Criterio (definición)	Variables (definición)
Susceptibilidad fitosanitaria: susceptibilidad generada por condiciones ambientales que propician la aparición de plagas o enfermedades en el cultivo, que, para el caso del cultivo de la granadilla, se asocian a las enfermedades denominadas *secadera* (pudrición radicular), causada por el *Fusarium* sp; *antracnosis*, causada por el *Colletotrichum gloeosporioides*; y *roña*, ocasionada por el *Cladosporium cladosporioides*.	***Drenaje natural asociado a la secadera:*** relación existente entre la velocidad de drenaje del suelo y el desarrollo del hongo *Fusarium* sp., agente causal de la marchitez vascular en el cultivo de la granadilla, también conocida como *secadera*.
	Humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña: relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua y el efecto sobre el potencial de desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y de la roña (*Cladosporium cladosporioides*).
	Régimen de humedad del suelo asociado a la secadera: relación existente entre la humedad del suelo a lo largo del año y el desarrollo del *Fusarium* sp., agente causal de la marchitez vascular en el cultivo de granadilla, también conocida como *secadera*.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 *Componente socioecosistémico*

El componente socioecosistémico permite efectuar una mirada desde la integridad de los ecosistemas naturales cuando éstos son alterados por la siembra de la granadilla. Además, les ofrece a los otros dos componentes las bases para la conservación ecológica, de biodiversidad, de las coberturas vegetales, así como la conservación y equilibrio de las masas acuáticas; y busca el bienestar de las emisiones de carbono y de contaminantes del aire. En definitiva, protege la relación antrópica con el ecosistema en el cual está inmerso.

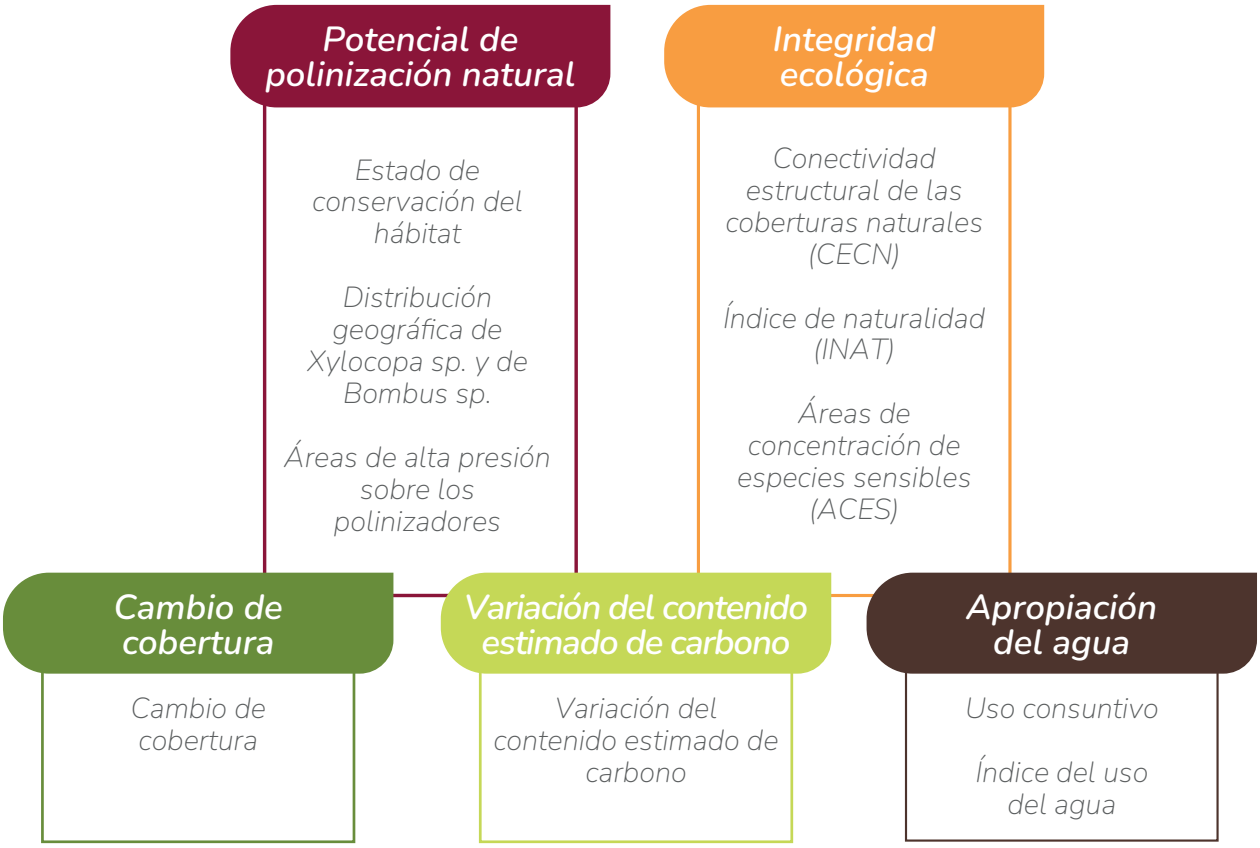
Dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia, este enfoque adquirió una importancia trascendental, puesto que transversalmente fundamentó, para los demás componentes de análisis, el mantenimiento del capital natural, esto es: la biodiversidad, la integridad ecológica y la prestación de bienes y servicios ambientales. De forma equitativa, este componente incluye 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 y utilitaristas.

La *aptitud de la tierra* se entiende como la adaptabilidad de un territorio para realizar una actividad dada. Por esta razón, el proyecto de zonificación se establece desde el componente socioecosistémico en estrecha relación con el potencial del uso del cultivo con fines comerciales, sin que la 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 desarrollar el cultivo de granadilla y la permanencia de tal actividad.

Entonces, en las áreas con mayor aptitud para el cultivo la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o contribuye a mejorarlos. Lo socioecosistémico aborda los siguientes tres grupos de criterios: el primero delimita las áreas de aptitud (factores); el segundo condiciona o alerta sobre la utilización de un área para el establecimiento y desarrollo del cultivo por aspectos legales; el tercero, por aspectos normativos y legales, excluye cualquier actividad asociada a esta cadena.

Producto del cruce entre los rangos de las variables y los criterios, se aplicó la metodología del árbol de decisiones, en algunos casos, y de matriz AHP (Saaty,1980) en otros, cuyo fin consistió en llegar a describir los tipos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). En la presente zonificación de aptitud, en cuanto a las zonas más aptas desde la perspectiva socioecosistémica, las aptitudes han de interpretarse de forma inversa, ya que las zonas más aptas para el cultivo serán las que tienen un mayor grado de transformación; por el contrario, las zonas menos aptas serán las que presentan mayor grado de conservación natural. Dentro del componente, se proponen cinco criterios: *apropiación del agua, potencial de polinización natural, integridad ecológica, cambio de cobertura* y *contenido estimado del carbono*, los cuales están representados en diez variables que se describen a continuación (ver Figura 14 y Tabla 23).

Figura 14. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio (definición)	Variable (definición)
Potencial de polinización natural: el criterio intenta espaciar los ecosistemas y agroecosistemas que brindan las aptitudes más adecuadas para el establecimiento, desarrollo, reproducción y mantenimiento de poblaciones de insectos, aves y murciélagos polinizadores.	***Estado de conservación del hábitat:*** grado de integridad natural, madurez y capacidad de soporte para el establecimiento de poblaciones naturales de polinizadores de los hábitats y ecosistemas evaluados a partir de la heterogeneidad y estructura del paisaje.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Participan, entre otros polinizadores, las abejas carpinteras o abejorros *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp. La polinización es un proceso que consiste en transferir el polen desde las anteras al estigma de la flor para fecundar el óvulo. De este modo, la polinización es un servicio ecosistémico, pues permite la obtención de frutos, la reproducción vegetal y la variabilidad genética.	***Distribución geográfica de la Xylocopa* sp. y del *Bombus* sp.:** diagnóstico de la distribución potencial de las abejas carpinteras y los abejorros, de acuerdo con la probabilidad de encontrarse poblaciones aptas para ejercer el servicio ecosistémico de la polinización en cultivos de granadilla en algunos lugares del territorio. Las abejas del género *Xylocopa* se encuentran en todos los continentes (Michener, 2000; 2007). En Colombia están ampliamente distribuidas, aunque no hay reportes de que hayan encontrado en la región del Pacífico. En la Amazonia se encuentran en los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés; en la región Andina, en Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca; en el Caribe, en Atlántico, Magdalena y Sucre; en la Orinoquia, en Casanare, Meta y Vichada (Vélez-Ruiz, 2009). Los abejorros o abejas del género *Bombus* (Latreille, 1802) son un grupo amplio de insectos sociales reconocidos, en latitudes altas y regiones templadas, como polinizadores de plantas silvestres y agrícolas. Sin embargo, en Colombia se pueden encontrar en altitudes que oscilan desde los 0 hasta los 3.600 m s. n. m. Estas abejas, robustas y peludas, tienen adaptaciones termorreguladoras, incluida la endotermia facultativa, lo cual les permite vivir en grandes elevaciones, como los ecosistemas alpinos y, en el caso de Colombia, en páramos.
	Áreas de alta presión sobre los polinizadores: zonas en las cuales se presentan situaciones críticas que amenazan las poblaciones de abejas polinizadoras, en este caso, de *Xylocopa* sp. y de *Bombus* sp. En consecuencia, la prestación del servicio ecosistémico de polinización que se podría prestar en una región determinada se ve comprometida. La variable se evalúa a partir de la reclasificación del mapa de cobertura (CLC), cuyos factores de presión son las áreas con existencias de monocultivos; la agricultura con alto uso de agroquímicos; las zonas de pastos limpios con poca diversidad de especies; las áreas urbanas; las zonas mineras; y las áreas degradadas.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Integridad ecológica: capacidad del ecosistema de soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable como condición indispensable para la prestación, la regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio (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 la de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento adecuado de los ecosistemas en un territorio y de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos autogenerados y autosostenibles, Vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Mackey, 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.	***Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN):*** nivel de continuidad espacial en el paisaje, determinado por la distancia entre fragmentos naturales. En este sentido, habrá una menor conectividad cuanto más distanciados estén los fragmentos del hábitat; al contrario: cuanta menor distancia exista entre los fragmentos, entonces se hablará de una mayor conectividad. ***Índice de naturalidad (INAT):*** se refiere a las coberturas naturales en las que se desarrollan procesos ecológicos esenciales, necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda natural. La *naturalidad* se entiende como la cualidad de un ecosistema que manifiesta su independencia de cualquier intervención humana. (Espinosa *et al*., 2014). Machado propone una escala de índices de naturalidad que abarca desde coberturas naturales vírgenes, donde no hay o hay excepcionalmente intervención antrópica, hasta coberturas totalmente transformadas por la intervención humana. ***Áreas de concentración de especies sensibles (ACES):*** la variable establece lugares donde se concentran especies sensibles mediante indicadores pertinentes, como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC) o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas de agroecosistemas. La variable no sólo integra las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS), sino que también permite identificar zonas geográficas con necesidad de protección, en la medida en que contengan especies con niveles poblacionales reducidos o altamente amenazados, lo que pone en peligro la supervivencia. La aptitud se interpreta en sentido contrario, de tal suerte que a los ecosistemas con altos grados de concentración de especies se les asigna una *aptitud baja* (A3) para la siembra de la granadilla; mientras que a las zonas con bajas concentraciones de especies se les asigna una *aptitud alta* (A1) para establecer cultivos de granadilla.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Apropiación del agua: representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y del agua lluvia para satisfacer la demanda del cultivo de la granadilla, tanto para el crecimiento como para el sustento del cultivo y la producción de la fruta. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie; otra retorna a la cuenca como excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego; y otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, porque queda contenida en el producto que se exporta para el aprovechamiento o por la evapotranspiración desde los cultivos.	***Diferencia de uso consuntivo:*** representa la diferencia entre la cantidad total de agua que necesita el cultivo de la granadilla para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde el establecimiento hasta la cosecha, en un régimen climático específico, frente al uso consuntivo de las coberturas actuales.
	Índice del uso del agua: permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de la granadilla. De esta forma, es posible identificar si, dada la capacidad hídrica, se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, los agrosistemas y otros usos existentes.
Cambio de cobertura: es el grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para establecer cultivos de granadilla. Se determina en el marco de la sostenibilidad del territorio bajo los principios de grado de transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura; e importancia de la cobertura frente a la producción agropecuaria.	–
Variación del contenido estimado de carbono: balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa, tanto aérea como subterránea, de la cobertura vegetal actual y en el suelo, frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento de los cultivos priorizados.	–

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 *Componente socioeconómico*

Este componente contiene 7 criterios, respaldados por 33 variables que comprenden el ámbito de existencia de cultivos de las pasifloras; la cercanía a gremios como Fedepasifloras y Asohofrucol; puertos tanto aéreos como marítimos; y centros de investigaciones, entre otros. El componente se enfoca en indicadores económicos, dinámicas del mercado de tierras, seguridad ciudadana y condiciones de vida de las zonas productoras del cultivo. En síntesis, el componente socioeconómico agrupa la información en dos grandes temas: el primero identifica las condiciones propicias para un ambiente competitivo; el segundo analiza el contexto social del territorio municipal o departamental, cuya base son los datos municipales. En la Figura 15 y en la Tabla 24 se pueden consultar los criterios y las variables que conforman el componente socioeconómico.

Figura 15. Criterios y variables del componente socioeconómico

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Componente socioeconómico de la granadilla

Criterio (definición)	Variable (definición)
Infraestructura y logística: conjunto de medios técnicos, bienes, servicios e instalaciones necesarios para las actividades de producción, comercialización, empaque y distribución del cultivo comercial de granadilla.	***Existencia de cultivos:*** predios georreferenciados con áreas de cultivo de la granadilla.
	Cercanía a los viveros registrados: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, los viveros registrados que garanticen un buen material vegetal certificado por entidades fitosanitarias nacionales. Es el conjunto de instalaciones cuyo propósito consiste en crear material vegetativo, lo cual constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar plántulas sanas y de buena calidad.
	Cercanía a las comercializadoras y empacadoras: facilidad con la que se accede, desde un punto del territorio, a una planta comercializadora o empacadora donde se apareja el producto fresco o procesado en pulpa para su comercialización nacional e internacional. Este tipo de compañías ejecutan funciones de compra, acopio, selección, clasificación, envasado, embalado, almacenamiento, conservación, transporte y venta de la fruta.
	Cercanía a los puertos marítimos: facilidad con la que se puede acceder a los puertos marítimos desde las zonas productoras de granadilla para la operación de comercio internacional.
	Cercanía a los centros de comercialización: facilidad con la que se puede acceder, desde otros puntos en el territorio, a las plazas de mercado de los centros urbanos, como capital departamental, centros poblados o corregimientos con menos de 30.000 habitantes. Al ser un centro de abastecimiento, cultural y social que conecta el campo y el productor, la mayoría de los productos que se venden en las plazas de mercado son cosechados recientemente, es decir: son frescos.
	Cercanía a los centros de servicios: facilidad con la que se pueden alcanzar, desde otros puntos en el territorio, áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de los cultivos de granadilla. Los centros de servicios se entienden como las zonas con poblaciones de más de 30.000 habitantes, a quienes se les otorga oportunidades de contacto e interacción.
	Cercanía a los aeropuertos: facilidad con la que se puede acceder a un aeropuerto desde las zonas de cultivo de la granadilla.
	Distritos de riego y drenaje: zonas que presentan influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar de riego, drenaje o protección ya sea contra las inundaciones, ya sea para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Asociatividad e institucionalidad: presencia gremial, institucional o de organizaciones de base de la cadena productiva, cuyo apoyo estimula la competitividad. Identifica las condiciones internas y externas a la cadena en cuanto a la oferta institucional y de consolidación del sector agrícola.	*Cercanía a las asociaciones:* facilidad con la que se puede alcanzar, desde las zonas productoras, una asociación de representación de las pasifloras.
	Cercanía al gremio: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede de Fedepasifloras o de Asohofrucol.
	Cercanía al ICA: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede del ICA. La función de esta entidad oficial consiste en elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional; aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias; y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.
	Cercanía a Agrosavia: facilidad con la que se puede acceder, desde otros puntos en el territorio, a un centro de Agrosavia. Esta entidad se encarga de llevar a cabo actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario.
	Cercanía a las EPSEA: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una entidad prestadora de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA).
Disponibilidad de mano de obra: identifica las condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra rural. Para ello, se valora el nivel de cualificación y las posibilidades de acceso a programas de formación académica, según las necesidades de los productores de pasifloras, en especial, de granadilla.	*Densidad de la población rural en edad de trabajar:* número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar por kilómetro cuadrado, en función de las necesidades técnicas del cultivo para el ciclo productivo frente la disponibilidad de mano de obra en una región.
	Oferta educativa técnica y tecnológica: cercanía a los programas de educación técnica y tecnológica oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola.
	Oferta educativa universitaria: cercanía a los programas de educación universitaria oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Dinámica del mercado de tierras: busca mostrar el impacto del tamaño, la formalidad, el arriendo rural y el precio de los predios mediante el avalúo catastral como un *proxi* de su tendencia en la actividad agrícola, con el fin de focalizar las inversiones en este sector. Además, permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra, a través de compra o arriendo, no sólo para el desarrollo rentable de la actividad productiva, sino también para entregar una presunción de predios que puedan brindar seguridad al acceso de derechos de propiedad.	***Tamaño predial rural:*** superficie del terreno en rangos de tamaños definidos de acuerdo con las dimensiones consideradas óptimas para la productividad competitiva de la granadilla.
	Arriendo rural: valor del pago en dinero establecido de manera conjunta por el propietario, quien concede el goce de un predio por un tiempo definido, y el arrendatario, quien paga por este goce un precio determinado.
	Avalúo catastral rural: determinación de una 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 tanto para los terrenos como para las edificaciones comprendidos en el avalúo (IGAC, 2023).
	Tendencia a la formalidad: conjunto de situaciones inmobiliarias técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios públicos y privados, que proporciona seguridad jurídica a la propiedad de acuerdo con el principio constitucional del derecho a la propiedad privada.
Indicadores económicos: muestra, por un lado, el grado de endeudamiento y los incentivos tributarios de los municipios y las zonas más afectadas por el conflicto armado en Colombia; por otro lado, la contribución a la generación de valor agregado y al apalancamiento económico de la población.	***Créditos otorgados:*** valor, a precios del año 2020, de los créditos otorgados desde el 2015 a nivel municipal para el desarrollo y mejora de la producción de la granadilla. Están dirigidos a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales de Finagro, a través de la banca comercial y con presencia en los territorios. Se emplean para apalancar el capital de trabajo y los proyectos de inversión.
	Desempeño municipal: mide y compara el desempeño de las entidades territoriales sobre la eficacia en el cumplimiento de las metas de los planes de desarrollo; la eficiencia en la provisión de los servicios básicos de educación, salud y agua potable; y el cumplimiento de los requisitos de ejecución presupuestal definidos tanto por la ley como por la gestión administrativa y fiscal.

Criterio (definición)	Variable (definición)
Indicadores económicos	***Valor agregado agrícola municipal:*** aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio en función de su importancia relativa en el departamento.
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC): estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado constituidas por 344 municipios que son considerados como los más afectados por la violencia. Los incentivos se otorgan a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 2017.
Seguridad ciudadana: mide la ausencia no sólo de peligros o afectaciones a la integridad física, sino también de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas.	***Extorsiones rurales:*** consiste en obligar a una persona, a través de la violencia o la intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio patrimonial. La persona que realiza estas actividades delictivas está definida en el Código Penal como «quien constriñe a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho o cualquier utilidad o beneficio ilícito, para sí o para un tercero».
	Hurtos rurales: consiste en apoderarse de una cosa mueble ajena con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. Se estima que existe *hurto calificado* en la medida en que se realice con violencia sobre las cosas; dejando la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad; o aprovechándose de estas condiciones. Es hurto rural si se comete a través de la penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en un lugar habitado o en las dependencias inmediatas, aunque no se encuentren los moradores; o con escalamiento, con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar; o al violar o superar la seguridad electrónica o semejantes.
	Secuestros rurales: consiste en detener ilegalmente a una o más personas contra su voluntad empleando la fuerza, las amenazas, el engaño o 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).

Criterio (definición)	Variable (definición)
Seguridad ciudadana	***Homicidios rurales:*** se relaciona con la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término *homicidio* puede utilizarse como sinónimo de asesinato o *crimen*. El homicidio se define como la «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)».
Condiciones de vida: mide el grado de privación de los hogares rurales en un conjunto de dimensiones medidas a partir de indicadores municipales. Permite determinar la naturaleza de la privación, así como su intensidad y profundidad. Además, este índice ayuda a observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria (DNP, 2011). Se considera que el hogar evaluado se halla en pobreza multidimensional si presenta privaciones en al menos el 33 % de las diez variables que lo miden.	***Trabajo:*** promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *trabajo informal* y *tasa de dependencia*.
	Salud: promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios, con privaciones combinadas en los indicadores *sin aseguramiento en salud* y *barreras de acceso a servicios de salud*.
	Condiciones de la niñez y de la juventud: promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia* y *trabajo infantil*.
	Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos: promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas* y *sin acceso a fuentes de agua mejorada*.
	Condiciones educativas del hogar: promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *analfabetismo* y *bajo logro educativo*.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para la zonificación de aptitud de la granadilla, se tomaron como referencia las categorías que la UPRA ha empleado en los ejercicios de zonificación, las cuales corresponden a las categorías *aptitud alta* (A1), *aptitud media* (A2), *aptitud baja* (A3) y *no apto* (N1). Así mismo, se comtemplaron las categorías de restricciones legales y condicionantes legales (ver Tabla 25).

3.3.1. *Criterios y variables del componente físico*

Desde el componente físico, se definieron los rangos de aptitud, para lo cual se distinguieron los de aptitud alta (A1), los de aptitud media (A2), los de aptitud baja (A3) y las exclusiones técnicas (N1) según las cuales, dados los requerimientos específicos del cultivo en estudio, se podrían llegar a presentar restricciones que imposibilitaran el desarrollo de la actividad. En la Tabla 26 se registran los rangos de aptitud para calificar el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas (N1), para el cultivo de la granadilla.

Tabla 25. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

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.
Exclusiones legales		
N2	Restricción legal	Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario.
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.

Tabla 26. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud media (A3)	No apto (N1)
Climático	*Condiciones climáticas*	*Temperatura media anual*	°C	16-18	14-16 y 18-20	12-14 y 20-22	<12 y >22
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)	Índice	0,80-0,95	0,70-0,80 y 0,95-0,99	0,40-0,70 y >0,99	<0,4
		Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	>4	3-4	<3	—
Edáfico	*Disponibilidad de nutrientes*	*Acidez (pH)*	pH	5,5-6,5	4,5-5,4 y 6,6-7,5	<4,5 y >7,5	—
		Saturación de bases	%	>35	10-35	<10	—
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol/kg	>20	10-20	<10	—
		Carbono orgánico	%	>2,9 < 10 y andisoles < 15	>1,7-2,9 >10 y andisoles > 15	<1,7	Histosoles
	Capacidad de laboreo	*Pendiente*	%	<25	25-50	50-75	>75
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L (oxisoles, ultisoles, subgrupos oxic, arcillosos)	A, AF, Ar	—
		Pedregosidad	Fase de pedregosidad	No pedregoso	—	Pedregoso	—
	Condiciones de enraizamiento	*Profundidad efectiva*	cm	>50	25-50	<25	Subgrupos *lithic, petroferric, petrocalcic, petrogypsic*
		Pedregosidad	Fase de pedregosidad	No pedregoso	—	Pedregoso	—
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, L, FArL F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr	ArA, AF, A (oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*, arcillosos)	Ar, ArL	—
	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	*Susceptibilidad a la pérdida del suelos*	Cualitativo	No se presenta susceptibilidad a la pérdida de suelos para la producción del cultivo	Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelos para la producción del cultivo	Condiciones que presentan fuerte susceptibilidad a la pérdida de suelos para la producción del cultivo	Restricciones por susceptibilidad a la pérdida de suelos para la producción del cultivo
	Disponibilidad de oxígeno	*Susceptibilidad de inundaciones*	Cualitativa	No hay	Cortas	—	Largas y muy largas

Subcomponente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud media (A3)	No apto (N1)
Edáfico	*Disponibilidad de oxígeno*	*Drenaje natural*	Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo	Imperfecto	Pobre, muy pobre
	Disponibilidad de humedad	*Régimen de humedad*	Cualitativo	Údico-perúdico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
		Textura	Clase textural	F, FL, L, FAr, FArA, FArL, ArA, ArL	FA, Ar orgánicos, (oxisoles ultisoles y subgrupos *oxic*, arcillosos)	A, AF	—
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	*Saturación de aluminio*	%	<30	30-60	>60	—
		Salinidad	conductividad (ds/m)	<2	2-4	4-8	>8
		Sodicidad	%	<15 (no sódico)	—	—	>15 (sódico, salino-sódico)
Fitosanitario	*Susceptibilidad fitosanitaria*	*Drenaje natural asociado a la secadera*	Clase de drenaje	Bueno, excesivo	Moderado	Muy pobre, pobre, imperfecto	—
		Régimen de humedad del suelo asociado a la secadera	Régimen de humedad	Ústico, arídico	Údico	Ácuico, perúdico	—
		Humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña	%	<80	80-85	>85	—

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 *Criterios y variables del componente socioecosistémico*

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

Primera categoría. Hace referencia al criterio *cambio de cobertura*. Así, las áreas de restricción que se identificaron por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual, por lo que no puede establecerse el cultivo de pasifloras (granadilla).

Segunda categoría. Abarca los ecosistemas estratégicos y considera, específicamente, los ecosistemas de manglares y bosques secos como zonas de importancia ambiental que se han priorizado para la protección y conservación debido a la importancia ecosistémica o al nivel de amenaza. Por lo tanto, son incompatibles con el establecimiento del cultivo de pasifloras (granadilla).

Tercera categoría. Involucra las coberturas de bosques que fueron deforestadas después del año 2010. Estas áreas se identificaron con el análisis de la cuantificación de la deforestación en Colombia (Cabrera *et al*., 2011), por lo que no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola. Se tomó el año 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*, en la que se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático. Esto 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 restricción en áreas deforestadas, después del año 2010, se enmarca en la *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono* (MADS, 2023) y en la *Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo*. En la Tabla 27 se pueden observar los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioecosistémico para el cultivo de la granadilla.

Tabla 27. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico

Criterio	Variable	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	No apto (N1)
Potencial de polinización natural	*Estado de conservación del hábitat*	Cualitativa	Hábitats bien conservados. Poseen la madurez, composición y estructura adecuada para mantener los polinizadores. Además, brinda las herramientas de protección, suministro de alimento (variedad de especies vegetales para el forrajeo) y conectividad para propiciar un buen intercambio genético entre las poblaciones de *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp.	Hábitats moderadamente conservados. Son áreas en las cuales se pueden presentar limitantes de tipo ecosistémico para el establecimiento y el mantenimiento de poblaciones de *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp.	Hábitats muy poco conservados. Son áreas muy transformadas con fuertes limitantes para mantener poblaciones viables de *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp.	—
	Distribución geográfica de la Xylocopa sp. y del Bombus sp.	%	Áreas con alta probabilidad de distribución de la especie. El medio natural cumple con todos los requisitos ambientales para sostener poblaciones (>0,6)	Áreas con moderada probabilidad de distribución de la especie. El medio natural cumple con algunos requisitos ambientales para sostener poblaciones (0,3-0,6)	Áreas con baja probabilidad de distribución de la especie. El medio natural no cumple con los requisitos ambientales para sostener poblaciones (<0,3)	—
	Áreas de alta presión sobre los polinizadores	Categoría de presión a polinizadores	Áreas con baja presión sobre poblaciones de abejas carpinteras y abejorros. Existe una alta probabilidad de presencia y mantenimiento de poblaciones naturales	Áreas en las cuales la presión sobre poblaciones de abejas carpinteras y abejorros empieza a manifestar impactos negativos sobre la presencia y mantenimiento de poblaciones naturales	Áreas en las cuales la presión sobre poblaciones de abejas carpinteras y de abejorros es muy alta. Se presentan fuertes impactos negativos sobre la presencia y mantenimiento de poblaciones naturales	—

Criterio	Variable	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	*Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*	Costo-distancia acumulada	Conectividad media De >0 a <17.500	Conectividad baja >17.500	Conectividad alta 0	—
	Índice de naturalidad (INAT)	%	Muy baja-vital, baja y moderada <50 %	Alta 50 %-75 %	Muy alta-protección 75 %-100 %	—
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Cualitativa APC, AICAS, AC	Muy baja densidad de especies sensibles 2,3-3	Baja densidad de especies sensibles 1,6-2,3	Moderada, alta y muy alta densidad de especies <1,6	—
Apropiación del agua	*Diferencia de uso consuntivo*	mm/año	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual. Uso consuntivo menor <138	La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual. Uso consuntivo moderado 138-650	La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo. Uso consuntivo alto o muy alto >650	—
	Índice del uso del agua	Mm^3	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La oferta hídrica es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de la granadilla > 5000	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 la granadilla 1000 - 5000	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 la granadilla < 1000	—
Cambio de cobertura	—	Categoría de favorabilidad del cambio	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de granadilla en las que predominan los cultivos permanentes para la producción de materias primas industriales, como caña, cultivos de palma o algodón. Además, predominan áreas de pastos limpios, enmalezados y arbolados, y zonas quemadas	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de granadilla, dedicadas a usos agrícolas, en los que predominan los cultivos permanentes o transitorios para la producción de alimentos, como maíz, café, caña panelera y arroz	Zonas con favorabilidad marginal para el establecimiento de cultivos de granadilla. Corresponde a coberturas en las que predominan los cultivos de ciclo corto o permanentes, dedicados a la producción de alimentos humanos, plantaciones forestales y cultivos agroforestales. También incluye algunas unidades de coberturas naturales, como los herbazales densos de tierra firme	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de granadilla. Corresponden a las zonas excluidas técnicamente y se relacionan con las coberturas naturales y seminaturales; las áreas húmedas; las superficies de aguas; y los territorios artificializados. Incluye también zonas quemadas que por el bioma en donde se localiza no favorecen el establecimiento de la granadilla
Variación del contenido estimado de carbono	—	Índice de variación del contenido estimado de carbono	El cultivo es sumidero de carbono < 0	El cultivo está en equilibrio entre la emisión y la captura de carbono 0 - 0,5	El cultivo es fuente de emisión de carbono > 0,5	—

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. *Criterios y variables del componente socioeconómico*

A partir del componente socioeconómico, los municipios se clasificaron solamente en las categorías de *aptitud alta* (A1), *media* (A2) y *baja* (A3). Es decir: ninguno se clasificó como *no apto* (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos cuya variación respondió a factores exógenos. En la Tabla 28 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioeconómico para el cultivo de la granadilla.

Tabla 28. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico

Criterio	Variable	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)
Infraestructura y logística	*Existencia de cultivos*	Predios	Mayor densidad de cultivos en 5 km	Menor densidad de cultivos en 5 km	Resto
	Cercanía a los viveros registrados	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
	Cercanía a la comercializadoras y empacadoras	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
	Cercanía a los centros de comercialización	Tiempo de desplazamiento en horas	<1/2	1/2-1	>1
	Cercanía a los centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	<1/2	1/2-2	>2
	Cercanía a los puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	<4	4-8	>8
	Cercanía a los aeropuertos	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-3	>3
	Distritos de riego y drenaje	Polígonos	Distritos activos	Distritos inactivos	Sin distritos
Asociatividad e institucionalidad	*Cercanía a las asociaciones*	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
	Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
	Cercanía al ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	<1/2	1/2-1	>1
	Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	<1/2	1/2-2	>2
	Cercanía a las EPSEA	Tiempo de desplazamiento en horas	<1/2	1/2-2	>2
Disponibilidad de mano de obra	*Densidad de la población rural en edad de trabajar*	Número de personas rurales por km^2	>58,3	23,2-58,3	<23,2
	Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
	Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento en horas	<1	1-2	>2
Dinámica del mercado de tierras	*Tamaño predial rural*	Predio (ha)	>3 y <20	1-3	<1 y >20

Criterio	Variable	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)
Dinámica del mercado de tierras	*Avalúo catastral rural*	Millones de pesos/ha	<10	10-20	>20; predios en propiedad horizontal (PH y condominio); y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos
	Arriendo rural	Millones de pesos/ha	<$1	$1-$2	>$2
	Tendencia a la formalidad	Predios	Con matrícula inmobiliaria; sin presunción de informalidad	—	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
Indicadores económicos	*Créditos otorgados*	Millones de pesos	>230	<230	Sin créditos
	Desempeño municipal	Indicador de desempeño municipal DNP	>55	45-55	<45
	Valor agregado agrícola municipal	Miles de millones de pesos	>48,8	20,1-48,8	<20,1
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Municipios	Declarados ZOMAC	Resto	—
Seguridad ciudadana	*Extorsiones rurales*	Tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,1852	>0,1852
	Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,0564	>0,0564
	Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,5652	>0,5652
	Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤6,464	>6,464
Condiciones de vida	*Trabajo*	Trabajo informal	85,3	92,6	94,7
		Tasa de dependencia	30,3	45,3	69,1
	Salud	Barreras de acceso a los servicios	3,3	13,5	6,6
		Sin aseguramiento en salud	12,7	13,4	33

Criterio	Variable	Unidad de medida	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)
Condiciones de vida	*Condiciones de la niñez y de la juventud*	Barreras de acceso al cuidado	1,7	3,3	13
		Trabajo infantil	1,7	3,2	3,5
		Inasistencia escolar	4,2	8,0	16,4
		Rezago escolar	15,7	26,3	42,5
	Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	Hacinamiento crítico	6,7	9	16,7
		Inadecuada eliminación de excretas	16,3	41	46,3
		Inadecuado material de paredes exteriores	2,8	3	8,8
		Inadecuado material de pisos	13,7	14,7	58,3
		Sin acceso a fuentes de agua mejorada	22,7	67,4	51,2
	Condiciones educativas del hogar	Analfabetismo	12,2	18,5	33,75
		Bajo logro educativo	59,89	81,61	82,9

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Restricciones legales y condicionantes legales

En esta fase de la metodología, se identificó la normativa que regula la puesta en práctica de actividades productivas agrícolas, ya fuera de forma excluyente, ya fuera de forma condicionante. Los lineamientos correspondieron a las directrices que orientan o excluyen un uso determinado del territorio rural, lo que implicó, en el caso de la presente zonificación, restricciones legales o condicionantes legales para el uso productivo. El carácter excluyente se refiere a las áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos; mientras que los condicionantes legales se refieren a los impedimentos relacionados con la normativa que limita el uso del suelo por causas de interés ambiental, cultural y social.

Los condicionantes legales agrupan los factores de orden ecológico o social cuyo soporte implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que represente una restricción al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas. Dicho de otra manera: las áreas bajo condicionantes podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de las solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas —como los territorios indígenas y las comunidades afrocolombianas— o de aclaración de determinantes legales que puedan ser incluidos en la evaluación.

Desde las perspectivas socioecosistémica y socioeconómica, las áreas se definieron por su importancia biológica; por el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad; y por la preexistencia de comunidades que representan un patrimonio étnico de interés en Colombia, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial debe proceder a través de mecanismos de consulta o de otros que la legislación ambiental colombiana determine.

En la Tabla 29 se pueden considerar las restricciones legales definidas para la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla y en la Figura 16, el respectivo mapa. Del mismo modo, en la Tabla 30 se pueden consultar los condicionantes legales y en la Figura 17, el respetivo mapa.

Tabla 29. Restricciones legales

Variable	Áreas de restricción legal
Ecosistemas estratégicos (páramos)	**Páramos:** el Consejo de Estado indicó, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos. Así mismo, facultó al Gobierno colombiano para clausurar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que pueden perjudicarlos. Al respecto, el ente judicial señala lo siguiente: «El objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La norma explicó que los ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Minas y Energía están compelidos a crear programas de capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna labor pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para la restauración y conservación ambiental. En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para ello, se tomó como referencia la cartografía contenida en el Atlas de páramos de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) hasta que se cuente con la cartografía a una escala más detallada (Ley 1450 de 2011). La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, determinó que, ante la vulnerabilidad y la dificultad para recuperar los ecosistemas de páramos, el Estado tiene la obligación de brindar una protección más amplia y especial, con el fin de preservar este tipo de ecosistemas. La norma se basa en que no sólo es un tipo de bioma poco común en el mundo que presta importantes servicios ambientales, sino que también, la actualidad, es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia. De acuerdo con la Resolución 0886 de 2018 (MADS, 2018), se ha avanzado en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando antes del 16 de junio de 2011. De esta forma, se han diseñado programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, los cuales se han puesto en marcha por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural mediante la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y otras entidades adscritas.

Variable	Áreas de restricción legal
Áreas protegidas	**Áreas del sistema de parques nacionales naturales:** como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), están integradas por las áreas estipuladas en el Decreto 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de los parques nacionales naturales; el área natural única; las reservas naturales; los santuarios de fauna, los santuarios de flora; los santuarios de fauna y flora; y la vía parque. De acuerdo con el Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.
	Parques naturales regionales: según el Decreto 2372 de 2010, se consideran espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la estructura, la composición, la función y los procesos ecológico-evolutivos que los sustentan; y cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute.
	Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas y los valores naturales se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, el uso sostenible, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para establecer, mantener o usar sosteniblemente los bosques y otras coberturas vegetales naturales.
	Distritos de manejo integrado: conforme al Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada; y cuyos valores naturales y culturales se hayan puesto al alcance de la población humana para el uso sostenible, la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia se destacan, de acuerdo con su respectiva CAR, los distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los distritos de manejo integrado (DMI), como se muestra a continuación: **Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):** • El bosque seco tropical Pozo Azul; y Mejué, de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor).Los bosques secos del Chicamocha; y tanto el lago Sochagota como la cuenca que lo alimenta, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).

Variable	Áreas de restricción legal
Áreas protegidas	• El cerro Guadalupe, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas). • La cuchilla Mesa Alta; la cuchilla San Cayetano; las cuchillas Negra y Guanaque; el páramo de Rabanal; y el páramo Bijagual-Mamapacha, de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor). • El complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio; el cerro El Tabor; y los humedales de Gualí, Tres Esquinas y laguna del Funzhé, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). • El cerro de San Nicolás; la cuchilla Los Cedros; el cerro El Capiro; el embalse Peñol-Guatapé y la cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; el sistema Viaho-Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; el páramo de Vida Maitamá-Sonsón; y Las Camelias, de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). • El humedal San Silvestre; el páramo Guantiva-La Rusia; el río Minero; y la serranía de los Yariguíes, de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). • El cerro Banderas-Ojo Blanco; la serranía de las Minas; La Tatacoa; y Peñas Blancas, de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). • El banco Totumo-Bijibana; y Palmar del Tití, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). • Chinchorro, de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). • El Chilcal; Guacas; Isla Ají; la laguna de Sonso; Pance; los páramos de Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; y el enclave subxerofítico de Atuncela, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). • La ensenada de Rionegro; y el Alto del Insor, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá). • El complejo de humedales de Ayapel, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Carimagua, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena (Cormacarena). **Distritos de manejo integrado (DMI):** • La cuchilla de Bellavista; y la laguna de San Diego, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas). • El cerro Juaica; la cuchilla El Chuscal; la quebrada Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; la cuchilla de San Antonio y la laguna del Coco; y el sector salto del Tequendama-cerro Manjuí, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). • Bañaderos; y Pastos Marinos Sawäirü, de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira). • El área de manglar de la bahía de Cispatá y el sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, de la Corporación autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

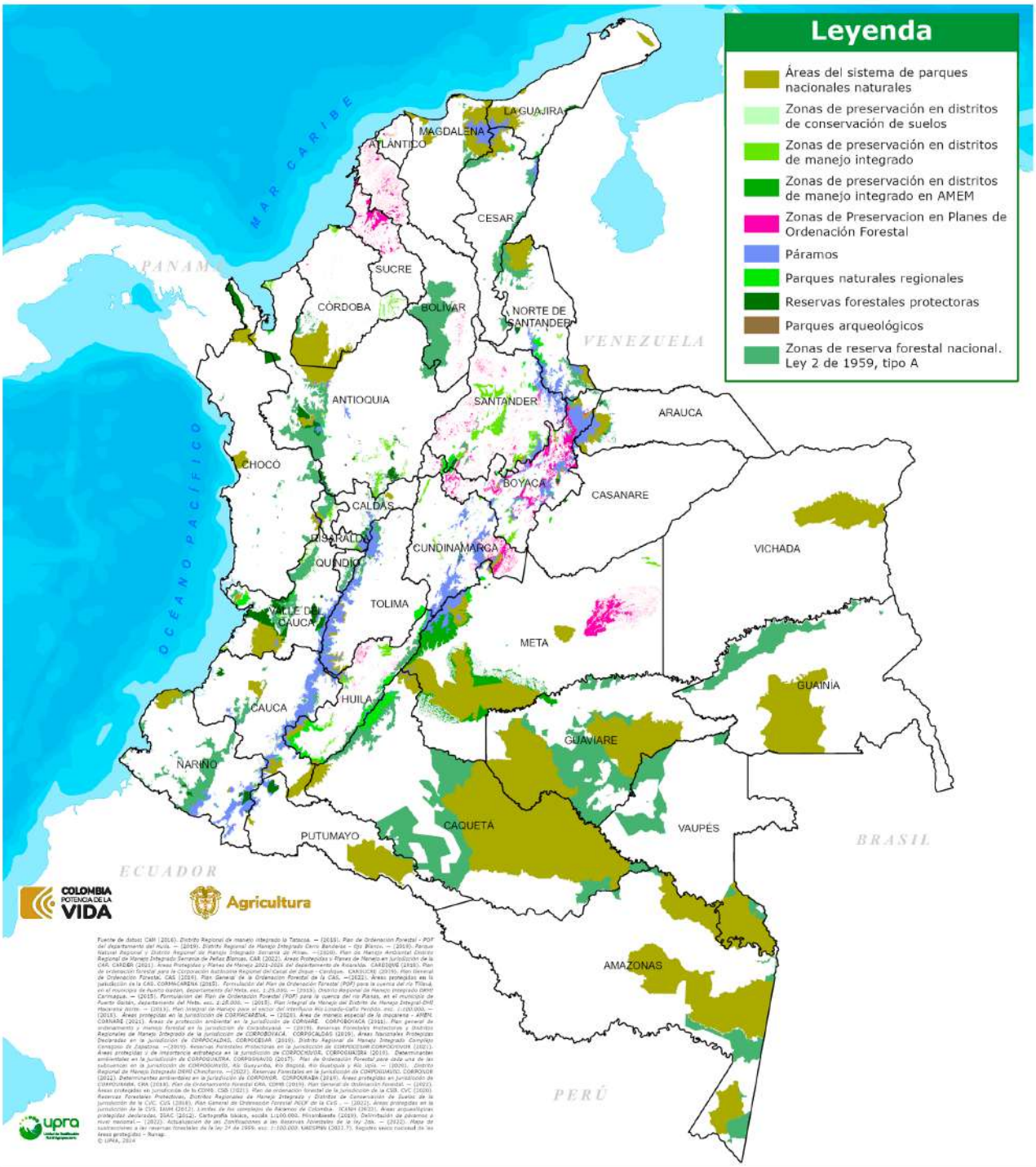
Variable	Áreas de restricción legal
Áreas protegidas	• Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; La Cristalina-La Mesa; la cuchilla del San Juan; y Guásimo, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder). • Luriza, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). • El páramo de Berlín, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). También se encuentran las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector río Losada-Caño Perdido.
	Distritos de conservación de suelos (DCS): conforme al Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, se definen como espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas. Los DCS generan bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, la preservación, el conocimiento y el disfrute. Las restricciones se deben a la orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados; la prevención de fenómenos que causen alteración; o la degradación en áreas vulnerables por sus condiciones físicas y climáticas o por el uso que de ellos se hace. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia, se destacan las siguientes DCS: • El cañón de Río Grande, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). • Barbas-Bremen; el Alto del Nudo; La Marcada; y Campoalegre, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder). • La reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena). • La ciénaga de Bañó; la ciénaga de Betancí; la ciénaga Los Negros; el complejo de humedales Arcial-El Porro-Cintura; y sierra Chiquita, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Umpalá-cañón río Chicamocha, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Variable	Áreas de restricción legal
Planes de ordenación forestal	**Planes de ordenación forestal**: según el Decreto 1076 de 2015, el plan de ordenación forestal (POF) es un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) con base en las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, lo que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF procuran usar los recursos forestales de manera planificada; asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento; manejar sostenibleme nte el recurso forestal; y estructurar el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de los componentes biofísicos principales, como el ecológico y el silvicultural, los suelos, la hidroclimatología y los componentes socioeconómicos y legales. Actualmente, el Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal en el que se definan las áreas boscosas pertenecientes a la jurisdicción y respectivo manejo. Así pues, los criterios técnicos y legales sobre el uso y manejo para las áreas de ordenación forestal fueron definidos por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y Corporación autónoma regional de Santander (CAS).
Planes de ordenación forestal	Las restricciones se relacionan con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras; las áreas para la preservación; las áreas forestales de protección para la preservación y la restauración; las áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, los suelos y el recurso hídrico; y las macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, la restauración ecológica de rondas y la conservación.
Parques arqueológicos	**Parques arqueológicos:** son áreas arqueológicas protegidas, declaradas mediante una resolución, que han sido adaptadas para recibir visitantes y que se encuentran bajo la tutela del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh), lo cual permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área delimitada. El encargado de ejecutar el plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).

Variable	Áreas de restricción legal
Parques arqueológicos	**Plan de manejo arqueológico:** es concepto técnico emitido por la autoridad competente respecto a los contextos arqueológicos, los bienes muebles e inmuebles integrantes del patrimonio o las zonas de influencia arqueológica. El plan de manejo establece oficiosamente o a solicitud de sus tenedores los niveles permitidos de intervención, las condiciones de manejo y los planes de divulgación (Decreto 833 de 2002)
Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A	Las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: la ZRFN del Pacífico; la ZRFN central; la ZRFN del río Magdalena; la ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; la ZRFN de la serranía de Los Motilones; la ZRFN del Cocuy; y la ZRFN de la Amazonia. La zonificación realizada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en las zonas de reserva forestal nacional definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Se establece que las zonas tipo A son «las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica». El MADS adoptó la zonificación y el ordenamiento de las reservas forestales nacionales mediante las siguientes resoluciones: a. Resolución 1922 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal central, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013a). b. Resolución 1923 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013b). c. Resolución 1924 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013c). d. Resolución 1925 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila (MADS, 2013d). e. Resolución 1926 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2013e). f. Resolución 1275 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959 (MADS, 2014a). g. Resolución 1276 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959 (MADS, 2014b). h. Resolución 1277 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés (MADS, 2014c).

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Mapa de restricciones legales



Criterio *restricciones legales*

Tabla 30. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	**Distritos de manejo integrado (DMI):** de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada; y cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para el uso sostenible, la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Se incluyen las áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso contenidas en los siguientes distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los distritos de manejo integrado (DMI): **Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):** • El bosque seco tropical Pozo Azul; y Mejué, de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor). • Los bosques secos del Chicamocha; y tanto el lago Sochagota como la cuenca que lo alimenta, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá). • El cerro Guadalupe, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas). • La cuchilla Mesa Alta; la cuchilla San Cayetano; las cuchillas Negra y Guanaque; el páramo de Rabanal; y el páramo Bijagual-Mamapacha, de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor). • El complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio; el cerro El Tabor; y los humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). • Los cerros de San Nicolás; la cuchilla Los Cedros; El Capiro; el embalse El Peñol-Guatapé y la cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; el sistema Viaho-Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; el páramo de Vida Maitamá-Sonsón; y Las Camelias, de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare). • El humedal San Silvestre; el páramo Guantiva-La Rusia; el río Minero; y la serranía de los Yariguíes, de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). • El cerro Bandera-Ojo Blanco; la serranía de las Minas; La Tatacoa; y Peñas Blancas, de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). • El banco Totumo-Bijibana; y Palmar del Tití, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). • Chinchorro, de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	• El Chilcal; Guacas; Isla Ají; la laguna de Sonso; Pance; los páramos Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT-Nativos; serranía de los Paraguas; y La Plata, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). • La ensenada de Rionegro; y el alto de Insor, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá). • El complejo de humedales de Ayapel, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Carimagua, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena). **Distritos de manejo integrado (DMI):** • La cuchilla de Bellavista; y la laguna de San Diego, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas). • EL cerro Juaica; la cuchilla El Chuscal; la quebrada Los Tiestos-La Chorrera y Hoya Fría; la cuchilla de San Antonio y la laguna del Coco; y el sector salto del Tequendama-cerro Manjuí, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). • Bañaderos; y Pastos Marinos Sawäirü, de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira). • El área de manglar de la bahía de Cispatá y el sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; La Cristalina-La Mesa; la cuchilla del San Juan; y Guásimo, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder). • Luriza, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). • El páramo de Berlín, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). También se encuentran las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector río Losada-Caño Perdido. Por último, dentro de estas áreas también se definen las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental. **Distritos de conservación de suelos (DCS):** el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, los determina como espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas. Los DCS generan bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, la preservación, el conocimiento y el disfrute. Las restricciones se deben a la orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados; la prevención de fenómenos que causen alteración; o la degradación en áreas vulnerables por sus condiciones físicas y climáticas o por el uso que de ellos se hace

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	Se incluyen las áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) para los siguientes distritos de conservación de suelos: • El cañón de Río Grande, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). • Barbas-Bremen; el alto del Nudo; La Marcada; y Campoalegre de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder). • La reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera, de la Corporación para el desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena). • La ciénaga de Bañó; la ciénaga de Betancí; la ciénaga los Negros; y el complejo de humedales Arcial-El Porro-Cintura; y la sierra Chiquita, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). • Umpalá-cañón río Chicamocha, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). En estas áreas también se definen las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental.
	Reservas forestales protectoras: según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales se hayan puesto al alcance de la población humana para la preservación, el uso sostenible, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para establecer, mantener o usar sosteniblemente los bosques y otras coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes al uso sostenible, al aprovechamiento sostenible, al desarrollo sostenible y a la restauración para el uso sostenible.
	Áreas de recreación: conforme al Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación; y cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, el conocimiento y el disfrute. Por ello, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	**Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC):** abarcan la totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural; que sea manejado bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales; y que, por la voluntad del propietario, se destine al uso sostenible, la preservación o la restauración con vocación a largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de la zona.
	Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: mediante las resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social, se declaró una medida de precaución que protege temporalmente los sitios con procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. Esta estrategia pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema y la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas para identificar vacíos de conservación y definición de prioridades.
Planes de ordenación forestal	Según el Decreto 1076 de 2015, el plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, con lo cual se permite ordenar las áreas forestales del territorio. Los POF buscan lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento. Los POF son un instrumento de planificación para el ordenamiento, el uso y el manejo integral-sostenible de los recursos forestales y las tierras forestales, a partir del conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de los componentes biofísicos principales. Con ello, se pone énfasis en los aspectos ecológico y silvicultural, en los suelos, en la hidroclimatología y en los componentes socioeconómicos y legales para la conservación, la protección y el manejo sustentable de los recursos forestales, de las tierras forestales, de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos de los departamentos.
	El Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal que defina las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y el respectivo manejo. De acuerdo con los criterios técnicos y legales, surgen condicionantes legales para el manejo de las áreas de ordenación forestal, las cuales fueron definidas por la siguientes entidades: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena),

Condicionante	Descripción
Planes de ordenación forestal	para las cuencas del río Planas y del río Tillavá, en Puerto Gaitán, Meta; Corporación Autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Estas áreas condicionadas se relacionan con las áreas forestales protectoras; las áreas protectoras para la regulación; las áreas de restauración del bosque seco tropical (Bs-T); las áreas forestales para la conservación; las áreas misceláneas o de producción mixta; las áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; las áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; las áreas forestales de producción directa; las áreas forestales de protección para el uso sostenible. Igualmente, se incluyen las zonas para la restauración; las plantaciones de carácter protector; el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; las macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; los servicios ambientales de conectividad biológica; la restauración ecológica y las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental. Adicionalmente, se definen zonas específicas de aprovechamiento forestal sostenible, para lo cual se consideraron los planes de ordenación forestal de las siguientes Corporaciones Autónomas Regionales (CAR): Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre), Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) y Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). Los planes incluyen las siguientes categorías de zonificación: área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; forestal productor directo; forestal productor indirecto; forestal productor para el uso directo; forestal productor para el uso indirecto; forestal protector para el uso sostenible; área forestal productora; restauración; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; áreas de restauración para la producción; y áreas forestales productoras condicionadas.

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	**Rondas hídricas:** el Decreto 1449 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales deben mantener las áreas forestales protectoras como cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo. Las rondas hídricas se definen como «una faja no inferior a 30 m de ancha, paralela a las líneas de marea máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua». Este tipo de ecosistema, según la Ley 388 de 1997, es un determinante ambiental que debe considerarse bajo la norma por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007, MADS). El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, dictado por el Decreto 2811 de 1974, formula una regulación de propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. La norma establece que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula en el código de recursos naturales renovables los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental al ser áreas de especial importancia ecosistémica.
	Manglares: son ecosistemas de zonas costeras en las que cohabitan especies arbóreas de diversas familias, denominadas mangles, con otras plantas; con animales que viven allí permanentemente o durante algunas fases de su vida; y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995, MMA). Para que los manglares sean conservados, el Ministerio del Medio Ambiente de la época desarrolló el Programa nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en el año 2002. En estos ecosistemas, se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos. Se exceptúan las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995, MMA).
	Humedales: son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a muchos factores que alteran las características físicas, biológicas y químicas de la flora y la fauna allí presente. El Decreto 1640 de 2012 considera los humedales como ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, puesto que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	**Bosques secos:** son parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas, las sequías son pronunciadas, dada la baja humedad atmosférica, pero la evapotranspiración potencial es alta, lo cual se asocia a la escasez de nutrientes en el suelo. Los bosques secos han estado sufriendo una rápida pérdida, además de fragmentación y degradación de sus ecosistemas, de modo que el Ministerio del Medio Ambiente de la época desarrolló un Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN-LCD) en el año 2005. Con ello, se busca efectuar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas y la aplicación de medidas que permitan no sólo prevenir, detener y revertir procesos degradativos, sino también contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.
Distinciones internacionales	Agrupa los lugares que, por factores ecológicos, motivan el reconocimiento internacional y nacional mediante la adscripción a tratados. El soporte legal de los bosques secos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial sin que represente una restricción al uso o una reducción de la aptitud del territorio para la implementación. Por este motivo, las distinciones internacionales requieren detalles adicionales que deben ser estudiados con las autoridades ambientales competentes. Este tipo de áreas son definidas por su importancia biológica de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por Colombia para la protección y conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de la presente zonificación de aptitud, se consideraron las siguientes distinciones internacionales: **Humedales Ramsar:** es un convenio que determina la protección de los humedales. En el convenio, una zona húmeda o humedal se define como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1971). Al respecto, la Ley 1450 de 2011 indica que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y de explotación de hidrocarburos y minerales con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente o quien haga sus veces. La norma destaca que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional del Convenio de Ramsar no se podrán realizar esas actividades, aunque las limitaciones de las áreas deben obedecer al respectivo plan de manejo en el que se definen las zonas de conservación, preservación y uso. **Reservas de la biósfera:** son áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Como ecosistemas terrestres o marítimos, se caracterizan porque no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables sin poner en peligro el valor ecológico del sitio.

Condicionante	Descripción
Distinciones internacionales	Tan pronto haya sido designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo la soberanía de los respectivos Estados, que deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. En Colombia, las distinciones internacionales abarcan las siguientes áreas: el cinturón Andino; El Tuparro, la Sierra Nevada de Santa Marta; la ciénaga grande de Santa Marta; el Seaflower; y la serranía de Chiribiquete y la Lindosa. **Áreas de importancia para la conservación de las aves silvestres y la biodiversidad (AICAS):** son áreas identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por el BirdLife Internacional, una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero. Los criterios técnicos para la identificación de las AICAS se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta las especies globalmente amenazadas (criterio A1); las especies de distribución restringida (criterio A2); el conjunto de especies restringidas a los biomas (criterio A3); y las congregaciones de especies (criterio A4).
Áreas de interés cultural y social	Comprende las zonas delimitadas por el Estado para el reconocimiento, protección y desarrollo de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan o por ser un patrimonio arqueológico nacional. Dadas las disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles. **Tierras de las comunidades negras:** son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con la Ley 70 de 1993, si se espera asumir la propiedad colectiva como un bien adjudicable, las comunidades negras deberán establecer un consejo comunitario a la manera de una administración propia, cuyos requerimientos se formularán según la normativa del Gobierno. **Áreas de reserva Ley 70 de 1993:** son las tierras baldías ubicadas en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico, reconocidas a las comunidades negras que han venido ocupando de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción como propiedad colectiva. El propósito consiste en proteger la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico; y fomentar el desarrollo económico y social para garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad frente al resto de la sociedad colombiana (Ley 70 de 1993).

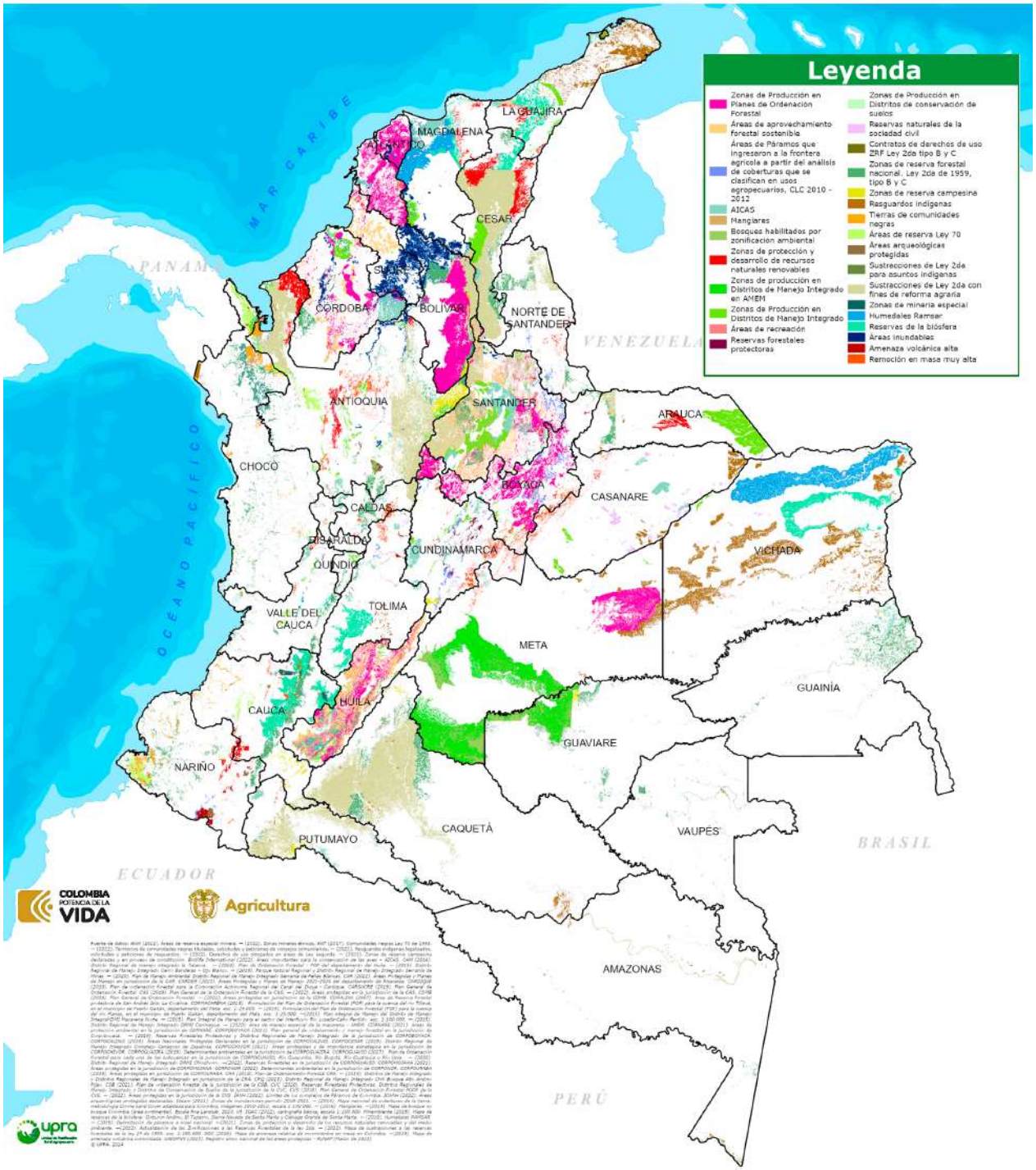
Condicionante	Descripción
Áeas de interés cultural y social	**Zonas de reserva campesina:** son tierras baldías de la nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos con el fin de fomentar la pequeña propiedad rural. Se deben sujetar tanto a las políticas de conservación del área, medio ambiente y recursos naturales renovables, como a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994). En las zonas de reserva campesina, la acción del Estado considerará los criterios sobre el ordenamiento ambiental territorial; la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos; la participación de éstos en las instancias de planificación; las decisiones regionales; y las características de las modalidades de producción. **Áreas de resguardos indígenas:** los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica conformada por una o más comunidades indígenas. Con un título de propiedad colectiva, estas zonas gozan de las garantías de la propiedad privada y se rigen, para su manejo y vida interna, por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo (Decreto 2164 de 1995). Conforme a la Constitución Política, estas áreas presentan el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables, cuyo condicionante se fundamenta en lo establecido por la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 (2014). **Áreas arqueológicas protegidas (APP):** conforman un polígono o zona delimitada que, por sus evidencias arqueológicas, requiere de una especial protección y conservación para posibilitar la investigación, la divulgación y el turismo responsable (Icanh, 2019). Estas áreas siguen un plan de manejo arqueológico definido por el Icanh, según el cual se permite realizar labores de agricultura tradicional, pero restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto. **Áreas de reserva especial minera (ARE):** son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera que realiza explotaciones tradicionales de minería informal. La concesión solamente se otorgará a la comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, modificada por el Decreto 019 de 2012). Se incluyen las zonas mineras especiales de comunidades negras y las zonas mineras indígenas. **Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959:** de acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 3570 de 2011, se facultó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la época para reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y se otorga, exclusivamente, para la actividad cuya sustracción fue solicitada. Para la presente zonificación, las sustracciones se establecieron como condicionantes, dado que se realizan para una actividad determinada por la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.

Condicionante	Descripción
Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C	**Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo B y C:** las zonas de reserva forestal nacional fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales (ZRFN): ZRFN del Pacífico; ZRFN central; ZRFN del río Magdalena; ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; ZRFN de la serranía de los Motilones; ZRFN del Cocuy; y ZRFN de la Amazonia. **Zonas tipo B:** zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central). **Zonas tipo C:** zonas que, por sus características biofísicas, ofrecen condiciones para desarrollar actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal. Deben incorporar el componente forestal y no implicar la reducción de las áreas de bosque natural presentes en los estados sucesionales (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central).
	Se incluyen los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierras (ANT) **Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959:** la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad por la que fue solicitada la sustracción. Para la presente zonificación, se establecieron tales sustracciones como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso. Se incluyen los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierras (ANT).
Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios	Esta denominación agrupa áreas en páramos delimitados donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, en las cuales, de acuerdo con la Ley 1930 de 2018, se podrá permitir la continuación de estas actividades haciendo uso de buenas prácticas, que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos. Según la Resolución 1294 de 2021, se trata de «actividades agrícolas, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan».

Condicionante	Descripción
Gestión de riesgo	De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, en el que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la gestión del riesgo se define como el «proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible». Entre las variables de gestión de riesgo se incorporan las siguientes: **Amenaza por remoción en masa muy alta:** inminencia de movimientos que abarcan el desplazamiento ladera abajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de la gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material. Esta amenaza se considera un peligro latente relacionado con fenómenos físicos de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes o el medio ambiente. **Amenaza volcánica alta:** comprende cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no considera la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán, e incide en el arrasamiento o destrucción de la vegetación, de los cultivos y de las estructuras existentes en el área. **Áreas inundables:** zonas con desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río, o cualquier cuerpo o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012). La inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona determinada.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Mapa de condicionantes legales



Criterio *condicionantes legales*

3.5 Análisis multicriterio

Es un método creado para alcanzar un objetivo específico mediante la valoración estructurada de varios criterios. Un criterio es la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. En cuanto a la presente zonificación, el análisis multicriterio se empleó en la definición de opciones estratégicas de tipo físico, socioecosistémico y socioeconómico, con el fin de identificar los sitios donde es más adecuado establecer y desarrollar el cultivo comercial de granadilla.

Los criterios se puede clasificar en dos tipos: *factores*, en los que se definen los niveles de aptitud; y *restricciones*, que tiene un 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 tales alternativas (Eastman *et al*., 1995).

3.5.1 *Proceso analítico jerárquico*

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

El Analytic Hierarchy Process (AHP) se basa en la estructuración jerárquica y en la comparación de pares de alternativas, que genera, mediante la estructuración de una matriz de doble entrada (de comparación pareada), la calificación del grado de incidencia que un factor tiene sobre los otros, comparándolos por pares.

Así mismo, al generar los vectores propios de estas relaciones, el proceso estima el grado de consistencia de las calificaciones como un valor de significancia estadística y genera el valor de la ponderación para poder realizar la suma lineal ponderada en la siguiente fase de análisis.

Tan pronto fue construido el modelo jerárquico para la zonificación en desarrollo, se realizaron las comparaciones entre pares de tales elementos —es decir, de los criterios—, se atribuyeron valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas y se aportó una síntesis de esas preferencias con la agregación de los juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty se basa en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, con lo cual se logró medir cómo contribuyó cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprendió. Para estas comparaciones, se utilizaron escalas de razón según la preferencia, la importancia o la probabilidad sobre la base de la escala numérica propuesta por Saaty, como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Escala de importancia dentro del proceso analítico jerárquico

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

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. *Matriz del proceso analítico jerárquico*

Siguiendo el procedimiento planteado, se efectuó la comparación de criterios por pares para calificar cada uno según la importancia relativa de un criterio respecto al otro. Este ejercicio se llevó a cabo para todos los criterios definidos para el análisis por medio de un taller en el que se calificaron los criterios por pares haciendo uso de una escala de importancia. Como se puede observar en la Tabla 32, *A* es una matriz de comparaciones pareadas de *n* criterios y 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* fue igual a *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 32. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

$A =$

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

Fuente: Saaty, 1980.

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida para cada cultivo, se calcularon las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística con el empleo del programa PriEsT, acrónimo de Priority Estimation Tool (Siraj *et al*., 2013). Para ingresar los datos en esta herramienta, se elaboró una 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 tal 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, el vector de prioridades de cada criterio vinculado a la zonificación de aptitud se definió de la siguiente manera:

$$(P_1 * criterio_1) + (P_2 * criterio_2) + ... + (P_n * criterio_n)$$

donde

n = número de criterios;

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

A continuación, en la Tabla 33, se presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla para los componentes físico y socioecosistémico. Del mismo modo, en la Tabla 34 se registra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico.

Tabla 33. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla

Criterio	*Condiciones climáticas*	*Disponibilidad de nutrientes*	*Capacidad de laboreo*	*Potencial de polinización natural*	*Integridad ecológica*	*Apropiación del agua*	*Condiciones de enraizamiento*	*Susceptibilidad a la pérdida de suelos*	*Susceptibilidad fitosanitaria*	*Disponibilidad de oxígeno*	*Disponibilidad de humedad*	*Toxicidad por sales, sodio y aluminio*	*Cambio de cobertura*	*Variación del contenido estimado de carbono*	**Pesos**
Condiciones climáticas	1														**19,6**
Disponibilidad de nutrientes	1/3	1													**16,4**
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1												**13,3**
Potencial de polinización natural	1/3	1/3	1/3	1											**10,3**
Integridad ecológica	1/3	1/3	1/3	1/3	1										**8,5**
Apropiación del agua	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1									**7,0**
Condiciones de enraizamiento	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								**5,9**
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1							**4,6**
Susceptibilidad fitosanitaria	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						**3,8**
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					**3,1**
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				**2,5**

Criterio	Condiciones climáticas	Disponibilidad de nutrientes	Capacidad de laboreo	Potencial de polinización natural	Integridad ecológica	Apropiación del agua	Condiciones de enraizamiento	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Susceptibilidad fitosanitaria	Disponibilidad de oxígeno	Disponibilidad de humedad	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Cambio de cobertura	Variación del contenido estimado de carbono	Pesos
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			**2,0**
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		**1,6**
Variación del contenido estimado de carbono	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	**1,2**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla

Criterio	Infraestructura y logística	Asociatividad e institucionalidad	Disponibilidad de mano de obra	Dinámica del mercado de tierras	Indicadores económicos	Seguridad ciudadana	Condiciones de vida	Pesos
Infraestructura y logística	1							42,3
Asociatividad e institucionalidad	1/3	1						23,3
Disponibilidad de mano de obra	1/5	1/3	1					13,8
Dinámica del mercado de tierras	1/5	1/3	1/3	1				9,2
Indicadores económicos	1/7	1/5	1/3	1/3	1			5,5
Seguridad ciudadana	1/9	1/7	1/5	1/3	1/3	1		3,5
Condiciones de vida	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	2,4

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 35 muestra la matriz de paso mediante la cual se cruzaron los criterios físico-socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación del mapa integrado de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de granadilla a escala 1:100.000 en Colombia.

Tabla 35. Matriz de paso para el cruce de componentes de la zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla

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

Fuente: URA, 2014.

De tal modo, se combinó la información de los criterios considerados en la zonificación a partir de una suma lineal ponderada. Luego, a los criterios se les aplicaron los pesos calculados para cada uno y se obtuvieron los mapas preliminares de zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla, como se puede observar en la siguiente ecuación:

$$S = \sum W_i * X_i$$

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

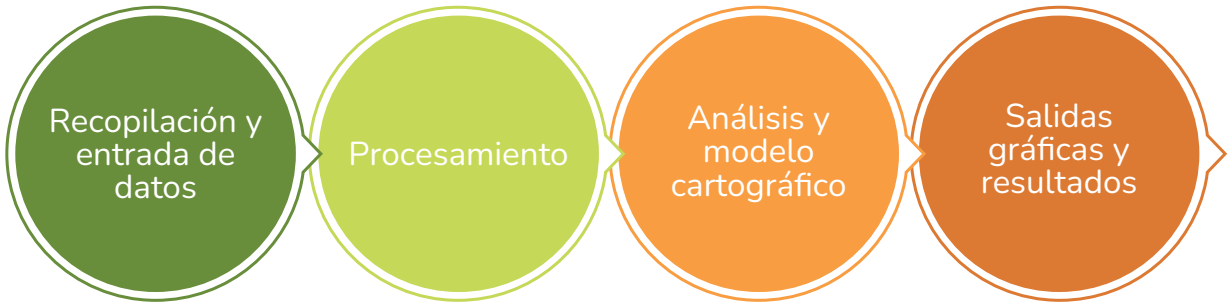
El análisis espacial es una herramienta muy utilizada por la mayoría de las ciencias, en la medida en que permite tener una aproximación cuantitativa para detectar, mostrar y explicar los patrones espaciales más importantes que se encuentran en un grupo de datos localizados en el espacio para lograr un fin determinado. Una parte importante de esta fase son las *técnicas de análisis espacial*, que incluyen un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información —generalmente, de tipo *raster*—, cuyo propósito consiste en producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso de zonificación de aptitud en descripción, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para obtener los mapas de aptitud del cultivo de la granadilla. Los pasos empleados por la oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la Figura 18.

Recopilación de información. Se efectuó la búsqueda, solicitud y evaluación de la información, tanto espacial como alfanumérica, utilizada por los componentes. Los datos provinieron de la entidades oficiales relacionadas con la temática.

Procesamiento de la información. Abarcó una serie de procedimientos encaminados a encontrar la información de la forma adecuada para ser analizada. Una de las operaciones de aplicación más común utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se pusieron en práctica para la estandarización de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para la espacialización en del modelo cartográfico para la zonificación.

Figura 18. Proceso de análisis de información espacial para obtener el mapa de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA, 2014.

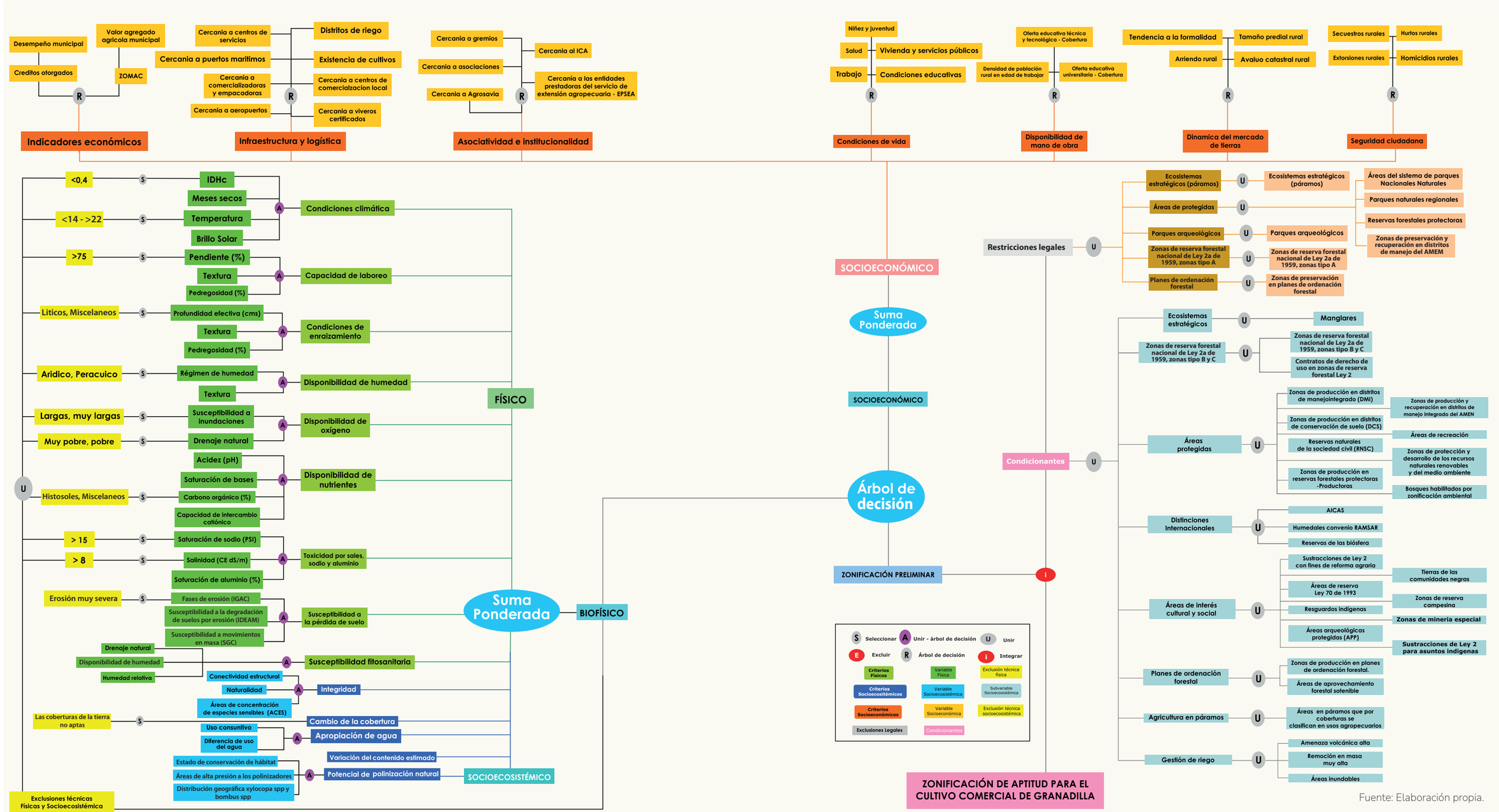
Análisis de la información. Consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio según los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos que oscilaron entre 0 y 3, los cuales indicaban la transición entre lo *no apto* (0) y lo *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, entendido como una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación.

Los insumos de entrada del modelo fueron los mapas que representaron tanto las variables como los criterios y que fueron generados por cada componente; la integración de las capas que ponderaron su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio; y la integración de las restricciones legales y de los condicionantes legales. Uno de los procedimientos de mayor uso 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 de cada criterio—, permitieron obtener información derivada cuyo resultado fue el mapa de zonificación de aptitud.

Salidas gráficas y resultados. Se presentaron, a manera de mapas y estadísticas por departamento y municipio, las zonas aptas y no aptas para el cultivo de la granadilla. Estas salidas fueron soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto. De acuerdo con lo anterior, en la Figura 19 se puede consultar el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla.

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

Figura 19. Modelo cartográfico integral



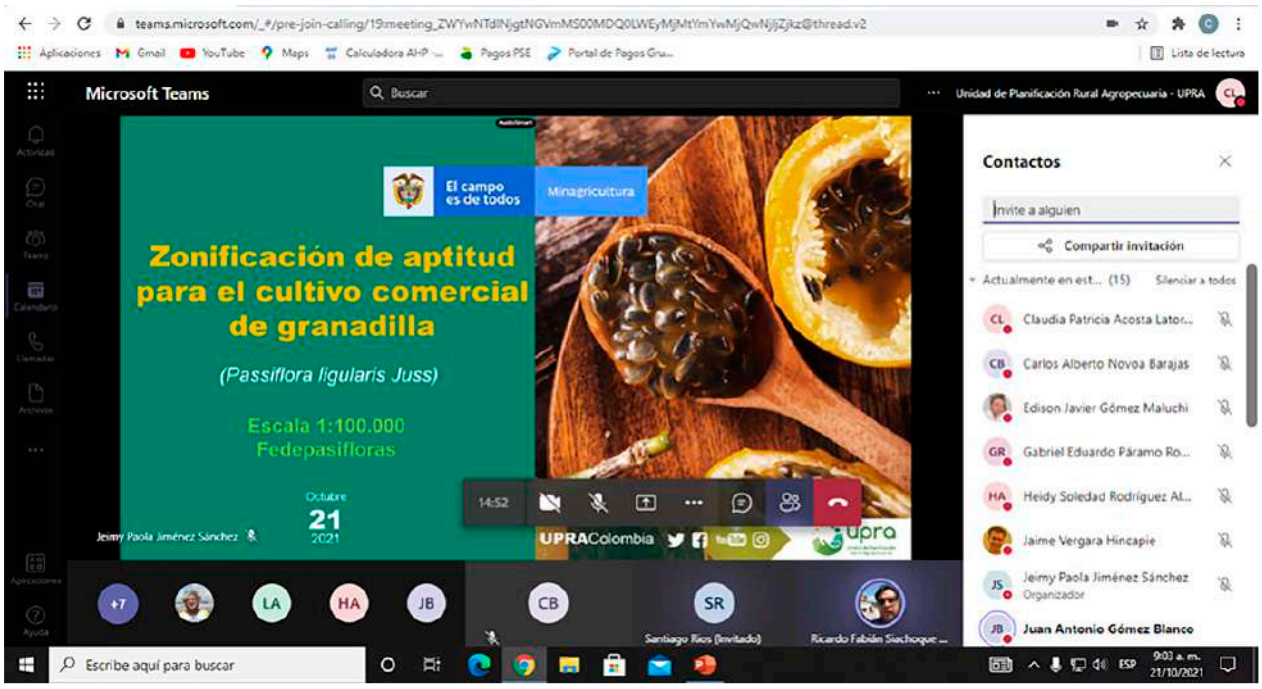
Fuente: Elaboración propia.

3.7 Proceso de socialización y validación

El 21 de octubre del 2021 se expusieron los rangos de las variables y las estadísticas producto de la presente zonificación a la Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras). La presentación se llevó a cabo de forma virtual, ya que todavía no había un retorno formal a la presencialidad laboral, dada la pandemia por COVID-19. En la Figura 20 se puede contemplar la reunión remota con Fedepasifloras sobre el resultado de la zonificación de aptitud de la granadilla en Colombia.

De otro lado, se realizaron visitas a diversos cultivos en el departamento del Huila con el fin de verificar, con productores de esta región, los rangos de algunas variables de tipo físico, ambiental y económico. Así mismo, se visitaron los municipios de Algeciras, Isnos, Pitalito, La Plata y San Agustín. En la Figura 21 se puede observar un suelo sembrado en un mismo espacio de granadilla y de café, en el que se usa el sistema de emparrado del cultivo de granadilla como sombra del cultivo de café.

Figura 20. Imagen de la presentación del TUT de la granadilla a Fedepasifloras



Fuente: UPRA, 2021.

Figura 21. Productor de granadilla en la vereda San Juan, municipio de La Plata, Huila

Fuente: UPRA, 2021.

Como se muestra en la Figura 22, en el municipio de Algeciras se visitó la finca El Recreo en la vereda La Primavera. Allí los cultivadores se catalogaron como *pequeños productores*.

En la Figura 23 se observa la calidad de la fruta y en la Figura 24, cómo es empacada y transportada en cajas, a *lomo de bestia*, hasta la mitad del camino, donde se transborda a una camioneta. Media hora después, se acopia en la Asociación Grupal Fruits, donde, junto con cajas de otros productores, se envía en camión hasta las bodegas de Corabastos en Bogotá.

Figura 22. Datos geográficos de la finca El Recreo, municipio de Algeciras, Huila.

Fuente: UPRA, 2021.

Figura 23. Calidad de la granadilla en la vereda La Primavera, municipio de Algeciras, Huila

Fuente: UPRA, 2021.

Figura 24. Forma de empaque de la granadilla para su comercialización en Bogotá

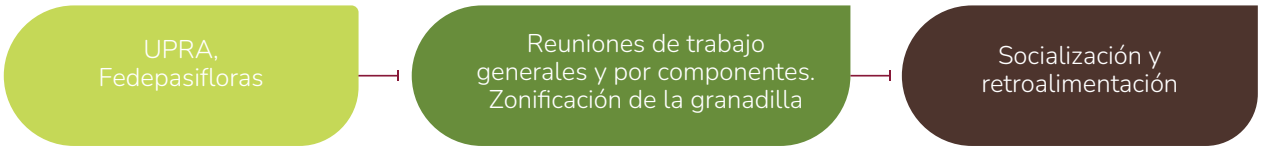
Fuente: UPRA, 2021.

En la Figura 25 se muestra la calidad de la fruta, que, así como se comercializa en el mercado nacional, también podría ser exportada. Por último, la estrategia de presentación y validación de la zonificación de aptitud del TUT de la granadilla se grafica en la Figura 26.

Figura 25. Frutos de la granadilla, municipio de Algeciras, Huila

Fuente: UPRA, 2021.

Figura 26. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud del cultivo de la granadilla



Fuente: UPRA, 2014

4 Resultados

Al realizar el análisis del mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000, se determinó que el país cuenta con 5.879.558 hectáreas con diversos grados de aptitud para el establecimiento del cultivo. De estas hectáreas, el 37,5 %, es decir, 2.204.013, correspondieron a *aptitud alta* (A1); el 27,5 %, 1.615.059, a *aptitud media* (A2); y el 35,0 %, 2.060.486, a *aptitud baja* (A3). Con respecto al área total colombiana (114.074.970 hectáreas), el 1,9 % correspondió *a aptitud alta* (A1); el 1,4 %, a *aptitud media* (A2); y el 1,8 %, a *aptitud baja* (A3), cuya área representó el 5,2 % del total con posibilidad de desarrollar el cultivo de la granadilla. De este modo, con respecto a la frontera agrícola de Colombia, el 5,1 % correspondió a *aptitud alta* (A1); el 3,8 %, a *aptitud media* (A2); y el 4,8 %, a *aptitud baja* (A3), lo cual significó un total de 13,7 % (ver Tabla 36).

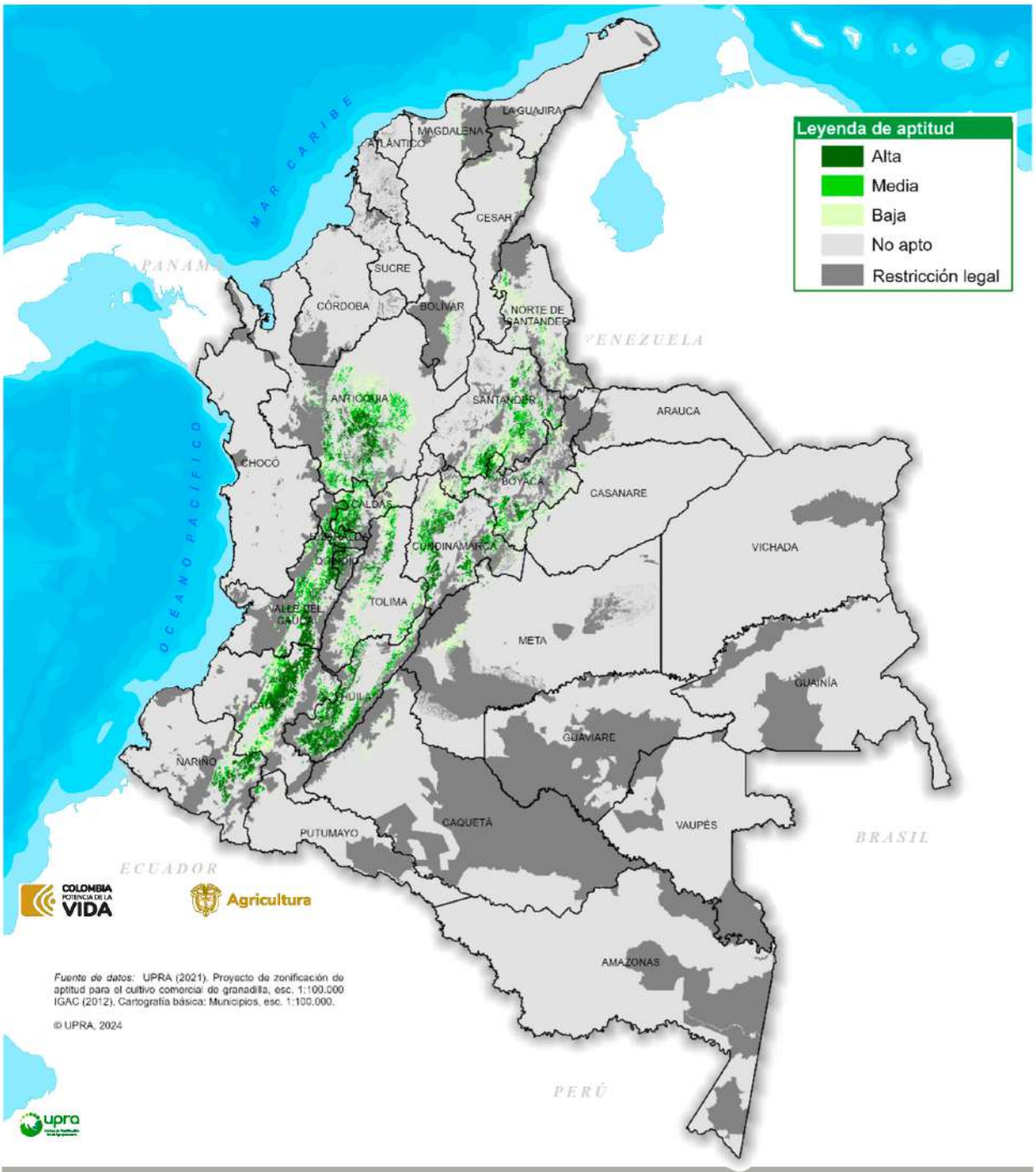
Tabla 36. Porcentaje según las categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo de la granadilla

Aptitud		Área (ha)	Participación (%)	Frontera* (%)
A1	Alta	2.204.013	1,9	5,1
A2	Media	1.615.059	1,4	3,8
A3	Baja	2.060.486	1,8	4,8
Total apto		**5.879.558**	**5,1**	**13,7**
N1	No apto técnico	81.776.164	71,4	—
N2	No apto legal	26.419.243	23,7	—
* Frontera agrícola: 42.944.940 hectáreas				
Superficie continental nacional: 114.074.970 hectáreas				

Fuente: UPRA, 2024.

En la Figura 27 se puede contemplar el mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia con las anteriores estadísticas.

Figura 27. Mapa integrado de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000



Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000

Colombia cuenta con 2.204.013 hectáreas para el cultivo de la granadilla con condiciones de *aptitud alta* (A1), de las cuales los departamentos de Cauca, Antioquia, Huila, Valle del Cauca y Cundinamarca tienen la mayor área; con *aptitud media* (A2), 1.615.059 hectáreas, cuyos departamentos de Antioquia, Santander, Cauca, Cundinamarca y Huila son los que más área poseen; con *aptitud baja* (A3), 2.060.486 hectáreas, con los departamentos de Cauca, Huila, Santander y Cundinamarca como los de mayor área (ver Tabla 37).

Tabla 37. Resultado en hectáreas de la zonificación para el cultivo comercial de la granadilla en Colombia a escala 1:100.000

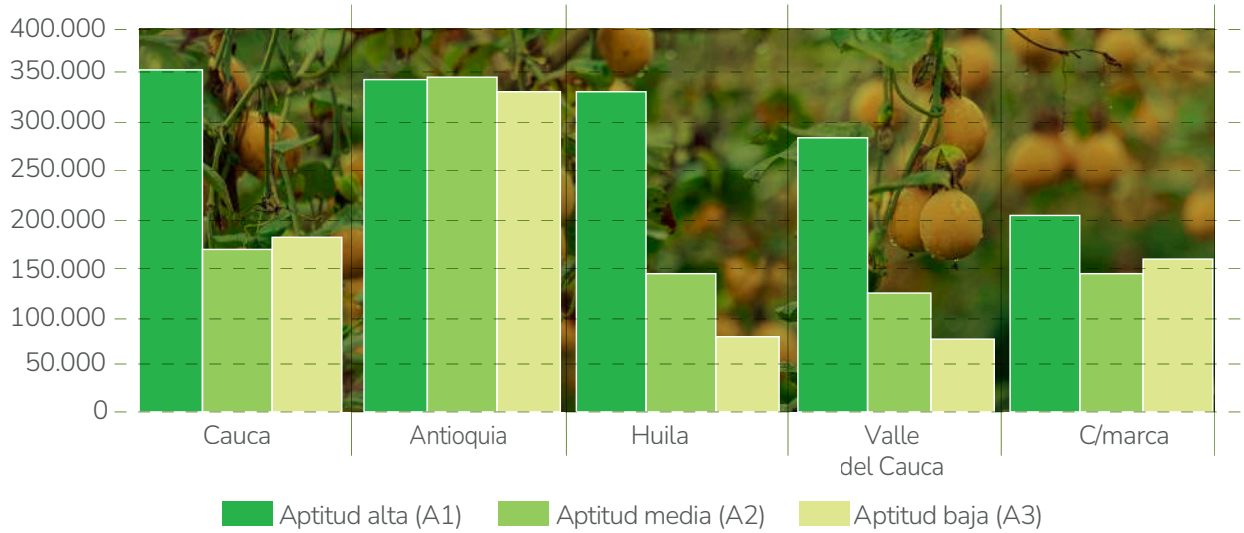
Departamento	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Apto total
Cauca	355.392	167.865	181.488	704.745
Antioquia	343.637	346.399	332.492	1.022.528
Huila	331.882	142.243	77.142	551.267
Valle del Cauca	284.210	122.731	74.931	481.872
Cundinamarca	203.647	143.370	158.970	505.987
Santander	135.951	200.765	218.784	555.500
Nariño	121.126	44.806	49.618	215.550
Boyacá	97.570	117.085	185.789	400.444
Caldas	89.183	83.074	88.389	260.646
Tolima	84.540	119.329	215.470	419.340
Quindío	73.945	3.781	446	78.172
Risaralda	72.052	43.006	7.191	122.248
Putumayo	5.226	5.200	4.521	14.947
Norte de Santander	4.453	42.017	194.737	241.206
Caquetá	844	6.570	42.849	50.263
Casanare	153	8.434	38.289	46.876
Meta	107	4.298	64.725	69.130
Bolívar	95	9.084	30.474	39.653
Cesar	—	2.545	57.852	60.397
Magdalena	—	2.458	13.984	16.442
La Guajira	—	—	13.187	13.187
Chocó	—	—	5.242	5.242
Arauca	—	—	3.895	3.895
Córdoba	—	—	21	21

Departamento	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Apto total
Vichada	—	—	—	—
Vaupés	—	—	—	—
Sucre	—	—	—	—
Guaviare	—	—	—	—
Guainía	—	—	—	—
Atlántico	—	—	—	—
Amazonas	—	—	—	—
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	—	—	—	—
Total	2.204.013	1.615.059	2.060.486	5.879.558

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, con respecto a las aptitudes alta, media, baja y al total del área apta por departamento para el cultivo de la granadilla en Colombia, en orden de mayor a menor área por aptitud alta (A1), Cauca fue el departamento que presentó mayor *aptitud alta* (A1), con 355.392 hectáreas; seguido de Antioquia, con 343.637; Huila, con 331.882; Valle del Cauca, con 2284.210; y Cundinamarca, con 203.647, por mencionar solamente los primeros cinco departamentos con mayor área apta.

Figura 28. Principales departamentos con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia en hectáreas



Fuente: Elaboración propia.

Los departamentos del Cauca, Antioquia, Huila, Valle del Cauca y Cundinamarca revelaron mayores posibilidades de *aptitud alta* (A1) para establecer el cultivo de la granadilla, en comparación con la *aptitud media* (A2) y la *aptitud baja* (A3); por el contrario, en los departamentos de Tolima y Santander la mayor área correspondió a *aptitud baja* (A3).

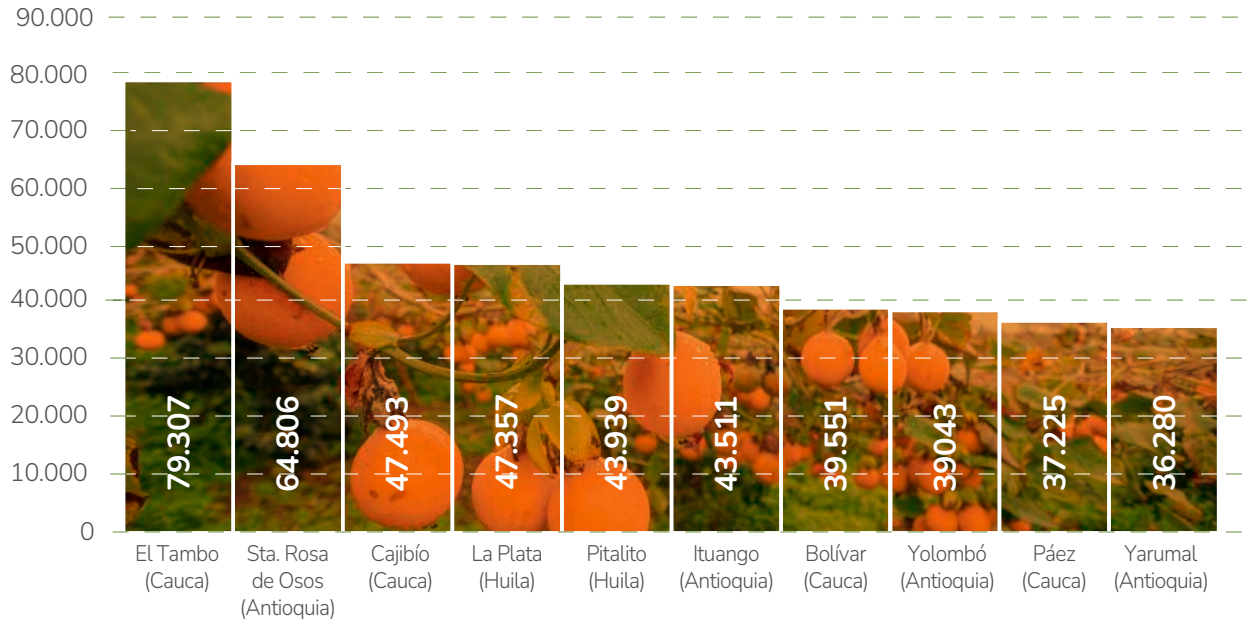
Como se puede consultar en la Tabla 38 y en la Figura 29, los municipios que mostraron la mayor aptitud para el desarrollo del cultivo de granadilla fueron El Tambo (departamento del Cauca), con 79.307 hectáreas; Santa Rosa de Osos (Antioquia), con 64.806; Cajibío (Cauca), con 47.493; La Plata (Huila), con 47.357; Pitalito (Huila), con 43.939; Ituango (Antioquia), con 43.511; Bolívar (Cauca), con 39.551; Yolombó (Antioquia), con 39.043; Páez (Cauca), con 37.225 y Yarumal (Antioquia), con 36.280.

Tabla 38. Principales municipios con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia

Municipio	Aptitud (ha)
El Tambo (Cauca)	79.307
Santa Rosa de Osos (Antioquia)	64.806
Cajibío (Cauca)	47.493
La Plata (Huila)	47.357
Pitalito (Huila)	43.939
Ituango (Antioquia)	43.511
Bolívar (Cauca)	39.551
Yolombó (Antioquia)	39.043
Páez (Cauca)	37.225
Yarumal (Antioquia)	36.280

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Principales municipios con aptitud para el cultivo de la granadilla en Colombia



Fuente: Elaboración propia.

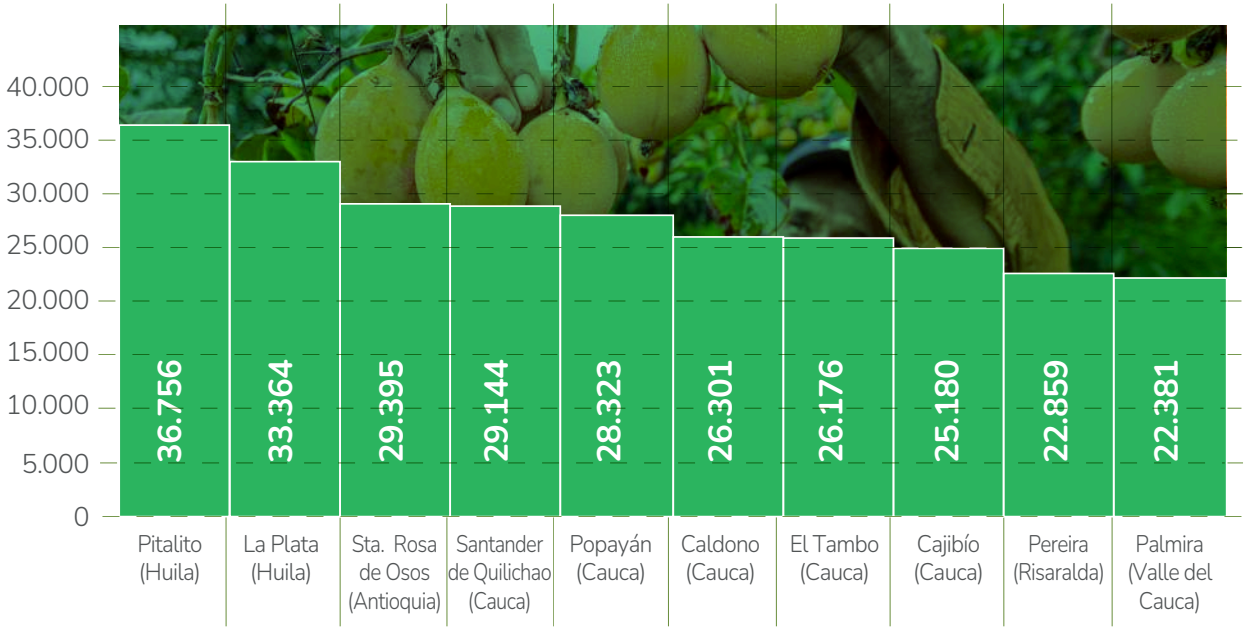
De la misma manera, conforme a los resultados de la zonificación para el cultivo de la granadilla en Colombia, en la Tabla 39 y en la Figura 30 se pueden apreciar los municipios con mayor *aptitud alta* (A1) de los departamentos del Huila, Antioquia y Cauca, a saber: Pitalito y La Plata (departamento del Huila), con 36.756 y 33.364 hectáreas, respectivamente; Santa Rosa de Osos (Antioquia), con 29.395; y Santander de Quilichao, Popayán, Caldono y El Tambo (Cauca), con 229.144, 28.323, 26.301 y 26.176, respectivamente.

Tabla 39. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo de la granadilla en Colombia

Municipio	Aptitud alta (A1) ha
Pitalito (Huila)	36.756
La Plata (Huila)	33.364
Santa Rosa de Osos (Antioquia)	29.395
Santander de Quilichao (Cauca)	29.144
Popayán (Cauca)	28.323
Caldono (Cauca)	26.301
El Tambo (Cauca)	26.176
Cajibío (Cauca)	25.180
Pereira (Risaralda)	22.859
Palmira (Valle del Cauca)	22.381

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo de la granadilla en Colombia



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 40 y en la Figura 31 se puede observar que los principales municipios con *aptitud media* (A2) para el establecimiento del cultivo de la granadilla fueron Santa Rosa de Osos (Antioquia), con 24.556 hectáreas; El Tambo (Cauca), 22.813; Yolombó, Amalfi e Ituango (Antioquia), con 21.838, 20.063 y 19.679, respectivamente; Páez (Cauca), con 15.869; Angostura (Antioquia), con 14.375; Mogotes (Santander), con 12.728; Cajibío (Cauca), con 12.724 y Aguadas (Caldas), con 12.417.

Tabla 40. Principales municipios con aptitud media (A2) para el cultivo de la granadilla en Colombia

Municipio	Aptitud media (A2) ha
Santa Rosa de Osos (Antioquia)	24.566
El Tambo (Cauca)	22.813
Yolombó (Antioquia)	21.838
Amalfi (Antioquia)	20.063
Ituango (Antioquia)	19.679
Páez (Cauca)	15.869
Angostura (Antioquia)	14.375
Mogotes (Santander)	12.728
Cajibío (Cauca)	12.724
Aguadas (Caldas)	12.417

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Principales municipios con aptitud media (A2) para el cultivo de la granadilla en Colombia

Fuente: Elaboración propia.

Como se registra en la Tabla 41 y en la Figura 32, los municipios con mayor *aptitud baja* (A3) para cultivar la pasiflora granadilla fueron Yacopí (Cundinamarca), con 31.865 hectáreas; El Tambo (Cauca), con 30.319; Mesetas (Meta), con 29.292; Ábrego (Norte de Santander), con 28.606; Yarumal (Antioquia), con 27.877; Bolívar (Cauca), con 27.760; Anorí (Antioquia), con 24.392; Ataco (Tolima), con 24.233; Ituango (Antioquia), con 23.832 y Santa Rosa del Sur (Bolívar), con 22.726.

Tabla 41. Principales municipios con aptitud baja (A3) para el cultivo de la granadilla en Colombia

Municipio	Aptitud baja (A3) ha
Yacopí (Cundinamarca)	31.865
El Tambo (Cauca)	30.319
Mesetas (Meta)	29.292
Ábrego (Norte de Santander)	28.606
Yarumal (Antioquia)	27.877
Bolívar (Cauca)	27.760
Anorí (Antioquia)	24.392
Ataco (Tolima)	24.233
Ituango (Antioquia)	23.832
Santa Rosa del Sur (Bolívar)	22.726

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Principales municipios con aptitud baja (A3) para el cultivo de la granadilla en Colombia

Fuente: Elaboración propia.

5 Conclusiones

Colombia dispone de suficiente área apta para la actividad comercial del cultivo de la granadilla, a saber: 5.879.558 hectáreas, de las cuales 2.204.013 se encuentran en zonas con *aptitud alta* (A1); 1.615.059, en *aptitud media* (A2); y 2.060.486, en *aptitud baja* (A3).

De tal modo, el departamento de Antioquia fue el que presentó la mayor área apta para el cultivo de esta pasiflora; le sigue Cauca, el cual reveló la mayor cantidad de hectáreas con la aptitud más alta para la producción de granadilla. Huila se mantiene entre los departamentos con mayor aptitud para este tipo de cultivo, pues dispone de más de 330.000 hectáreas con aptitud alta (A1); y algún grado de aptitud alta, media o baja en la totalidad de municipios del departamento.

La zonificación que se describió en el presente documento ratificó en un 99,4 % la aptitud de los 149 municipios en los 14 departamentos que reportan hoy cultivos de granadilla, pero amplía a 24 departamentos y a 775 municipios —lo que equivale al 70 % de los municipios colombianos— la posibilidad de cultivar granadilla con algún grado de aptitud. Así mismo, en lo que se refiere al componente físico, las condiciones climáticas fueron definitivas en la aptitud para el cultivo de la granadilla. Entre las variables, la asociada a la temperatura representó una influencia especial, dado que este cultivo sólo se desarrolla en el clima medio y frío moderado, propio de las cordilleras de la región Andina. Respecto al criterio *disponibilidad de nutrientes,* se concluye que el cultivo de la granadilla requiere de una adecuada acidez (pH) del suelo, de saturación de bases, de capacidad de intercambio catiónico y de materia orgánica. Así, el criterio permitió diferenciar la aptitud de las tierras que manifestaron tales cualidades, hasta el punto de orientar amplios sectores de la región Andina.

Las características que debe ostentar un terreno para realizar las labores del cultivo de la granadilla, en especial para la construcción de la infraestructura de *emparrado*, fueron consideradas en la capacidad de laboreo de los suelos con respecto a la pendiente, la textura y la pedregosidad. Esto limitó la aptitud en las tierras más escarpadas, muy comunes tanto en las cordilleras como en los suelos pesados y pedregosos. Además, las raíces de la planta *Passiflora ligularis* Juss. son exigentes en suelos aireados y

profundos, por lo que lo suelos pesados, con alta pedregosidad o muy superficiales, restringen la aptitud. En tal sentido, los andisoles, presentes en Antioquia, Cauca, Huila, Caldas, Risaralda y Quindío, indican muy buena aptitud, dadas las condiciones de enraizamiento con texturas francas, friables y profundas, y los contenidos apropiados de materia orgánica.

Desde el punto de vista socioecosistémico, la zonificación demostró una alta coincidencia entre los mapas de aptitud y el mapa del criterio *potencial de polinización natural*, cuya distribución geográfica de los himenópteros *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp. ratificaron la transcendental función de los insectos en los cultivos de granadilla. Por esta razón, es recomendable mantener las coberturas naturales para el desarrollo y proliferación de estos agentes polinizadores. Por lo demás, las variables *estado de conservación del hábitat y áreas de alta presión sobre los polinizadores* contribuyeron a que el mapa del criterio reflejara estas zonas con resultados muy positivos**.** No obstante, cabe aclarar que el grado de aptitud de ciertas áreas pudo verse disminuida por la proximidad a monocultivos, agroindustria, zonas urbanas y zonas mineras, las cuales suelen ejercer una fuerte presión sobre las poblaciones de *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp.

El criterio *integridad ecológica* indicó que existe una continuidad espacial favorable para sostener las poblaciones de polinizadores. De igual manera, las áreas aptas se encuentran en zonas de moderada naturalidad y baja concentración de especies sensibles, lo que permite concluir que existe una continuidad espacial de los paisajes naturales y seminaturales que mantienen las poblaciones efectivas de polinizadores y, por lo tanto, potencian la fecundación floral de la granadilla.

El criterio *apropiación del agua* mostró que las zonas de mayor aptitud para el cultivo de granadilla se localizan en áreas de sostenibilidad hídrica media y baja, por competencia con las coberturas naturales o por la demanda de otros usos localizados en la subzona hidrográfica. En consecuencia, se pueden generar limitaciones en el abastecimiento hídrico para el cultivo. En relación con el criterio *variación del contenido estimado de carbono*, el cultivo de granadilla se encontraría en equilibrio —es decir, *captura frente a emisión de dióxido de carbono*—, pues indica que no aumentaría la emisión de gases de efecto invernadero al implementar este tipo de cultivo. No obstante, no puede compararse con áreas de vegetación natural o cultivadas de tipo arbustivo y arbóreo en cuanto a la captura; mientras que en las áreas de pastizales y coberturas herbáceas, la granadilla favorecería considerablemente la disminución de las emisiones de efecto invernadero y aumentar la tasa de captura.

El componente socioeconómico permitió caracterizar las zonas con mayor actividad productiva de granadilla, cuyos criterios de mayor peso fueron *infraestructura y logística*; *asociatividad e institucionalidad* (28,7 %); *disponibilidad de mano de obra; y dinámica del mercado de tierras*. Este resultado se explica por los requerimientos de producción, distribución y comercialización para la competitividad del cultivo. El criterio *infraestructura y logística* generó un diferencial competitivo entre las zonas aptas, pues contribuye a la producción, distribución y comercialización, ya que se requiere de una eficiente logística en toda la cadena para garantizar que el producto llegue al consumidor en estado óptimo.

En el total de áreas para el cultivo de la granadilla definidas de con aptitud alta (A1), el 17,2 % correspondió a áreas con mayor densidad de cultivo en un radio de 5 kilómetros. En esta condición, los departamentos con mayor representatividad fueron Huila, cuyos municipios con mayores áreas fueron Pitalito, La Plata e Isnos; y Antioquia, cuyos municipios con mayores áreas fueron Santa Rosa de Osos e Ituango.

El 60 % de las comercializadoras y empacadoras se calificaron con *aptitud alta* (A1) en los departamentos de Risaralda, Valle del Cauca, Huila, Antioquia y Cundinamarca, pues coadyuvan al alistamiento y comercialización del producto en el mercado tanto nacional como internacional. El criterio *asociatividad e institucionalidad* fue determinante por el impacto positivo que las asociaciones de productores generaron, puesto que, en las zonas de aptitud alta (A1) para el cultivo de la granadilla, el 68 % de las asociaciones están ubicadas en Huila, Cauca y Valle del Cauca. Estas asociaciones representan y promueven el desarrollo de la cadena productiva.

La aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de la granadilla es ampliamente influida por la disponibilidad de mano de obra que, contrastada con las necesidades técnicas del cultivo, resulta exigente por las bajas densidades poblacionales por unidad espacial en la mayoría del territorio colombiano. De esta forma, la mayor parte de los departamentos del Valle del Cauca, Cundinamarca, Antioquia, Boyacá y los del Eje Cafetero ofrecen condiciones adecuadas de provisión de mano de obra dadas las densidades poblacionales rurales relativamente altas y superiores a los requerimientos del cultivo. Por su parte, los departamentos del Cauca, Huila, Nariño y Santander, con densidades medias de población en edad de trabajar, se relacionaron con aptitudes medias y bajas para el cultivo de la granadilla.

Por lo que toca al acceso a la tierra, fue significativo el hecho de poder acceder a través del arriendo, debido a los altos costos de la tierra y, en algunos casos, a la necesidad del productor de tener tierras descansadas que le permitan la buena rentabilidad del cultivo. Este dato es aún más relevante si se tiene en cuenta que el total del área apta (aproximadamente el 61 %) presentó valores de canon de arrendamiento anual por hectárea considerados bajos para la actividad en descripción, es decir, menores a un millón de pesos. El departamento con mayor área apta en esta condición fue Huila, con un 37 % del área con *aptitud alta* (A1), ubicada mayormente en los municipios de Pitalito, Suaza y Garzón; seguido de Nariño y Tolima. A nivel nacional, los municipios que más área en esta misma condición fueron Pitalito, Suaza e Ibagué.

En relación con tamaño predial, los tamaños más convenientes (de entre 3 y 20 hectáreas) clasificados con aptitud alta (A1) para el desarrollo de la actividad y que corresponden a un 38 % del área total se localizan en los departamentos de Antioquia, Cauca y Santander.

Acerca del criterio *indicadores económicos*, la variable más representativa en cuanto a la aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de granadilla fue *créditos otorgados*. Éstos se concentran en las actuales zonas productoras del centro-sur de Colombia en Nariño, Huila y Tolima; en menor proporción, en el centro del Eje Cafetero, Valle del Cauca, Antioquia, Cundinamarca y, en el oriente, en Boyacá y Santander. En definitiva, se concluye que los recursos financieros para el cultivo de la granadilla han mostrado tendencia hacia las zonas en las que, a partir de las condiciones socioeconómicas, presentan una aptitud favorable para la actividad.

6 Referencias

Agronet (2022). *Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo*. Ministerio de Agricultua y Desarrollo Rural. https://n9.cl/dhvg

Alarcón, J.J., Arévalo, E., Díaz, A.L., Galindo, J.R., Rodríguez, M.A. y Rivero, M.R. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis): medidas para la temporada invernal*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/2264

Cabrera, E., Vargas, D.M., Galindo, G., García, M.C., Ordoñez, M.F., Vergara, L.K., Pacheco, A.M., Rubiano J.C. y Giraldo, P. (2011). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional: escalas gruesa y fina*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/napig

Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas ArcGIS-Fragstats.* Grupo de Planeación y Manejo, Subdirección de Gestión y Manejo, Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Congreso de la República de Colombia (1991). *Ley 21 de 1991, por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76ª reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1989*. Diario Oficial 39.720. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (1993a). *Ley 70 de 1993, por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política*. Diario Oficial 41.013. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (1993b). *Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 41.146. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (1994). *Ley 160 de 1994, por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial 41.479. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (1997). *Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial 43.091. Presidencia de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2000a). *Ley 811 de 2003, por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial 45.236. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2000b). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44.097. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2001). *Ley 685 de 2001, por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial 44.545. Presidencia de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2011). *Ley 1450 de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014*. Diario Oficial 48.102. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2012a). *Ley 1551 de 2012, por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios*. Diario Oficial 48.483. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2012b). *Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48.411. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2016). *Ley 1776 de 2016, por la cual se crean y se desarrollan las Zonas de Interés de Desarrollo Rural, Económico y Social, ZIDRES*. Diario Oficial 49.770. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2018). *Ley 1930 de 2018, por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. Diario Oficial 50.667. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2019). *Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad*. Diario Oficial 50.964. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2023). *Ley 2294, por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida"*. Diario Oficial 52.400. Congreso de la República de Colombia.

Congreso Nacional de la República de Colombia (1959). *Ley 2 de 1959, por la cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables*. Diario Oficial 29.861. Congreso Nacional de la República de Colombia.

Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Manual de uso del marco geoestadístico nacional en el proceso estadístico*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Sistema Estadístico Nacional (SEN). https://n9.cl/8ajtr

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2021). *Sistema de información de precios SIPSA*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: "prosperidad para todos"*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://n9.cl/918nd

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales y Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (2021). *Bases estadísticas de comercio exterior: importaciones y exportaciones*. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). https://n9.cl/581n9

Doorenbos, J. & Kassam, A. (1979). *Yield response to water*. Food and Agriculture Organization (FAO), FAO irrigation and drainage paper 33.

Eastman, J.R., Weigen, J., Kyem, P.A., & Toledano, J. (1995). Raster procedures for multi-criteria/multi objective decisions. *Photogramm Eng Remote Sens 61*(5), 539-547. https://n9.cl/vmkyl

Espinosa, A., Llancaman, L. y Sandoval, H. (2014). Turismo de intereses especiales y parques nacionales: Compatibilidad entre turismo de intereses especiales y gestión de parques nacionales. *Estud Perspect 23*(1), 115-130. https://n9.cl/tm73c

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1976). *A framework for land evaluation.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). https://edepot.wur.nl/149437

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing.* FAO soils bulletin 58. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Land and Water Division. https://n9.cl/mhefx

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). *Land evaluation: towards a revised framework. Land and water discussion paper 6.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://edepot.wur.nl/488269

FAOSTAT (2022). *Cultivos y productos de ganadería* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://n9.cl/ik8kc

Fischer, G., Casierra-Posada, S. y Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies de pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Forbes, T., Rossiter, D., & Wambeke, V. (1987). *Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories* (SMSS: technical monograph: soil management support services. Vol. 4). New York, United States of America: Cornell University, Department of Agronomy, New York State College of Agriculture and Life Sciences; U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Soil Management Support Service (SMSS).

Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed). Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), Subdirección Agrológica.

Gobernación del Huila (2006). *Manual técnico del cultivo de maracuyá (Passiflora edulis L.) en el departamento del Huila.* Gobernación del Huila, Secretaría de Agricultura y Minería, Secretaría Técnica de la Cadena Productiva Frutícola. https://n9.cl/tryok

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., Willis, R., & Gregory, L. (2015). Digital soli assessment for regional agricultural land evaluation. *Glob Food Sec, 5*, 25-36. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.04.001

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (2019). *Parques y áreas arqueológicas protegidas*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh). Recuperado de https://n9.cl/j0a8p

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Estudio nacional del agua*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/d8gxj

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Atlas climatológico de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia, 2015*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/g7g5d

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2023). ¿Qué es y cómo se obtiene el avalúo catastral? Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). https://n9.cl/a72ni

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.º 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Leal, A.C. (2020). *Colombia exportó US$74,3 millones de frutas exóticas en 2019, 6 % más que el registro de 2018*. Agronegocios, Editorial La República. https://n9.cl/zw492

Legiscomex (2021). *Reporte de estadísticas de exportación de la dirección de impuestos y aduanas de Colombia*. Legiscomex.

Mackey, B. (2005). La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra. En Corcoran, P.B., Vilela, M. y Roerink, A. (Eds.) *La carta de la tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (pp. 67-71). KIT Publishers BV.

Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Massiris, A.M. (2017). *Lineamientos para la implementación de la estrategia de ordenamiento territorial agropecuario en los planes de ordenamiento territorial municipales*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). *Resolución 0886 de 2018, por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 50.603. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2018). *Resolución 0261 del 2018, por medio de la cual se define la Frontera Agrícola Nacional y se adopta la metodología para la identificación general*. Diario Oficial 50.632. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Resolución 0299 del 2019, por la cual se delegan unas funciones en el Director General, en el Jefe de la Oficina de Tecnologías de Información y Comunicaciones y en el Director Técnico de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras de la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios – UPRA*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019a). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA: base agrícola EVA 2007-2018*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). https://n9.cl/jf8on

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019b). *Cadena de pasifloras: indicadores e instrumentos*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. https://n9.cl/uv46g

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). *Cadena de pasifloras: indicadores e instrumentos. Primer trimestre 2021*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. https://n9.cl/nqepk

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). *Resolución 1294 de 2021, por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones*. Diario Oficial 51.883. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013a). *Resolución 1922 de 2013, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 49.053. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013b). *Resolución 1923 de 2013, por la cual se adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013c). *Resolución 1924 de 2013, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del río Magdalena, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 49.053. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013d). *Resolución 1925 de 2013, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2ª de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 49.053. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013e). *Resolución 1926 de 2013, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 49.053. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014a). *Resolución 1275 de 2014, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones.* Diario Oficial 49.255. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014b). *Resolución 1276 de 2014, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2ª de 1959, y se toman otras determinaciones.* Diario Oficial 49.255. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014c). *Resolución 1277 de 2014, por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2ª de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés y se toman otras determinaciones*. Diario Oficial 49.255. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018a). *Resolución 1987 de 2018, por medio de la cual se prorroga el término de duración de las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente establecidas mediante la Resolución número 1814 de 2015, modificada por la Resolución número 2157 de 2017 y se adoptan otras determinaciones.* Diario Oficial 50.765. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018b). *Resolución 1310 de 2018, por medio de la cual se prorroga el término de duración de las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente establecidas mediante la Resolución 1628 de 2015 y prorrogadas a través de la Resolución 1433 de 2017 y se adoptan otras determinaciones*. Diario Oficial 50.671. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2023). *Cambio climático y gestión del riesgo: Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). https://n9.cl/wyixs

Ministerio del Medio Ambiente (1995). *Resolución 1602 de 1995, por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1990). *Evaluación de tierras para la agricultura de regadío: directivas. Boletín de suelos 55*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2003). *Evaluación de tierras con metodologías de FAO: documento de trabajo*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020). *Perspectivas a mediano plazo: perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://n9.cl/o0y60

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*. Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). https://n9.cl/047nh

Organización Internacional del Trabajo (2014). *Convenio Núm. 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes: declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas*. Organización Internacional del Trabajo (OIT), Oficina Regional para América Latina y el Caribe. https://n9.cl/jkso

Organización Meteorológica Mundial y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Organización Meteorológica Mundial (OMM). https://n9.cl/7k8qk

Ortiz-Lozano, L., Granados-Barba, A. & Espejel, I. (2009). Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, México. *Ocean Coast Manage, 52*(6), 317-323. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004

Porter, M. (1980). *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. Free Press.

Presidencia de la República de Colombia (1974). *Decreto 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Diario Oficial 34.243. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1977a). *Decreto 622 de 1977, por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto-Ley número 2811 de 1974 sobre «sistema de parques nacionales»; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2a de 1959*. Diario Oficial 34.759. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1977b). *Decreto 1449 de 1977, por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-ley número 2811 de 1974*. Diario Oficial 34.827. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1989). *Decreto 1989 de 1989, por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena, la Reserva Sierra de La Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales*. Diario Oficial 38.963. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1995). *Decreto 2164 de 1995, por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo XIV de la Ley 160 de 1994 en lo relacionado con la dotación y titulación de tierras a las comunidades indígenas para la constitución, reestructuración, ampliación y saneamiento de los Resguardos Indígenas en el territorio nacional*. Diario Oficial 42.140. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1996). *Decreto 1791 de 1996, por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal*. Diario Oficial 42.894. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (1999). *Decreto 1996 de 1999, por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil*. Diario Oficial 43.751. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2002). *Decreto 833 de 2002, por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 44.786. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2007). *Decreto 3600 de 2007, por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones*. Diario Oficial 46.757. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2010a). *Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Diario Oficial 49523. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2010b). *Decreto 2372 de 2010, por el cual se reglamenta el*

Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47.757. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2011a). *Decreto-Ley 4145 de 2011, por el cual se crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios - UPRA y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48.242. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2011b). *Decreto-Ley 3570 de 2011, por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Diario Oficial 48.205. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2012a). *Decreto 1640 de 2012, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48510. Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia (2012b). *Decreto 19 de 2012, por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública*. Diario Oficial 48.308. Presidencia de la República de Colombia.

ProColombia (2021). *Exportaciones: aumentan los pedidos de frutas colombianas en Europa*. ProColombia: Exportaciones Turismo Inversión Marca País, Ministerio de Comercio, Industria y Comercio. https://n9.cl/jstf3

Rivera, B., Miranda, D., Ávila, L.A. y Nieto, A.M. (2002). *Manejo integral del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis Juss.)*. Editorial Litoas. http://hdl.handle.net/11348/4069

Rodiek, J. (2009). Landscape an urban planning cover for 2009. *Landsc Urban Plan, 89*(1-2), 1-2. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.001

Rossiter, D. (2009). Land evaluation: towards a revised framework; Land and Water Discussion Paper 6, FAO. FAO, Rome (2007), 107 pp., ISSN: 1729-0554; Only available in PDF format as www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf; free. *Geoderma, 148*(3-4), 428-429. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.11.001

Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation*. McGraw Hill International Book Co.

Servicio Geológico Colombiano (2023). *Evaluación de amenaza por movimientos en masa*. Servicio Geológico Colombiano (SGC). https://n9.cl/4xh57

Siraj, S., Mikhalilov, L., & Keane, J.A. (2013). PriEsT: an interactive decision support too to estimate priorities

from pairwise comparison judgments. *Int Trans Oper Res, 22*(2), 217-235. DOI: https://doi.org/10.1111/itor.12054

Soil Science Society of America (2018). *Glossary of soil science terms. Term of the day: thermal gravimetric analysis (TGA)*. Soil Science Society of America (SSSA). Recuperado de https://n9.cl/aeca3

Soil Survey Staff (2014). *Claves para la taxonomía de suelos* (12.ª ed.). U.S. Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service. https://n9.cl/z5h7x

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria y Universidad Nacional de Colombia (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional: metodología a escala general (1:100.000)*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/36447

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2014). *Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales a escala semidetallada 1:25.000*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2015). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia a escala 1:100.000: memoria técnica*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/12715

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2016). *Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales comerciales a escala semidetallada (1:25.000)*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2019). *Metodología de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a escala general*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Vélez-Ruiz, RI. (2009). *Una aproximación a la sistématica de las abejas silvestres de Colombia* [tesis de mastría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional, Biblioteca Digital. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3354

7
Anexo

Tabla de contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico 156

1.1. Criterio *condiciones climáticas* 156

1.1.1. Variable *temperatura media anual* 160

1.1.2. Variable *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)* 163

1.1.3. Variable *brillo solar medio diario anual* 167

1.2. Criterio *capacidad de laboreo* 170

1.2.1. Variable *pendiente* 174

1.2.2. Variable *textura* 178

1.2.3. Variable *pedregosidad* 182

1.3. Criterio *disponibilidad de nutrientes* 185

1.3.1. Variable *acidez (pH)* 192

1.3.2. Variable *saturación de bases* 196

1.3.3. Variable *carbono orgánico* 199

1.3.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)* 203

1.4.2. Variable *textura* 214

1.4.3. Variable *pedregosidad* 218

1.5.1. Variable *susceptibilidad de inundaciones* 224

1.5.2. Variable *drenaje natural* 228

1.6. Criterio *disponibilidad de humedad* 232

1.6.1. Variable *régimen de humedad* 235

1.6 .2. Variable *textura* 239

1.7. Criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos* 243

1.8. Criterio *susceptibilidad fitosanitaria* 249

1.8.1. Variable *drenaje natural asociado a la secadera* 252

1.8.2. Variable *régimen de humedad del suelo asociado a la secadera* 255

1.8.3. Variable *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña* 259

1.9. Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio* **262**

1.9.1. Variable *salinidad y sodicidad*..... 266

1.9.2. Variable *saturación de aluminio* 270

2. Fichas metodológicas del componente ecosistémico **273**

2.1. Criterio *potencial de polinización natural*..... **273**

2.1.1. Variable *estado de conservación del hábitat* 281

2.1.2. Variable *áreas de alta presión sobre los polinizadores* 291

2.1.3. Variable *distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.* 297

2.2. Criterio *integridad ecológica* **303**

2.2.1. Variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)* 310

2.2.2. Variable *índice de naturalidad (INAT)* 315

2.2.3. Variable *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*..... 319

2.3. Criterio *apropiación del agua* **327**

2.3.1. Variable *diferencia de uso consuntivo*..... 333

2.3.2. Variable *índice del uso del agua* 338

2.4. Criterio *cambio de cobertura* **342**

2.5. Criterio *variación del contenido estimado de carbono* **350**

3. Fichas metodológicas del componente económico **355**

3.1 Criterio *infraestructura y logística* **355**

3.1.1 Variable *existencia de cultivos*..... 362

3.1.2 Variable *cercanía a los viveros registrados*..... 366

3.1.3 Variable *cercanía a las comercializadoras y empacadoras*..... 370

3.1.4 Variable *cercanía a los centros de comercialización*..... 376

3.1.5 Variable *cercanía a los centros de servicios* 380

3.1.6 Variable *cercanía a los aeropuertos* 384

3.1.7 Variable *cercanía a los puertos marítimos* 388

3.1.8 Variable *distritos de riego y drenaje* 392

3.2 Criterio *asociatividad e institucionalidad* 395

3.2.1 Variable *cercanía a las asociaciones* 400

3.2.2. Variable *cercanía al gremio* 404

3.2.3 Variable *cercanía al ICA* 408

3.2.4 Variable *cercanía a Agrosavia* 412

3.2.5. Variable *cercanía a las EPSEA* 416

3.3. Criterio *disponibilidad de mano de obra* 420

3.3.1. Variable *densidad de la poblacional rural en edad de trabajar* 424

3.3.2. Variable *oferta educativa técnica y tecnológica* 430

3.3.3. Variable *oferta educativa universitaria* 435

3.4 Criterio dinámica del mercado de tierras 440

3.4.1 Variable *tamaño predial rural* 445

3.4.2 Variable *arriendo rural* 449

3.4.3 Variable *tendencia a la formalidad* 454

3.4.4 Variable *avalúo catastral rural* 460

3.5. Criterio *indicadores económicos* 466

3.5.1. Variable *créditos otorgados* 470

3.5.2. Variable *desempeño municipal* 474

3.5.3. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)* 486

3.5.4. Variable *valor agregado agrícola municipal* 489

3.6 Criterio *seguridad ciudadana* 494

3.6.1 Variable *hurtos rurales* 499

3.6.2 Variable *extorsiones rurales* 504

3.6.3 Variable *secuestros rurales* 509

3.6.4 Variable *homicidios rurales* 514

3.7 Criterio *condiciones de vida* 519

3.7.1 Variable *trabajo* 524

3.7.2 Variable *salud* 529
3.7.3 Variable *condiciones de la niñez y de la juventud* 534
3.7.4 Variable *condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos* 539
3.7.5 Variable *condiciones educativas del hogar* 544
4. Fichas metodológicas de restricciones legales 549
4.1 Criterio *restricciones legales* 549
4.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos (páramos)* 559
4.1.2. Variable *áreas protegidas* 563
4.1.3. Variable *planes de ordenación forestal* 569
4.1.4. Variable *parques arqueológicos* 573
4.1.5. Variable *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A* 576
5. Fichas metodológicas de condicionantes legales 579
5.1 Criterio *condicionantes legales* 579
5.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)* 585
5.1.2. Variable *áreas protegidas* 589
5.1.3. Variable *planes de ordenación forestal* 595
5.1.4. Variable *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C* 600
5.1.5. Variable *distinciones internacionales* 604
5.1.6. Variable *áreas de interés cultural y social* 608
5.1.7. Variable *áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios* 615
5.1.8. Variable *gestión de riesgo* 618

1. Fichas metodológicas del componente físico

1.1. Criterio *condiciones climáticas*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio: *condiciones climáticas*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Temperatura media anual, expresada en grados centígrados (°C).

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC), expresado dimensionalmente.

Brillo solar medio diario anual, expresado en horas sol/día.

Definición

Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático, definidas como *variables*, que interactúan en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976; UPRA, 2013).

Importancia del criterio

La interacción de los elementos y factores climáticos con las plantaciones de granadilla inciden en la fisiología del cultivo, pues pueden limitar en casos extremos la posibilidad de establecer cultivos de estas especies o limitar el desarrollo y la producción.

Limitantes de la evaluación del criterio

Debido al escaso cubrimiento de estaciones meteorológicas que registran los parámetros del clima, como la evapotranspiración de referencia, se generan inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada del clima en regiones productoras de granadilla en el país.

Metodología de evaluación

Las condiciones climáticas se generaron en un árbol de decisión que integró la información de las unidades térmicas/insolación y del índice de disponibilidad de humedad para el cultivo. Los datos se tomaron de la distribución de la temperatura media anual, brillo solar, precipitación, evapotranspiración del cultivo y distribución (periodo 1981-2010). Se definieron los criterios y variables para establecer las características del territorio que le confieren un grado de aptitud y soportar el cultivo comercial de la granadilla, según los rangos creados por el equipo técnico del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud y la aplicación de rangos a través de un árbol de decisión:

Árbol de decisión			
Temperatura media anual (°C)	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	A3
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A2	A1	A1	A1
		A2	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A3	A1	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1

Fuentes de información

Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Editorial Trillas. https://n9.cl/vo4jz

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1976). *A framework for land evaluation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). https://edepot.wur.nl/149437

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

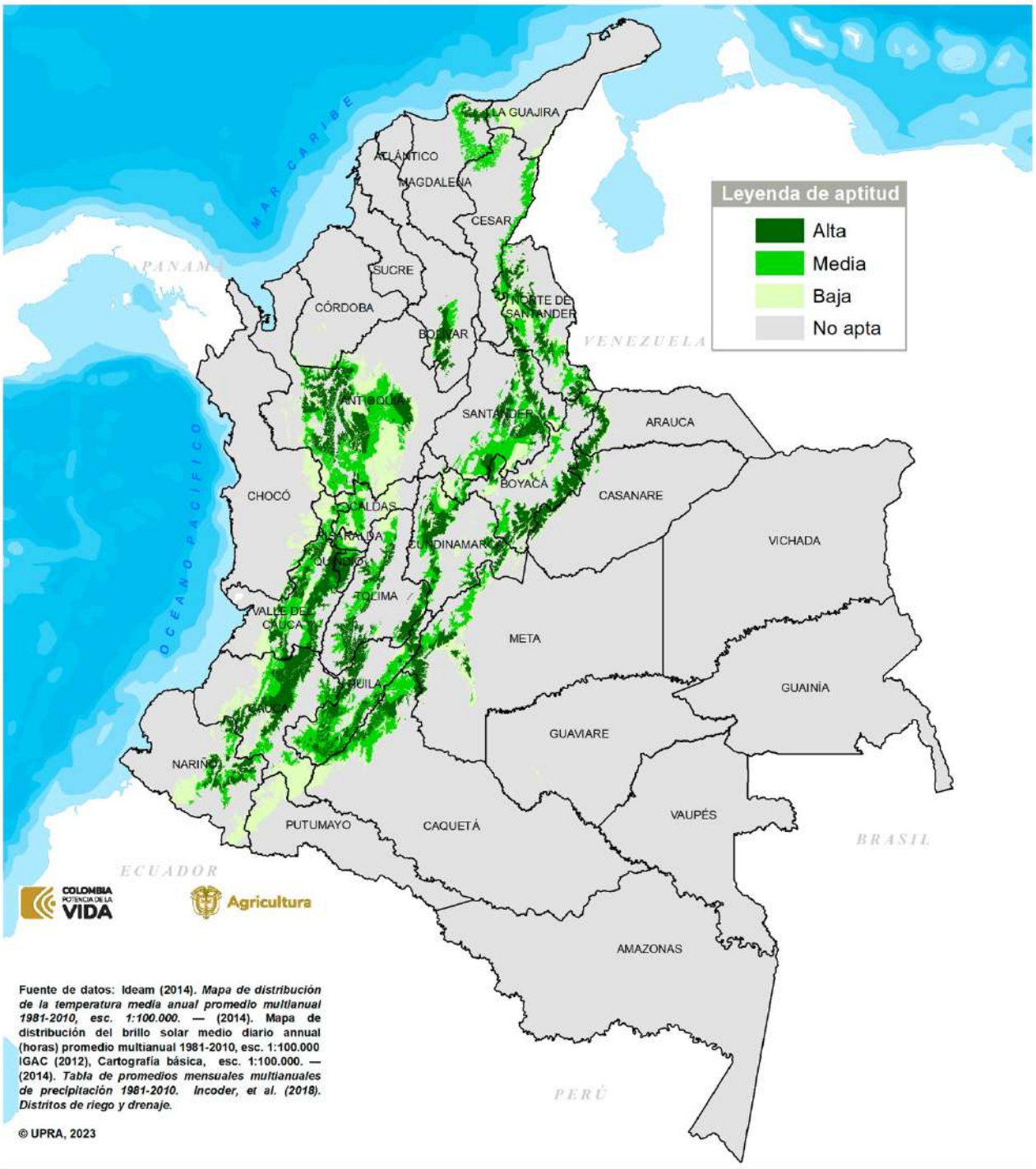
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* — (2014). Mapa de distribución del brillo solar medio diario annual (horas) promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000 IGAC (2012), Cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de precipitación 1981-2010. Incoder, et al. (2018). Distritos de riego y drenaje.*

© UPRA, 2023

Criterio *condiciones climáticas*

1.1.1. Variable *temperatura media anual*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: *condiciones climáticas*		
Variable: *temperatura media anual*		Unidad de medida: °C
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Medida del estado térmico del aire con respecto a la habilidad de transmitir calor al alrededor. Depende de la latitud y de la altitud, y se toma como un índice de balance calórico expresado en grados centígrados (Ideam, 2014).

Importancia de la variable para el cultivo

Para la zonificación de aptitud, conocer la distribución espacial de este elemento del clima es fundamental, ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo cual permite delimitar zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para el cultivo de granadilla, de acuerdo con los requerimientos térmicos. Los procesos fisiológicos de las plantas están determinados por rangos de temperatura, delimitados por los valores *máximo* y *mínimo*, fuera de los cuales se ven afectados en la función fotosintética y en el crecimiento y maduración de los frutos. Fischer *et al*. (2009) reportan temperaturas óptimas para la granadilla de entre 14 y 24 °C. El análisis experimental del desarrollo de las plantas de granadilla indicó que algunos sitios con condiciones favorables para el desarrollo de las plantas de granadilla expresan una temperatura media que oscila entre 15,25 y 18,11 °C, por lo que se obtienen frutos en buen color, características apetecidas por el mercado local, nacional y de exportación (Melgarejo, 2015).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Para el establecimiento y desarrollo del cultivo de granadilla, se consideraron como zonas no aptas (N1) las que se hallan por debajo de los 12 °C por encima de los 22 °C, como se muestra a continuación:

Temperatura media anual (°C)	Aptitud
16-18	Alta (A1)
14-16; 18-20	Media (A2)
12-14; 20-22	Baja (A3)
De <12 a >22	No apta (N1)

Limitantes de la evaluación de la variable

Se dispuso de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas, pero con registros sólo hasta el 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no reflejó la condición térmica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Unidades térmicas media tomadas del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam en 2014 y basado en una serie histórica del periodo 1981-2010. Se realizó un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

Fischer, G., Casierra-Posada, S. y Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies de pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

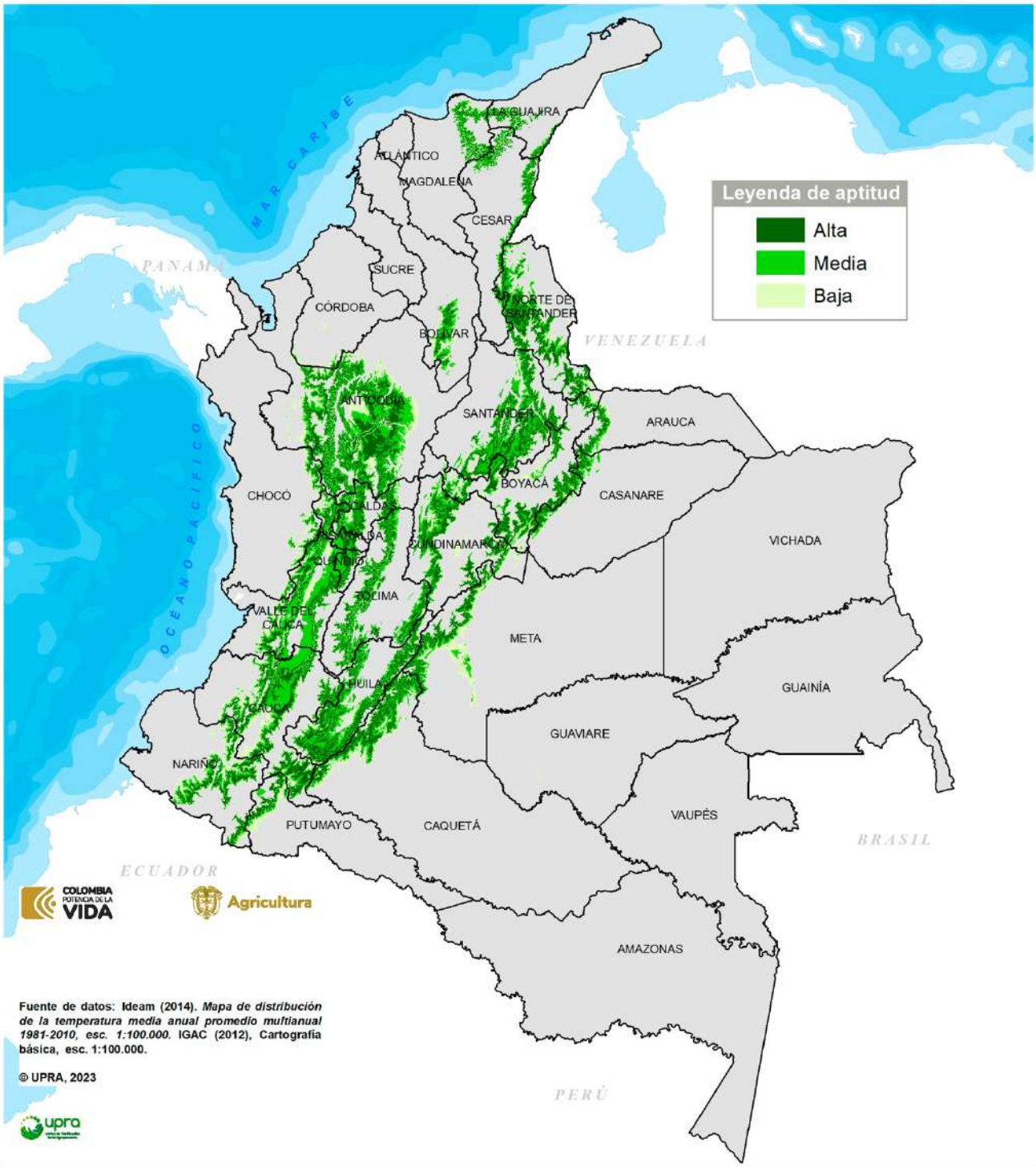
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones climáticas*
Variable *temperatura media anual*

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

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: *condiciones climáticas*		
Variable: *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)*	Unidad de medida: índice	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Índice de la relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo, expresado dimensionalmente.

Importancia de la variable para el cultivo

Esta variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación. Las necesidades de agua para el cultivo de la granadilla se estimaron mediante la evapotranspiración actual y se suplieron en la medida que la precipitación estuviera disponible. De este modo, el índice mostró la relación que indica que, cuando los valores están cercanos o iguales a 1, las necesidades de agua están siendo compensadas y, en la medida en que se aleja, aumentan los déficits hídricos, lo cual afecta el potencial de abastecimiento de agua para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Para el establecimiento y desarrollo del cultivo de granadilla, se consideraron como zonas no aptas (N1) las que estuvieran por debajo de los 0,4 IDHC, como se expone a continuación:

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)	Aptitud
0,80-0,95	Alta (A1)
0,70 -0,80 y 0,95-0,99	Media (A2)
0,40-0,70; >0,99	Baja (A3)
<0,4	No apta (N1)

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 (el Chocó); y desde el nivel del mar (costas Caribe y Pacífica) hasta la criósfera (nevados), que dificultan 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 sobreestiman o subestiman, sobre todo en las regiones con condiciones evaporativas bajas. El análisis de humedad para el cultivo se centró sólo en lo climático, pues excluyó el suelo —almacenamiento de agua del suelo—, porque no se contó con información nacional de humedad aprovechable —capacidad de campo menos punto de marchitez permanente—. Además, la información de suelos con cubrimiento nacional fueron los estudios generales de suelos del país a escala 1:100.000 y contienen asociaciones como unidades cartográficas de suelos. Entonces, al no incluir en el modelo la capacidad de almacenamiento del suelo no se consideró conveniente incluir el almacenamiento anterior mes a mes, lo que derivó en la inconveniencia de incluir las pérdidas de agua por escorrentía, como se sugiere con la precipitación efectiva —80 %, FAO/AGLW, USDA por Crowat 8,0 y otras recomendadas), además de que no se contó con el mapa nacional respectivo.

Metodología de procesamiento de la información

Esta variable se procesó en un sistema de información geográfico a través de mapas *raster* de precipitación, evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo mes a mes. Para ello, se realizaron los siguientes cálculos *raster*, es decir: el índice de disponibilidad de humedad para el cultivo de granadilla (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 es la evapotranspiración actual que se refiere a la cantidad de agua que suministra la precipitación en el mes analizado y es evapotranspirada; los anteriores se generaron a partir de la normal climatológica del periodo 1981-2010. Por su parte, la evapotranspiración del cultivo (ETc) se determinó con la siguiente ecuación:

$$ETc = Kc * ETo$$

donde

Kc = coeficiente hídrico del cultivo de la granadilla (1,20);
ETo = evapotranspiración de referencia mensual, es decir, demanda de evapotranspiración de la atmósfera en función de un cultivo de referencia, específicamente, pasto con una altura de 0,12 metros; resistencia superficial de 70 sm^{-1} y un albedo de 0,23. Una vez calculados los valores de IDHC mensuales multianuales desde enero hasta diciembre, se llevaron a un promedio anual.

Unidad de análisis

Distribución del índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC) en el territorio nacional.

Fuentes de información

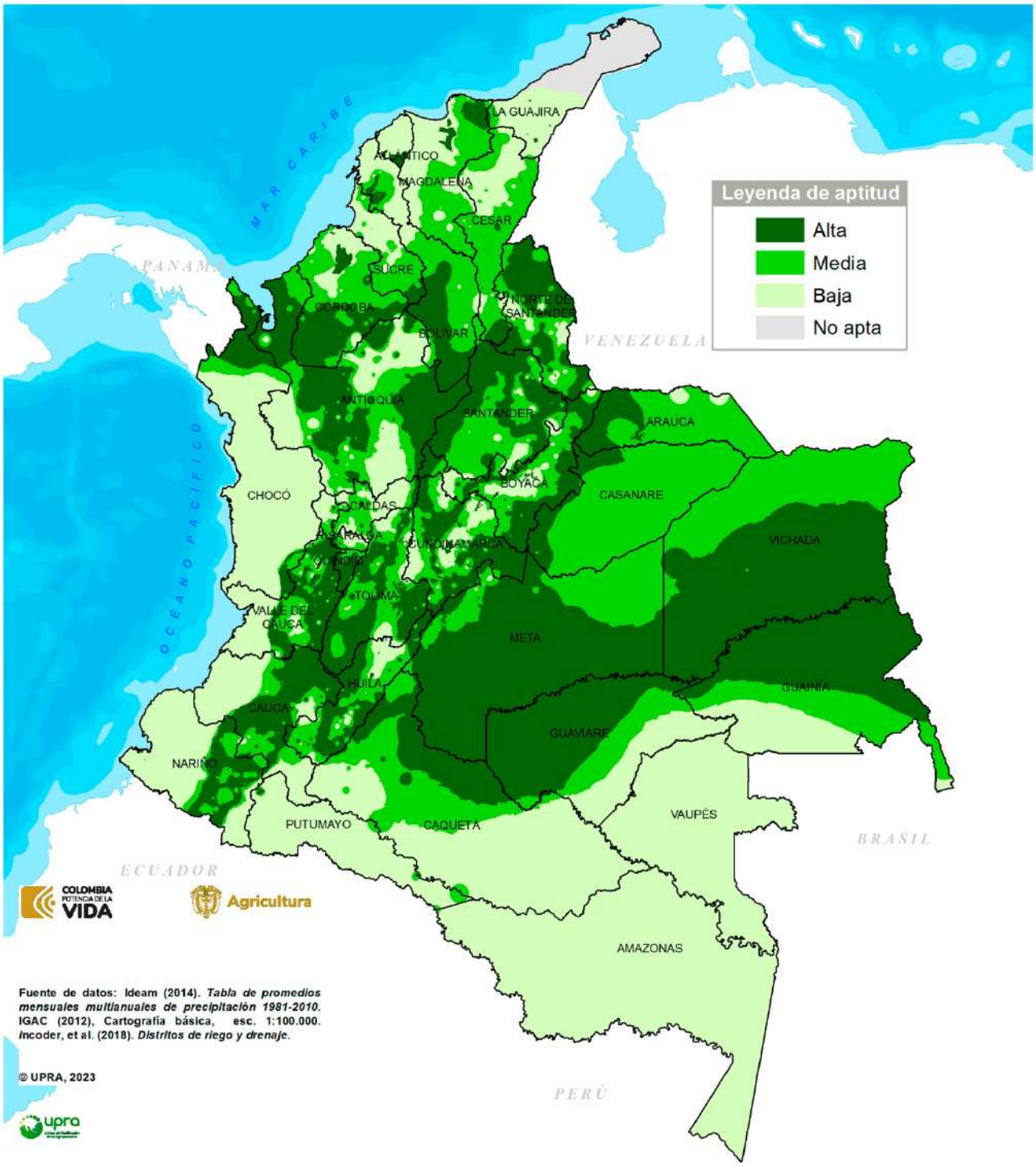
Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Editorial Trillas. https://n9.cl/vo4jz

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones climáticas*
Variable *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC)*

1.1.3. Variable *brillo solar medio diario anual*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: *condiciones climáticas*		
Variable: *brillo solar medio diario anual*	Unidad de medida: horas sol/día	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

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

Ejerce una función esencial sobre el potencial productivo de la granadilla. En regiones cuyo periodo de brillo solar es mayor, el techo de productividad es siempre más elevado, dada una tasa más elevada de fotosíntesis de las plantas (Embrapa, 2001). Entonces, la variable se torna importante para la zonificación, ya que la representación espacial permite establecer la distribución de la insolación con aptitud alta, aptitud media y aptitud baja para el cultivo de la granadilla.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Aunque no hay valor de restricción para la variable, es importante resaltar que, cuando se presenta un brillo solar apropiado, existe una tasa de intercambio gaseoso que fluctúa entre 40 y 50 miligramos de dióxido de carbono; mientras que las plantas con un bajo brillo solar presentan una menor tasa (Beltrao *et al*., 2001), como se puede consultar en la siguiente tabla:

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

Limitantes de la evaluación de la variable

Se dispuso de una base de datos actualizada de la información de brillo solar de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tenía normalizada solo abarcaba hasta el 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no reflejó la condición de insolación actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada para las unidades de brillo solar se tomó del mapa de isohelias anuales elaborado por el Ideam en el año 2014 a escala 1:100.000, el cual se basó en la serie histórica del periodo 1981-2010. Se realizó un ejercicio de delimitación espacial del brillo solar de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

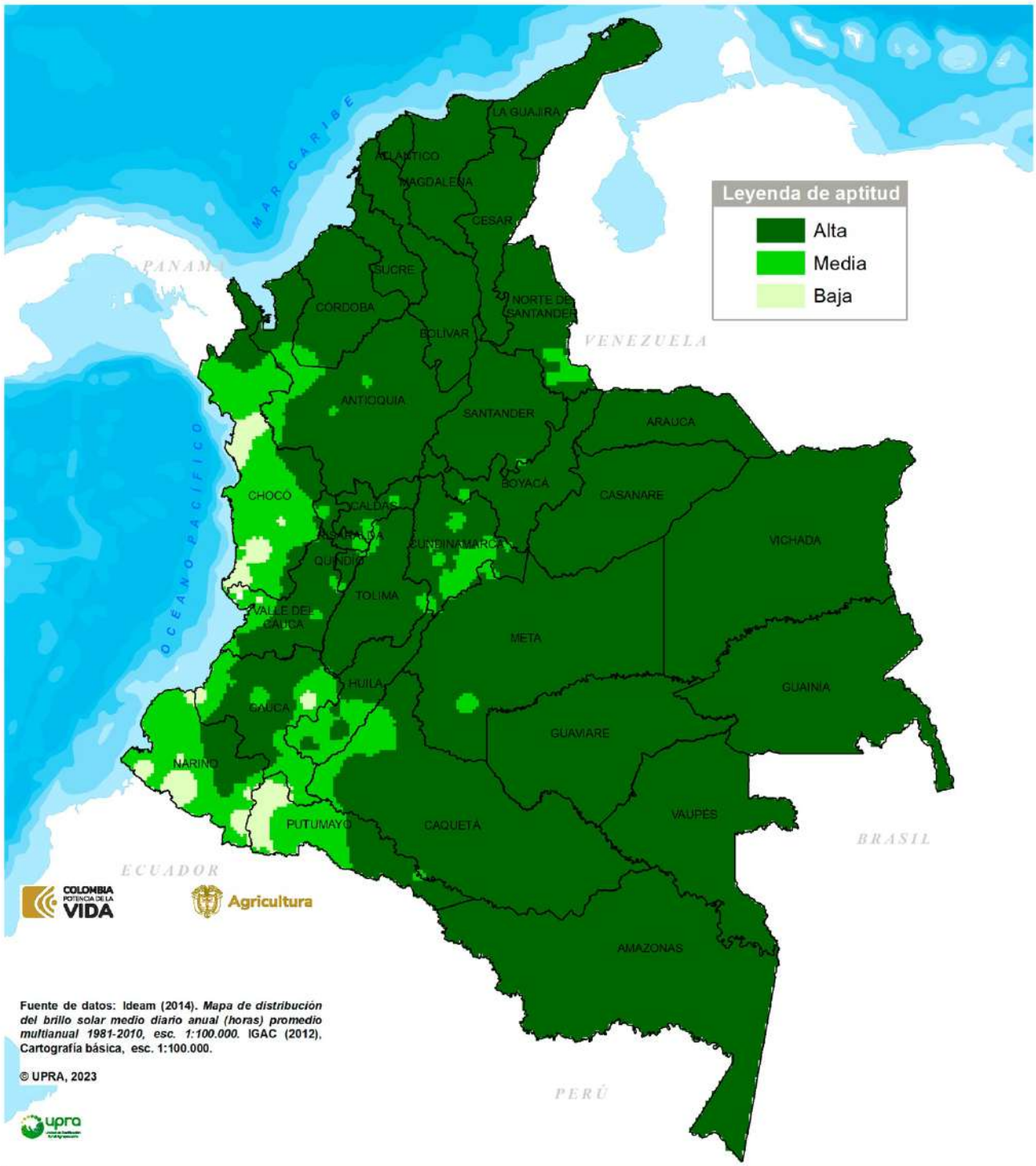
Distribución del brillo solar medio diario anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones climáticas*
Variable *brillo solar medio diario anual*

1.2. Criterio *capacidad de laboreo*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *capacidad de laboreo*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Pendiente, expresada en rangos de pendiente (%).

Textura, expresada en clases texturales.

Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

Definición

Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y condiciones que permitan el establecimiento del cultivo para el posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha. Las labores se pueden realizar de forma manual, con tracción animal o mecanizadas (FAO, 2020).

Importancia del criterio

Incide en la realización de las labores culturales, tanto manuales como mecanizadas, que abarcan la preparación del lote, el trazado, el ahoyado, el trasplante, el establecimiento de tutores, las limpias, las fumigaciones, los fertilizaciones y la cosecha.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, en cuyas variables se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad en la unidad. Esto significa que existen áreas con calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideró que en pendientes mayores al 75 % no es viable el establecimiento de cultivos de granadilla, ya que dificultan las labores manuales e impiden las actividades, especialmente, las que tiene que ver con el uso de la maquinaria.

Metodología de procesamiento de la información

Los datos para las variables que conforman este criterio se obtuvieron de la información del mapa nacional de correlación de suelos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2014), que corresponde a los límites de variación de la pendiente, la fase de pedregosidad y las clases texturales, como se presentan a continuación:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Pendiente	Porcentaje (%)	≤25	25-50	50-75	>75
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L	A, AF, Ar	—
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad		Con fase de pedregosidad	—

Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud se obtuvo tomando las tres variables y comparando los rangos de aptitud entre sí mediante un árbol de decisión. Los suelos clasificados como *oxisoles*, *ultisoles* y los subgrupos *oxic* tuvieron una calificación de A2, ya que, al contener arcillas de relación 1:1 y óxidos de hierro y aluminio, fueron menos pegajosos, por lo que el laboreo se torna más satisfactorio. El argumento para discriminar los niveles de aptitud derivó de la limitación que cada variable representó en el manejo de los suelos, ya que reduce las posibilidades de buena preparación de los cultivos con deficiencias en el desarrollo y con dificultades para la cosecha, como se expone en la siguiente tabla:

Árbol de decisión del criterio			
Pendiente	Pedregosidad	Textura	Aptitud
≤25	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A1
		FAr, ArA, ArL, L	A1
		A, AF, Ar	A3
		(oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*)	A2
	Pedregoso	Cualquiera	A3
De >25 a ≤50	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A2
		FAr, ArA, ArL, L	A2
		A, AF, Ar	A3
		(oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*)	A2
	Pedregoso	Cualquiera	A3
50-75	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A3
		FAr, ArA, ArL, L	A3
		A, AF, Ar	A3
		(oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*)	A3
	Pedregoso	Cualquiera	A3
>75	Cualquiera	Cualquiera	N1

Fuentes de información

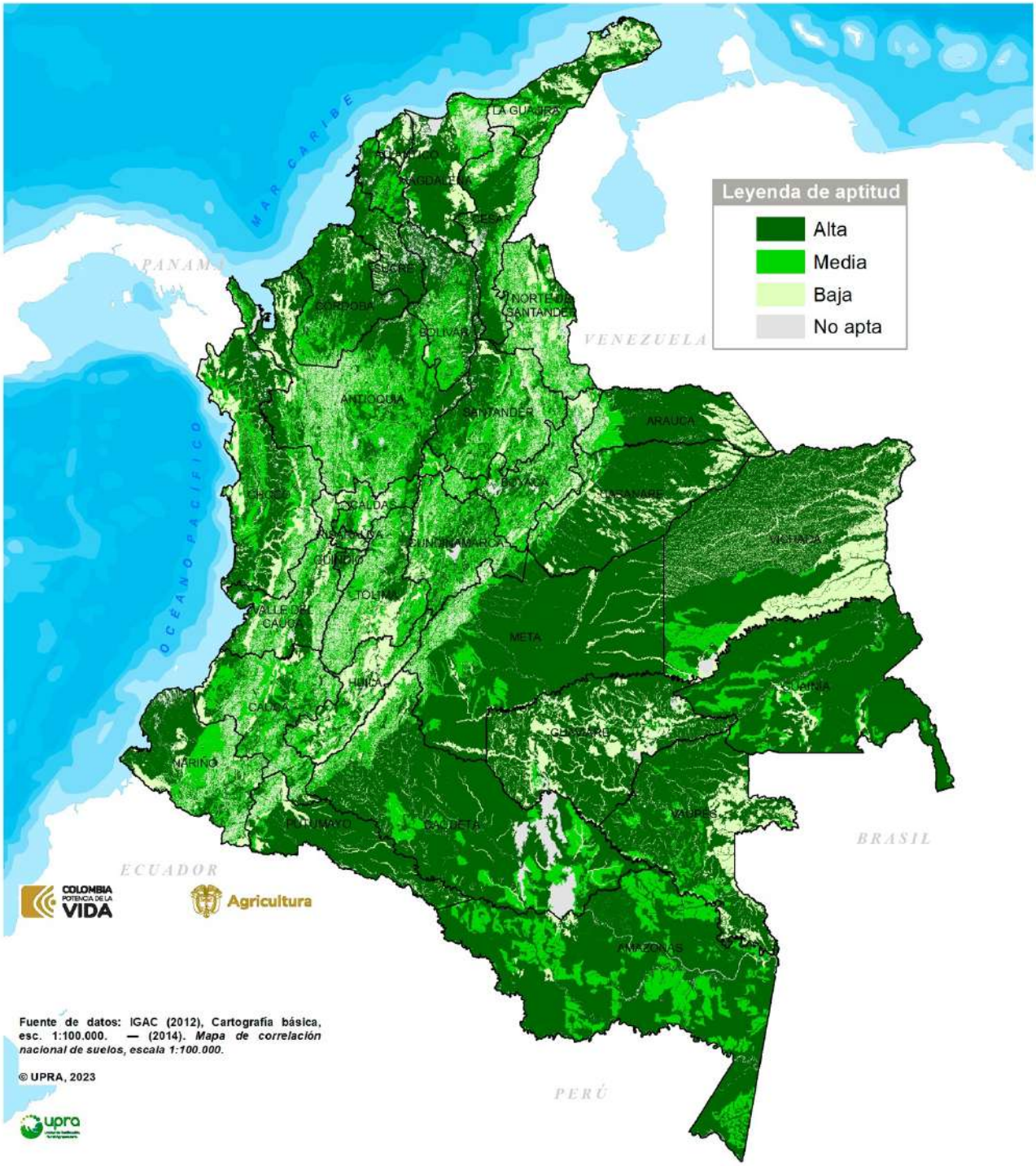
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2020). *Mecanización agrícola sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). https://n9.cl/aljdu

Representación cartográfica del criterio



Criterio *capacidad de laboreo*

1.2.1. Variable *pendiente*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
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 [SSSA], 2018).

Importancia de la variable

Afecta directamente la movilidad y la eficiencia en la adecuación, preparación, mantenimiento y cosecha de la granadilla. 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, sobre todo en lo que se refiere a la construcción de espalderas y emparrados, posterior a la cosecha de la fruta.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideró que la pendiente no es apta (N1) para los cultivos de granadilla cuando es mayor al 75 %.

Limitantes de la evaluación de la variable

El uso de las fases cartográficas por pendiente a la escala 1:100.000 implicó 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, la forma y el gradiente se manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

Clase compuesta	Porcentaje (%)
Plana	0-3
Ligeramente ondulada	3-7
Moderadamente ondulada o ligeramente quebrada	7-12
Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada	12-25
Ligeramente escarpada o fuertemente quebrada	25-50
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	>75

El proceso de generación del mapa de pendientes consistió en usar las fases de pendiente de hasta el 75 % del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), a partir de lo cual se utilizaron los mismos rangos, pero originados en el modelo de elevación (DEM) de 30 metros.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Basados en los rangos considerados (Rivera *et al*, 2002; Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI-PERÚ], 2013), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de los datos de laboratorio que aparecen en los perfiles modales contemplados en la base de datos (ver siguiente tabla).

Acidez (pH)	Aptitud
≤25	Alta (A1)
25-50	Media (A2)
50-75	Baja (A3)
>75	N1

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los productores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

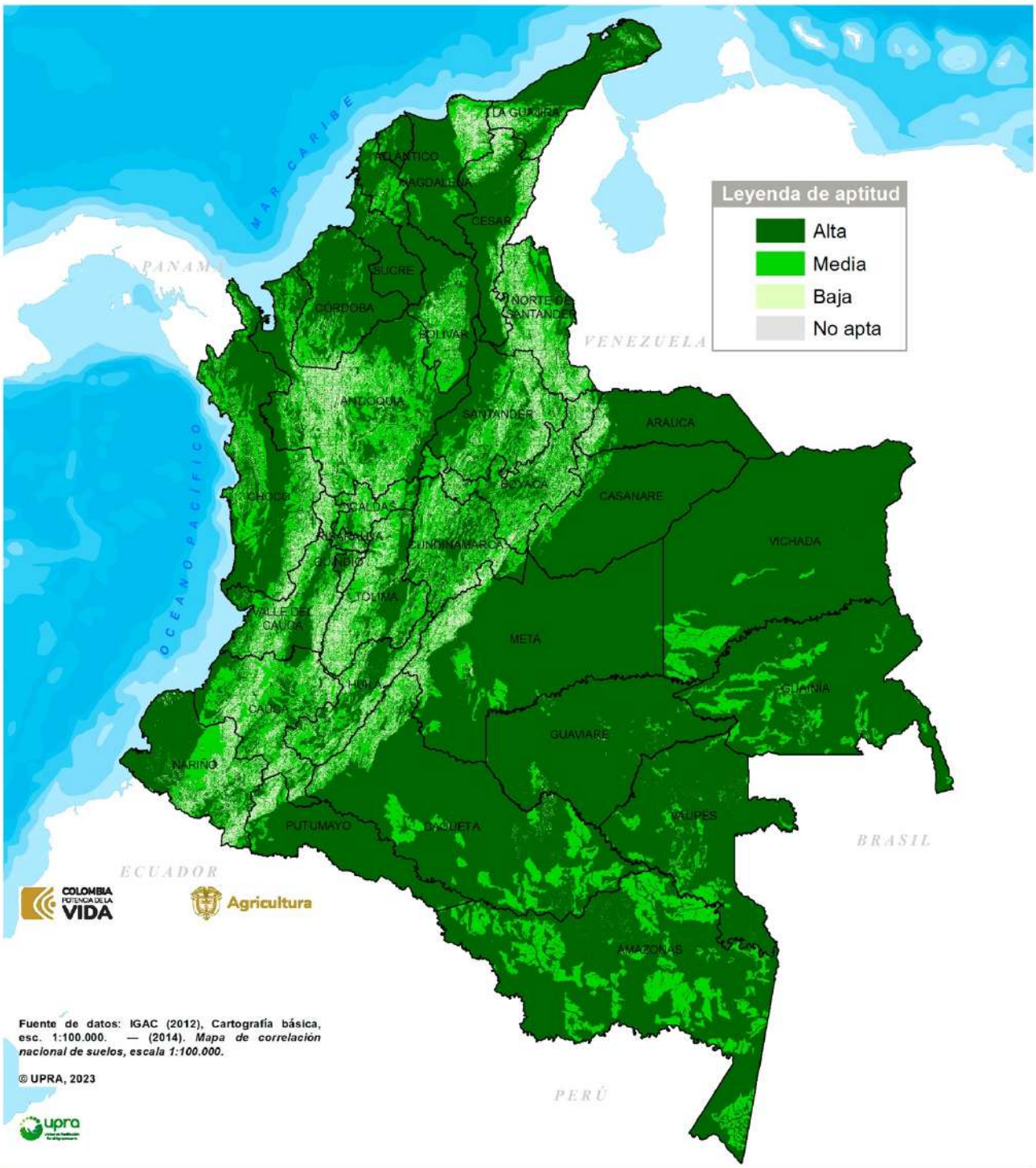
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Soil Science Society of America (2018). Glossary of soil science terms. *Term of the week: udalfs*. Soil Science Society of America (SSSA). https://n9.cl/1sbib

Representación cartográfica de la variable



Criterio *capacidad de laboreo*
Variable *pendiente*

1.2.2. Variable *textura*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *capacidad de laboreo*		
Variable: *textura*	Unidad de medida: cualitativa (clase de textura)	
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 dos milímetros (Malagón y Montenegro, 1990).

Importancia de la variable

Se relaciona con la consistencia, que determina la resistencia del suelo a romperse y a la deformación en los estados de humedad que afectan los requerimientos de potencia de los implementos. Para que los éstos penetren con facilidad en el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Los 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 restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Aunque los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo para el uso de implementos manuales o de maquinaria, no se excluyó alguna clase textural.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta la 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.

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 calificó según el comportamiento de la textura cuando se remueve el suelo, especialmente en cuanto a la pegajosidad, a las facilidades de labranza y a la susceptibilidad a la compactación. La variable se calificó de acuerdo con el triángulo textural que se expone en la siguiente tabla:

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Teniendo en cuenta las mejores texturas de los suelos para las pasifloras (Rivera *et al*., 2002; Martín *et al*., 2009; Fischer *et al*., 2009; Bernal, 2009; Melgarejo *et al*., 2015), las clases texturales cuyas prácticas de laboreo se pueden hacer satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo ni a los implementos de la maquinaria se determinaron con aptitud alta (A1). Las clases texturales con aptitud moderada (A2) correspondieron a las que presentaron altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (oxisoles, ultisoles y subgrupos *oxic*) se incluyó en la aptitud media (A2) por la baja pegajosidad. Las clases texturales con aptitud baja (A3) correspondieron a las gruesas, porque facilitan la compactación del suelo, desgastan con mayor rapidez las herramientas y no permiten la construcción de surcos: lo propio correspondió a la clase arcillosa cuando ésta tuvo proporción mayor al 60 %, lo cual correspondió a suelos vertisoles e integrados vérticos, como se puede observar a continuación:

Rangos de aptitud	
Textura	**Aptitud**
F, FL, FA, FArA, FArL	Alta (A1)
FAr, ArA, ArL, L, orgánicos (oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*, arcillosos)	Media (A2)
A, AF, Ar	Baja (A3)

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Jaramillo, J., Cárdenas, J. y Orozco, J. (2009). *Manual sobre el cultivo del maracuyá (Passiflora edulis) en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/13329

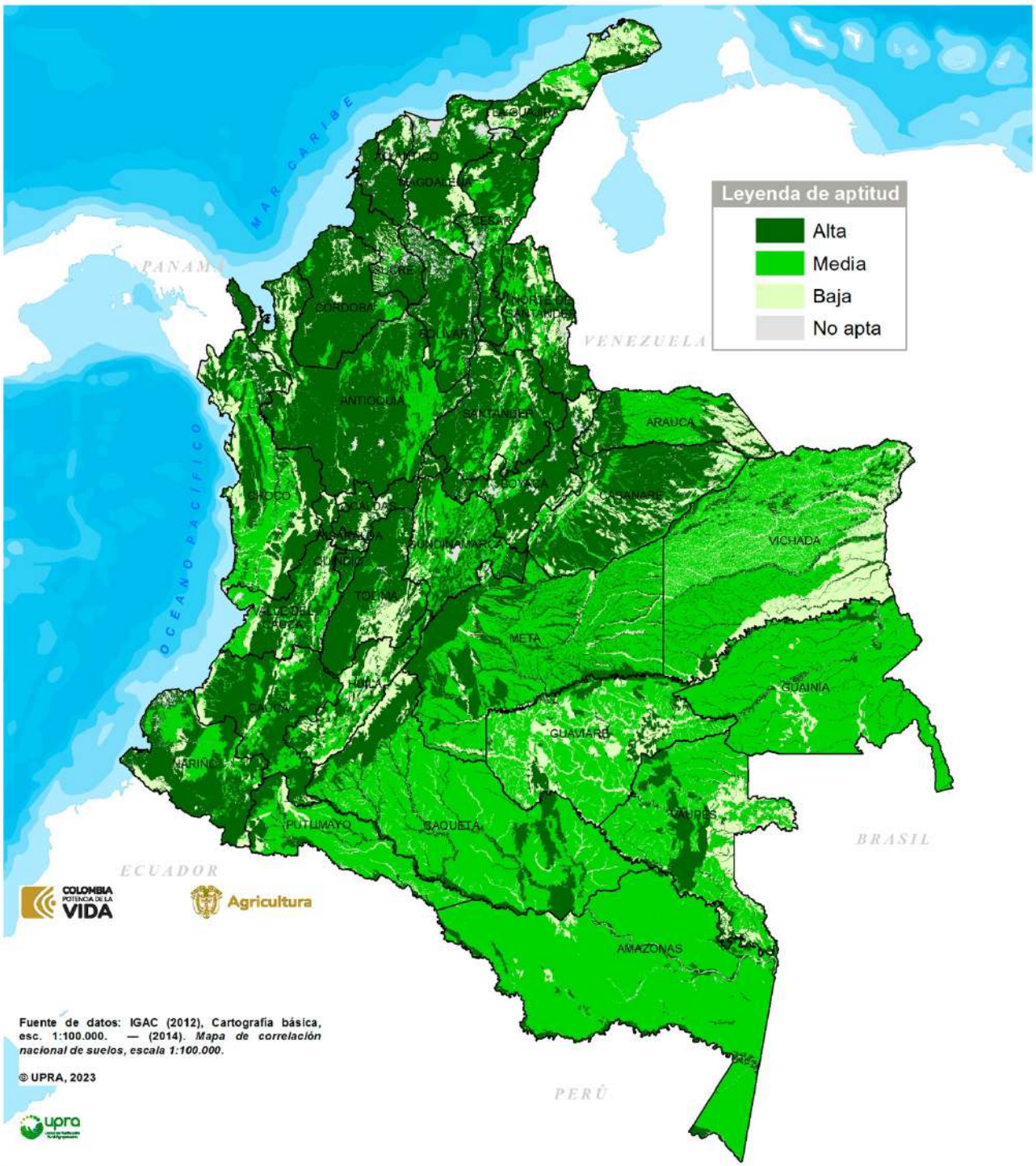
Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria, R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Representación cartográfica de la variable



Criterio *capacidad de laboreo*
Variable *textura*

1.2.3. Variable *pedregosidad*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *capacidad de laboreo*		
Variable: *pedregosidad*	Unidad de medida: cualitativa (fase cartográfica)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Fragmentos de roca de dos o más milímetros de diámetro. Se reconocen, de acuerdo con su tamaño, como *grava*, *guijarro*, *piedra* y *bloques* (Van Wambeke y Forbes, 1987).

Importancia de la variable

Incide en la integridad de los implementos agrícolas, por lo que limita las prácticas de laboreo y disminuye el área útil por unidad de superficie. En la medida en que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se dificultan las labores de adecuación de las tierras y demás prácticas culturales, como la elaboración de los drenajes o surcos, el diseño de la siembra y la cosecha de los frutos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No se consideró rango de exclusión (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.

Limitantes de la evaluación de la variable

La principal limitante para la evaluación de esta variable fue la forma como se encuentra registrada la información en el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), pues solamente aparece la fase pedregosa, pero 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 aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, con fase pedregosa pero sin especificar los rangos por porcentaje de pedregosidad.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La asignación de rangos correspondió a la misma fase cartográfica de pedregosidad, es decir, a la fase pedregosa y sin fase de pedregosidad —expresión que indica tácitamente que no hay pedregosidad—. Las tierras con fase pedregosa, o sea, con más de 35 % por volumen, se calificaron con aptitud A3, dadas las limitaciones que presentó en el manejo de los suelos y en el manejo de los cultivos comerciales de granadilla, como se puede contemplar en la siguiente tabla:

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

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto a Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Van Wambeke, A. y Forbes, T.R. (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas: monografía técnica 15*. Cornell University, Department of Agronomy.

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

Representación cartográfica de la variable

Criterio *capacidad de laboreo*
Variable *pedregosidad*

1.3. Criterio *disponibilidad de nutrientes*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *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 para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores de crecimiento, como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física, son favorables (United States Department of Agriculture [USDA], 1961).

Importancia del criterio

Considera las relaciones químicas en la zona radicular del suelo frente a la absorción de nutrientes disponibles para el desarrollo de las plantas. Estas relaciones, según las unidades de tierra a escala 1:100.000, están en función del pH, de la capacidad de intercambio catiónico, de la saturación de bases y del contenido de carbono orgánico (FAO, 1976). El criterio, que contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes, se relaciona con los contenidos en el suelo de elementos denominados *mayores*, *secundarios* y *menores*, esenciales para las plantas de la granadilla. Si los suelos tienen una saturación de bases alta, una capacidad de intercambio catiónico alta y un pH adecuado, las plantas obtienen los nutrientes del suelo de forma fácil y oportuna, lo cual se reflejará en el buen desarrollo de los cultivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 son asociaciones, cuyas variables que conforman el criterio calificaron el componente taxonómico de mayor representatividad en la unidad. Esto significa que en la unidad existen áreas pequeñas con aptitud diferente al componente calificado. En los análisis de los estudios generales de suelos se encuentran sólo los contenidos de los elementos mayores y las variables que responsables del almacenamiento, como la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y el pH como factor que determina la disponibilidad de cada elemento.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Como exclusión se encontraron los suelos denominados *histosoles*, los cuales se calificaron como *no aptos* (N1), debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente, los suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos, es decir, no han sido drenados ni mecanizados. Esto deriva en la pérdida de biodiversidad y de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono y fijación de nitrógeno.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) según la tabla siguiente:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Acidez	pH	5,5-6,5	4,5-5,4; 6,6-7,5	<4,5; >7,5	—
Saturación de bases	%	>35	10-35	<10	—
Carbono orgánico	%	De >2,9 a ≤10,0; andisoles de >2,9 a ≤15	De ≥ 1,7 a ≤ 2,9 y > 10,0; andisoles >15	<1,7	Histosoles
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	>20	10-20	<10	—

Los rangos de aptitud de cada una de las variables estudiadas se determinaron de acuerdo tanto con las consultas al gremio de los cultivadores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para discriminar los 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 la limitación que representan en el desarrollo del cultivo de la granadilla, a saber: acidez: 30 %; capacidad de intercambio catiónico: 20 %; saturación de bases: 10 %; y carbono orgánico: 40. Se determinó que los suelos andisoles tuvieron una calificación diferente, ya que, en condiciones naturales, suelen presentar altos contenidos de carbono orgánico, como se puede percibir en la tabla de abajo:

Árbol de decisión del criterio				
Acidez (pH)	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación de bases	Carbono orgánico	Aptitud
De ≥5,5 a ≤ 6,5	>20	>35	De >2,9 a ≤10;	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15;	A1
			de ≥1,7 a ≤2,9	A1
			>10	A1
			Andisoles >15	A1
			<1,7	A2
		De ≥ 10 a ≤ 35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A2
		<10	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
	De ≥10 a ≤20	>35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		De ≥10 a ≤ 35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		<10	De >2,9 a ≤10	A1

			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
	<10	>35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A1
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		De ≥10 a ≤ 35	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		<10	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A3
			<1,7	A3
De ≥4,5 a ≤5,4; De ≥6,6 a ≤7,5	>20	>35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		De ≥10 a ≤35	De >2,9 a ≤10	A1
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A1
			De ≥1,7 a ≤2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3

		<10	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
	De ≥10 a ≤20	>35	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A2
			>10	A2
			Andisoles >15	A2
			<1,7	A3
		De ≥10 a ≤35	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A3
			<1,7	A3
		<10	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A3
			<1,7	A3
	<10	>35	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A3
			<1,7	A3
		≥De 10 a ≤35	> 2,9 - ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤ 2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A1

			<1,7	A3
		<10	De >2,9 a ≤10	A2
			Andisoles de >2,9 a ≤15	A2
			De ≥1,7 a ≤2,9	A3
			>10	A3
			Andisoles >15	A3
			<1,7	A3
<4,5; >7,5	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	N1
—	Histosoles			N1

Fuentes de información

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1976). *A framework for land evaluation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). https://edepot.wur.nl/149437

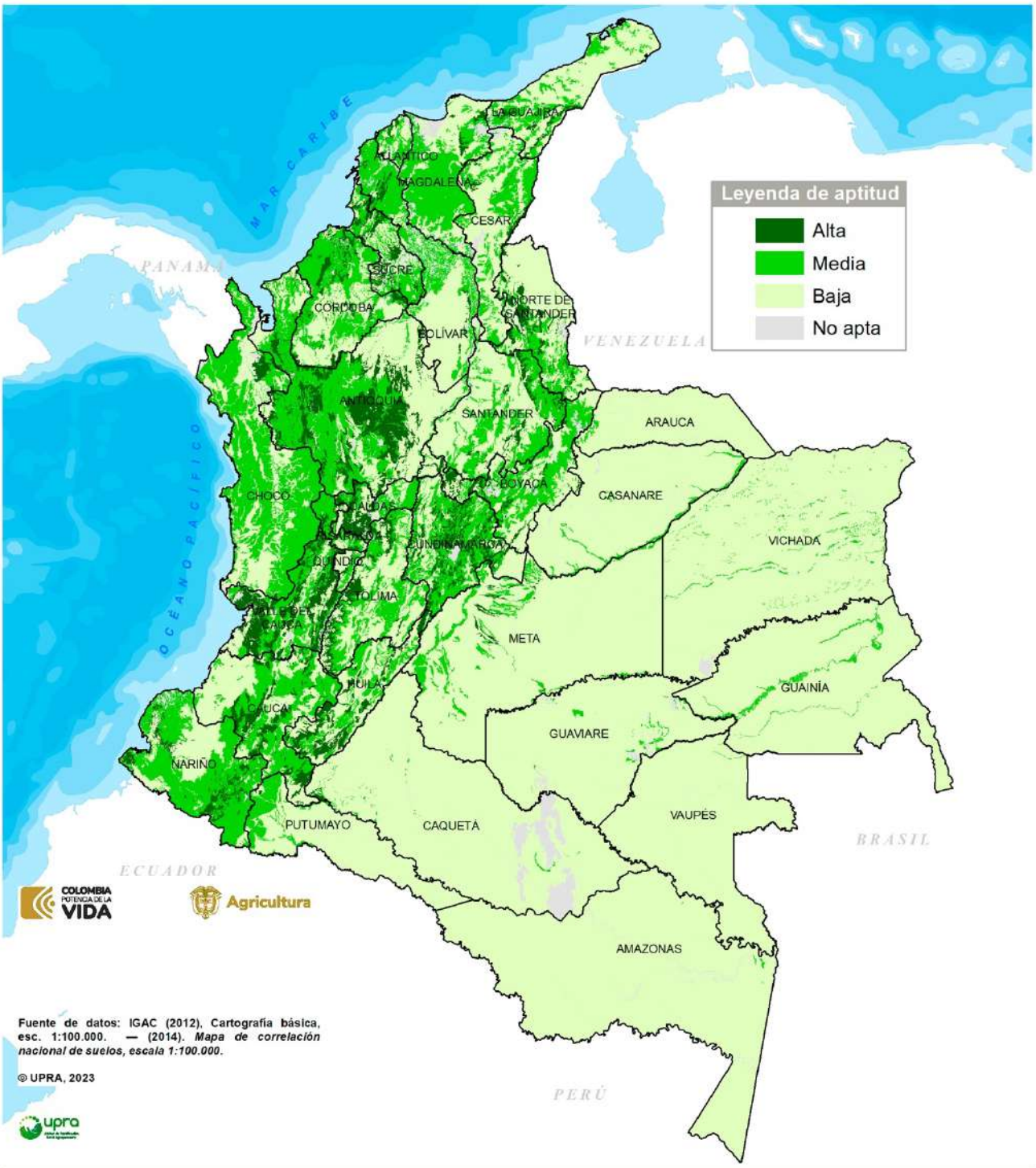
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.° 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Representación cartográfica del criterio



Criterio *disponibilidad de nutrientes*

1.3.1. Variable *acidez (pH)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
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

Concentración de iones hidrógeno (H^+) e iones hidróxido (OH^-) en la solución del suelo. Define el grado de acidez o alcalinidad de un suelo expresado como un valor que oscila entre los valores de 0 y 14 de pH (SSSA, 2018). El término *pH* fue introducido por Sørensen en 1909 para expresar las actividades de los iones de hidrógeno (αH^+) como una función logarítmica. El pH puede definirse como sigue:

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

Un suelo ácido tiene una concentración de iones de hidrógeno mayor a 10-7 o un pH menor de 7. Sin embargo, la acidez del suelo con limitantes para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, sólo adquiere importancia cuando el pH es menor a 5,5 (Garavito, 1979).

Importancia de la variable

El pH es una de las propiedades físico-químicas más importantes de los suelos, pues de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que determina la solubilidad y controla la actividad microbiológica, o sea, la mineralización de la materia orgánica. Influye sobre la concentración de iones y de sustancias tóxicas, la CIC de suelos, las raíces y las enfermedades de las plantas (Garavito, 1979). El pH del suelo es determinante para la disponibilidad de los iones nutritivos, pues incide en el crecimiento vegetal gracias a la disponibilidad de nutrientes cuyos valores extremos de pH pueden provocar la precipitación y permanencia en formas no disponibles para las plantas. En el proceso fisiológico de absorción de nutrientes de las raíces, todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH, fuera de los cuales la absorción se dificulta. Si los valores de pH son extremos, se deteriora el sistema radical o surgen toxicidades por la excesiva absorción de elementos fitotóxicos. La actividad microbiana es indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No se consideraron rangos no aptos (N1) para el cultivo de la granadilla, pues los valores extremos se corrigen con enmiendas, aunque represente incrementar los costos de producción.

Limitantes de la evaluación de la variable

Dado que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, en donde existen áreas con pH y clase de aptitud diferente al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

Se tomaron los rangos de pH del manual codificado de reconocimiento de suelos (IGAC, 2010), los cuales se clasificaron de la siguiente manera:

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Basados en los rangos considerados (Rivera *et al.*, 2002; Fischer *et al.*, 2009; Bernal, 2009; SENAMHI-PERÚ, 2013; Melgarejo *et al.*, 2015), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de los datos de laboratorio que aparecen en los perfiles modales considerados en la base de datos, como se muestra a continuación:

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

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los productores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed). Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), Subdirección Agrológica.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

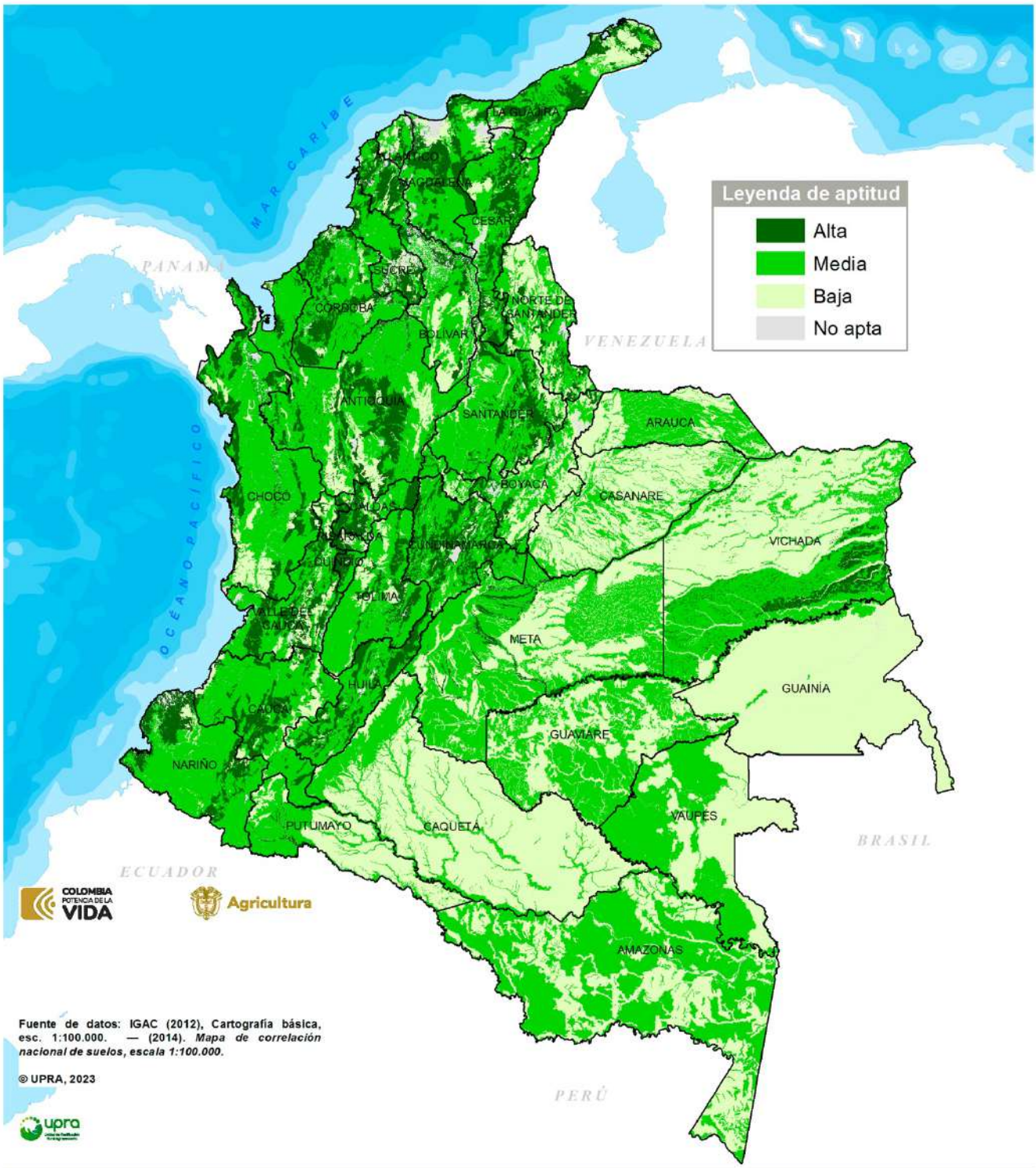
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de nutrientes*
Variable *acidez (pH)*

1.3.2. Variable *saturación de bases*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de nutrientes*		
Variable: *saturación de bases*	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

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 sólo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a pH 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (SSSA, 2018).

Importancia de la variable

Estima la cantidad de los elementos nutrientes (bases) del suelo, la cual determina el manejo químico de las tierras y la productividad natural. El contenido alto de saturación de bases indicó que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos para las plantas. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la capacidad de intercambio catiónico es elevada. Cuando, en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, debe adicionarse fertilizantes, lo que implica un aumento de los costos de producción. La saturación de bases cambiables, calculada mediante la proporción que ocupan en la CIC, disminuye a medida que aumenta el grado de lavado y el intemperismo de los suelos (Malagón, 1995).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

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

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, en el que se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad. Esto significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturación de bases y aptitud diferente al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

La variable se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales. Se tomó como base la siguiente tabla de consideraciones para interpretar el análisis de suelos (IGAC, 2010):

Saturación de bases	Apreciación
>35	Alto
10-35	Medio
<35	Bajo

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos estimados de la variable para el cultivo de la granadilla fueron los siguientes:

Rangos de aptitud	
Saturación de bases	Aptitud
>35	A1
10-35	A2
<10	A3

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los productores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

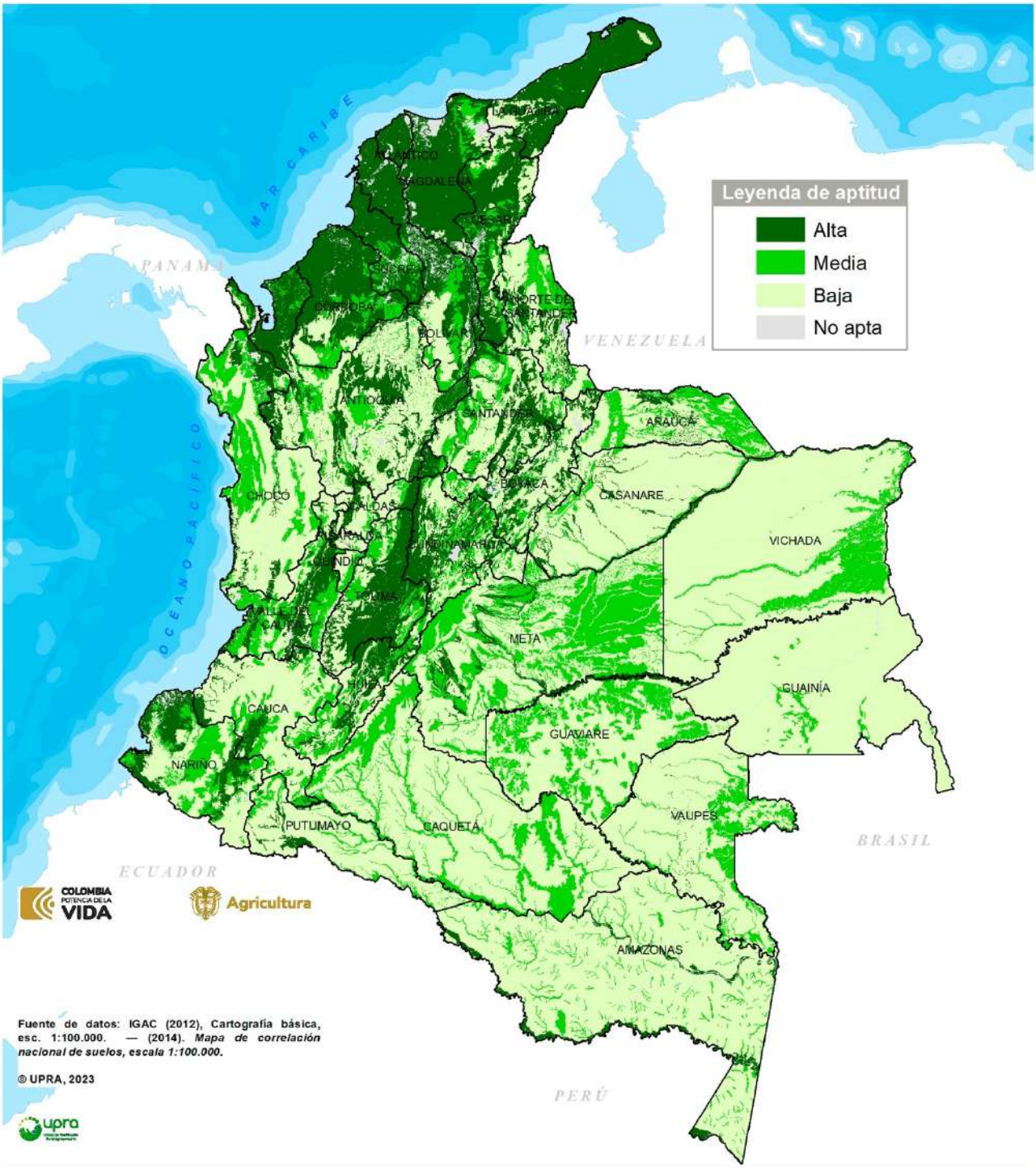
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Soil Science Society of America (2018). Glossary of soil science terms. *Term of the week: udalfs*. Soil Science Society of America (SSSA). https://n9.cl/1sbib

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de nutrientes*
Variable *saturación de bases*

1.3.3. Variable *carbono orgánico*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de nutrientes*		
Variable: *carbono orgánico*	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental, es decir, como carbón vegetal, grafito o carbón (Jackson, 1958).

Importancia de la variable

El carbono orgánico del suelo es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por lo que 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 al factor biológico, el carbono proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo: heterótrofos en forma de carbono lábil, es decir, hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular (Borie *et al*., 1999).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Como exclusión se encontraron los suelos denominados *histosoles*, los cuales se calificaron como no aptos (N1) debido a la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente, suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos, o sea: no han sido drenados ni mecanizados. Esto deriva en la pérdida de biodiversidad y de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono y fijación de nitrógeno.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

La variable se construyó a partir del contenido de carbono orgánico registrado en la información de los resultados de laboratorio de suelos, que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos, y de los órdenes taxonómicos de suelos que presentan relación con el carbono orgánico, como los histosoles y los andisoles (IGAC, 2014). Los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se tomaron de los horizontes superficiales del perfil modal. Se tuvo en cuenta la tabla para el cálculo de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), la cual discriminó los contenidos de acuerdo con el clima donde se encuentra, considerando que la granadilla se encuentra entre un clima templado y el transicional frío, como se puede observar a continuación:

Carbono orgánico (%) Clima medio					
Rango	≤0,5	0,6-1,7>7,6	1,8-2,9;6,5-7,6	3,0-4,1;5,4-6,5	4,2-5,3

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para asignación de los valores de aptitud para la variable se construyeron teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo (Fischer *et al.*, 2009; Bernal, 2009; SENAMHI-PERÚ, 2013; Melgarejo *et al.*, 2015) de la siguiente forma:

Rangos de aptitud	
Saturación de bases	Aptitud
De >2,9 a ≤ 10,0; andisoles ≤15	Alta (A1)
1,7-2,9; >10,0; andisoles >15	Media (A2)
<1,7	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

Los andisoles e histosoles tuvieron calificaciones diferentes porque en condiciones naturales tienen altos contenidos de materia orgánica. Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Borie, G. Aguilera, S.M. y Peirano, P. (1999). Actividad biológica en suelos. *Frontera Agrícola 5*(1-2), 29-32. https://n9.cl/0ffpk

Dirección Nacional de Planeación (2016). *Plan nacional de adaptación al cambio climático: líneas de acción prioritarias para la adaptación al cambio climático en Colombia.* Dirección Nacional de Planeación (DNP), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social (MADS), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), Parques Nacionales Naturales (PNN), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). https://n9.cl/frsn0

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

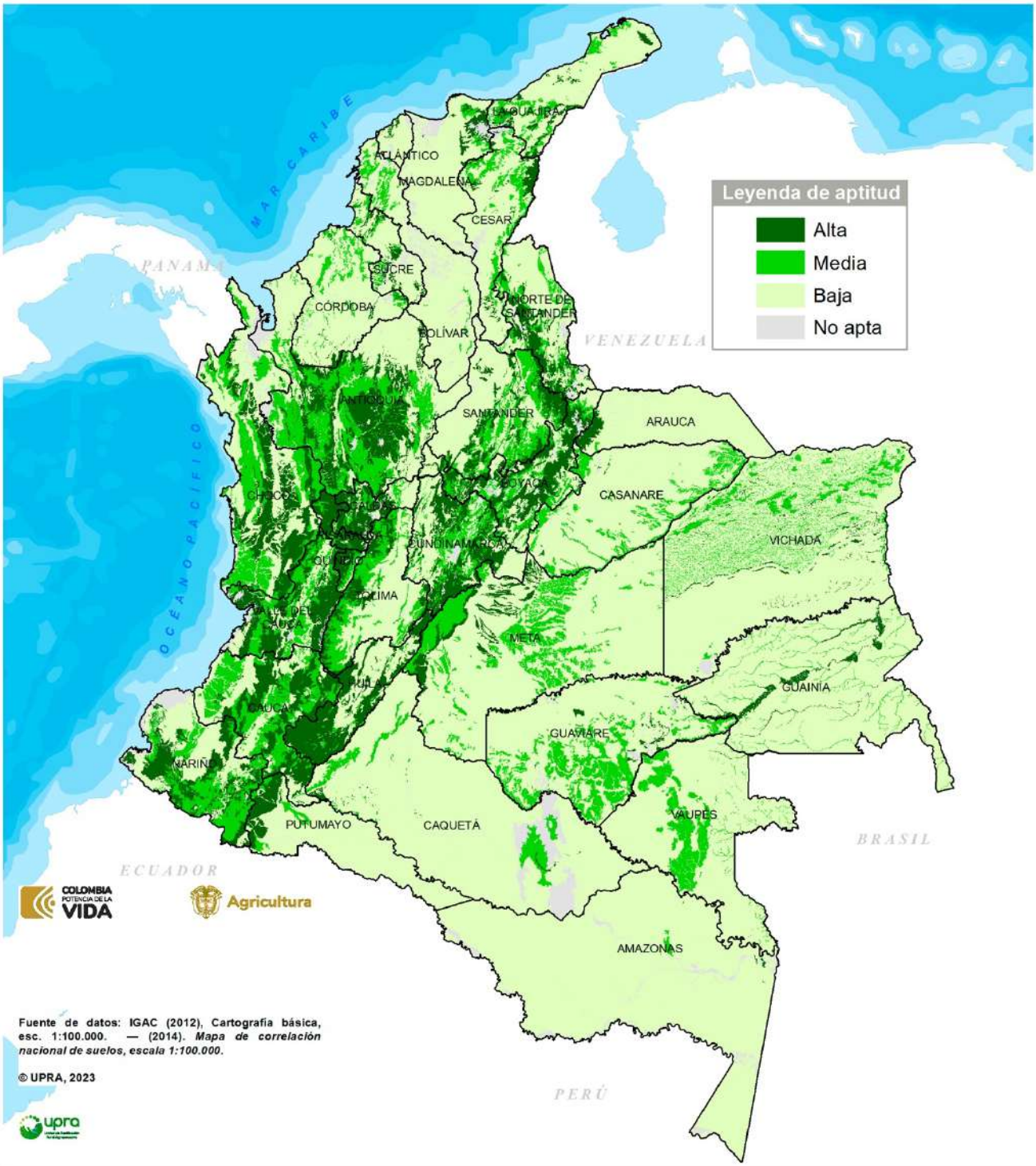
Jackson, M.L. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs.

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Soil Science Society of America (2018). Glossary of soil science terms. *Term of the week: udalfs*. Soil Science Society of America (SSSA). https://n9.cl/1sbib

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de nutrientes*
Variable *carbono orgánico*

1.3.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de nutrientes*		
Variable: *capacidad de intercambio catiónico (CIC)*	Unidad de medida: cmol/kg de suelo	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

De conformidad con Chapman (Malagón y Montenegro, 1990), los cationes retenidos tanto en la superficie de los minerales del suelo como dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos pueden ser reversiblemente reemplazados por los cationes de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico, que suele expresarse en miliequivalentes por 100 gramos de suelo, en centimoles por kilogramo (cmol/kg) de suelo o en milimoles de carga por kilogramo del suelo o del material edáfico al que se le determinó.

Importancia de la variable

La capacidad de intercambio de cationes y aniones es una característica importantes del suelo, ya que no sólo determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal, sino que también constituye gran parte de la capacidad reguladora del medio (Cortés y Malagón, 1984). Por su influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, la CIC es un indicador de la fertilidad de los suelos al controlar la disponibilidad de nutrientes para las plantas de la granadilla e intervenir en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla, así como en la estructura y estabilidad de los agregados. El suelo retiene los elementos denominados tanto *mayores* (N, P, K) y *secundarios* (Ca, Mg y S), como los *menores* o *micronutrientes* (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición de las plantas. Es indicativo de la capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o de amortiguarse contra ellos—. Los suelos con baja CIC retienen pocos cationes, por lo que requieren dosis más frecuentes de fertilizantes que los suelos con alta (Cortés y Malagón, 1984).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

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

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones. Se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, lo que significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen CIC de diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

La variable se obtuvo a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los valores de CIC se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales. Para asignar las calificaciones, se consideró la interpretación de los análisis de suelos (IGAC, 2010), como se muestra en la siguiente tabla:

CIC (cmol/kg de suelo)	Apreciación
≥20	Alta
10-20	Media
<10	Baja

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los límites de variación se conforman tomando los valores considerados en la tabla original de la siguiente forma:

Rangos de aptitud	
Saturación de bases	Aptitud
≥20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

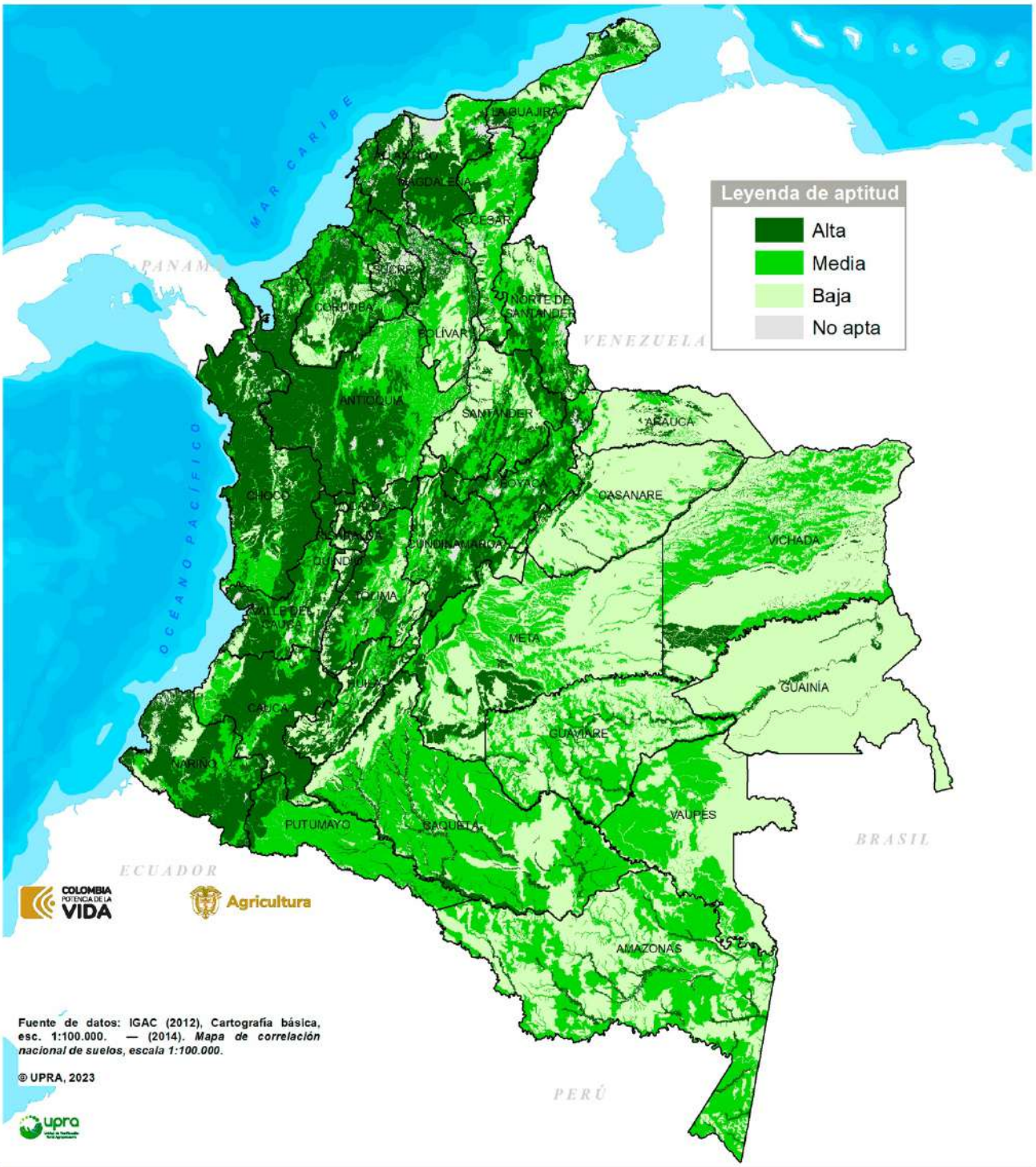
Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de nutrientes*
Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

1.4. Criterio *condiciones de enraizamiento*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *condiciones de enraizamiento*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Profundidad efectiva, expresada en centímetros.

Textura, expresada en clases de texturas.

Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

Definición

Conjunto de características físicas del suelo que permiten el buen desarrollo de las raíces de las plantas de la granadilla y que derivan en la formación adecuada tanto de las plantas como de los frutos.

Importancia del criterio

En la medida en que las raíces puedan explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico adecuado, mayores son las posibilidades para abastecerse de agua y de nutrientes, de lo cual depende el normal desarrollo de las plantas y de los frutos de la granadilla. Cuando las raíces encuentran un medio propicio para crecer, como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad que cause daños o impida la formación de las raíces y profundidad radicular adecuada, el desarrollo de los cultivos y la fructificación se llevan a cabo satisfactoriamente.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, en las que, 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 unidad existen áreas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideraron suelos no aptos (N1) en los que no es viable el establecimiento de cultivos de la granadilla cuando en el suelo hay contactos líticos o pétricos a menos de 50 centímetros de profundidad.

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, según la siguiente tabla:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Profundidad efectiva	cm	>50	25-50	<25	Subgrupos *lithic*, *petroferric*, *petrocalcic*, *petrogypsic*
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr	A, AF, L, ArA	Ar, ArL	—
Pedregosidad	Fase cartográfica	No pedregoso		Pedregoso	—

Los subgrupos *lithic*, *petroferric*, *petrocalcic* y *petrogypsic* corresponden a suelos con capas coherentes dentro los primeros 50 centímetros de profundidad, lo suficientemente endurecidas como para impedir la excavación. Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto a Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se tomaron las tres variables y se calificaron de acuerdo con la limitación que cada una representa en el adecuado enraizamiento de las plantas de granadilla. El argumento para discriminar los niveles de aptitud se asoció a la limitación que cada variable representa en el desarrollo de los cultivos, ya que reduce las posibilidades de una buena formación de raíces, plantas y frutos, como se muestra a continuación:

Árbol de decisión del criterio			
Profundidad (cm)	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	No pedregoso	A1
		Pedregoso	A3
	A, AF, L, ArA	No pedregoso	A1
		Pedregoso	A3
	Ar, ArL	No pedregoso	A3
		Pedregoso	A3

	(oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*)	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
Superficial	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
	A, AF, L, ArA	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
	Ar, ArL	No pedregoso	A3
		Pedregoso	A3
	(oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*)	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
Muy superficial	Cualquiera	Cualquiera	A3
Lithic, *petroferric*, *petrocalcic*, *petrogypsic*			N1

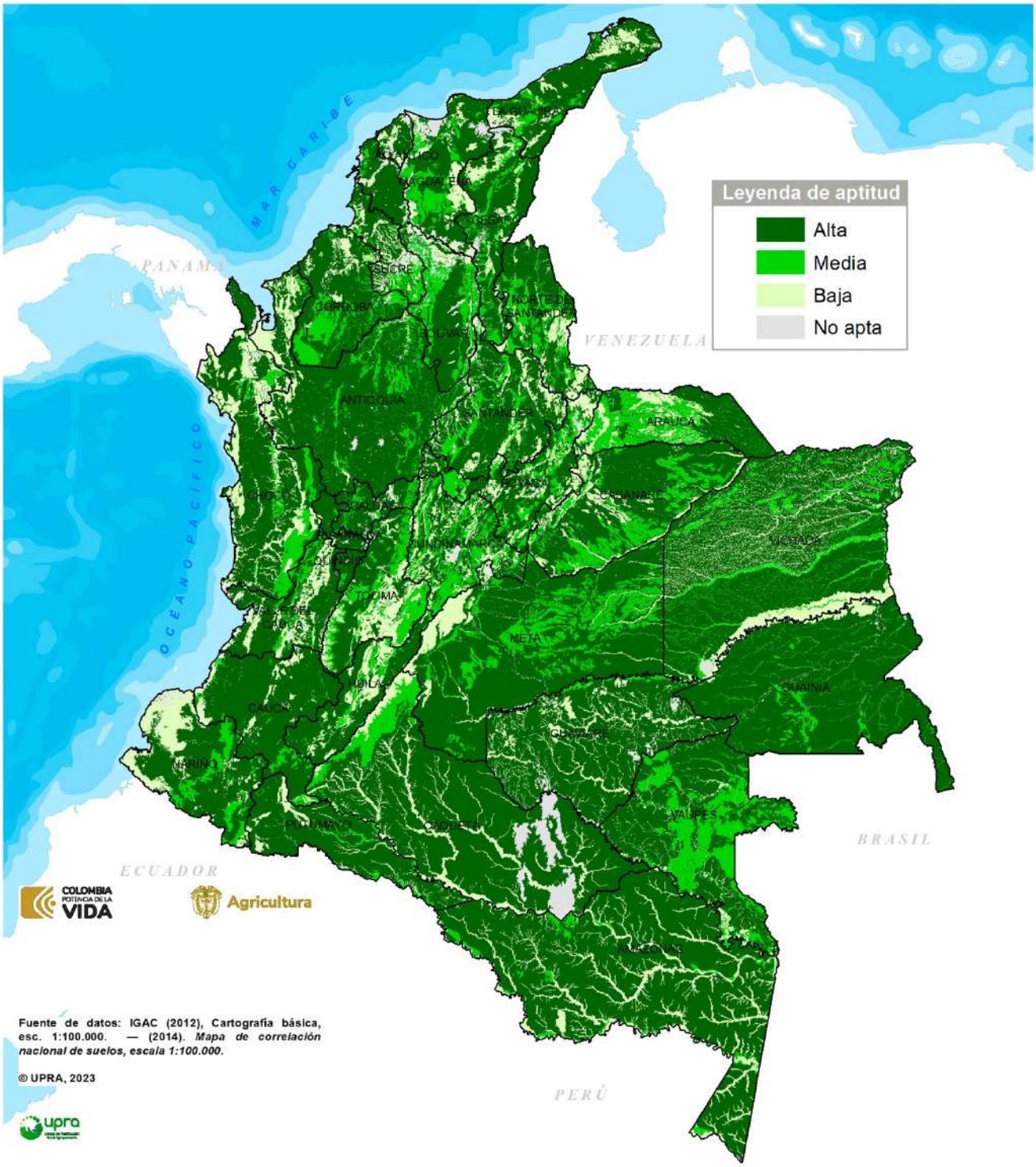
Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *condiciones de enraizamiento*

1.4.1. Variable *profundidad efectiva*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *condiciones de enraizamiento*		
Variable: *profundidad efectiva*	Unidad de medida: centímetros	
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 restricciones para obtener agua y nutrientes indispensables. Se define como la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (Klingebiel & Montgomery, 1961).

Importancia de la variable

Determina el espacio en el que las raíces puedan crecer, pues afecta el proceso de desarrollo de las plantas. En un suelo profundo, las plantas pueden encontrar mayor humedad, por lo que resisten mejor la sequía, ya que el suelo puede almacenar más agua. De igual manera, la planta puede tomar los nutrientes que están almacenados en los horizontes más profundos del suelo. Para los cultivos de la granadilla, se consideró que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 50 centímetros, libre de fragmentos gruesos y de contactos (líticos, petroférricos, petrocálcicos), debido a que las plantas necesitan suficiente espacio para su crecimiento. Otros elementos que afectan la profundidad efectiva son el hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones, los cuales se evalúan en otros criterios.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideraron suelos no aptos (N1) para el establecimiento de cultivos de granadilla cuando existen contactos líticos, petroférricos, petrocálcicos o petrogípsicos en las capas superiores de los suelos.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

En la determinación de los rangos de aptitud para la profundidad efectiva de los suelos, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas, como la presencia de roca continua y compacta, y los contactos pétricos, dado que otras, como los horizontes argílicos y compactados, pueden ser perforados con el uso de subsoladores y cinceles. De acuerdo con la clasificación definida por el IGAC (2010), para los estudios generales de suelos los límites de variación de la profundidad efectiva del suelo se establecieron 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 la granadilla (Rivera *et al*., 2002; Martínez *et al*., 2009; Fischer *et al*., 2009; Bernal, 2009; SENAMHI-PERÚ, 2013), se determinaron como tierras con *aptitud alta* (A1) los suelos con profundidad mayor a 50 centímetros; con *aptitud media* (A2), los suelos con profundidad de entre 25 y 50 centímetros; y con *aptitud baja* (A3), los suelos con profundidad menor a 25 centímetros. Se excluyeron las profundidades menores a 50 centímetros por contactos líticos y pétricos, porque el espacio físico no es suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas (ver tabla siguiente).

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
>50	Alta (A1)
25-50	Media (A2)
<25	Baja (A3)
Lithic, *petroferric*, *petrocalcic*, *petrogypsic*	No apto (N1)

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los productores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.° 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria, R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Representación cartográfica de la variable

Criterio *condiciones de enraizamiento*
Variable *profundidad efectiva*

1.4.2. Variable *textura*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *condiciones de enraizamiento*		
Variable: *textura*	Unidad de medida: cualitativa (clase de textura)	
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 un diámetro inferior a dos milímetros (Malagón y Montenegro, 1990; IGAC, 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 o permiten que circule el oxígeno que favorece la aireación. En suelos con texturas finas, las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos y las plantas de granadilla no se desarrollan satisfactoriamente; 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. La clase textural propicia los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No se excluyó ninguna clase textural para el desarrollo de los cultivos de granadilla, aunque los tipos de textura con altos contenidos de arcilla representaron mayor grado de dificultad para el desarrollo de las raíces.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales fueron asociaciones o complejos de suelos, en los que se calificó la clase textural en los horizontes superficiales del perfil más representativo. 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.

Metodología de procesamiento de la información

Se estimaron las clases texturales de acuerdo con la variable que se calificó según el triángulo textural de la siguiente tabla:

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Teniendo en cuenta las mejores texturas de los suelos para las pasifloras (Rivera *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2009; Fischer *et al.*, 2009; Bernal, 2009; Melgarejo *et al.*, 2015), las clases texturales cuyas raíces se desarrollan satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo se determinaron con *aptitud alta* (A1). Las clases texturales con *aptitud moderada* (A2) correspondieron a las que presentan bajos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (oxisoles, ultisoles y subgrupos *oxic*) se incluyeron en la *aptitud media* (A2) por la baja pegajosidad y buena porosidad. Las clases texturales con *aptitud baja* (A3) correspondieron a las finas, porque la baja porosidad total dificulta el crecimiento de las raíces, lo cual se asocia con otras propiedades físicas, como el movimiento del agua y del aire en el suelo, especialmente, cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, que corresponde a suelos vertisoles e integrados vérticos, como se muestra a continuación:

Rangos de aptitud	
Textura	**Aptitud**
F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr	Alta (A1)
A, AF, L, ArA, orgánicos (oxisoles, ultisoles, subgrupos *oxic*, arcillosos)	Media (A2)
Ar, ArL	Baja (A3)

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Jaramillo, J., Cárdenas, J. y Orozco, J. (2009). *Manual sobre el cultivo del maracuyá (Passiflora edulis) en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/13329

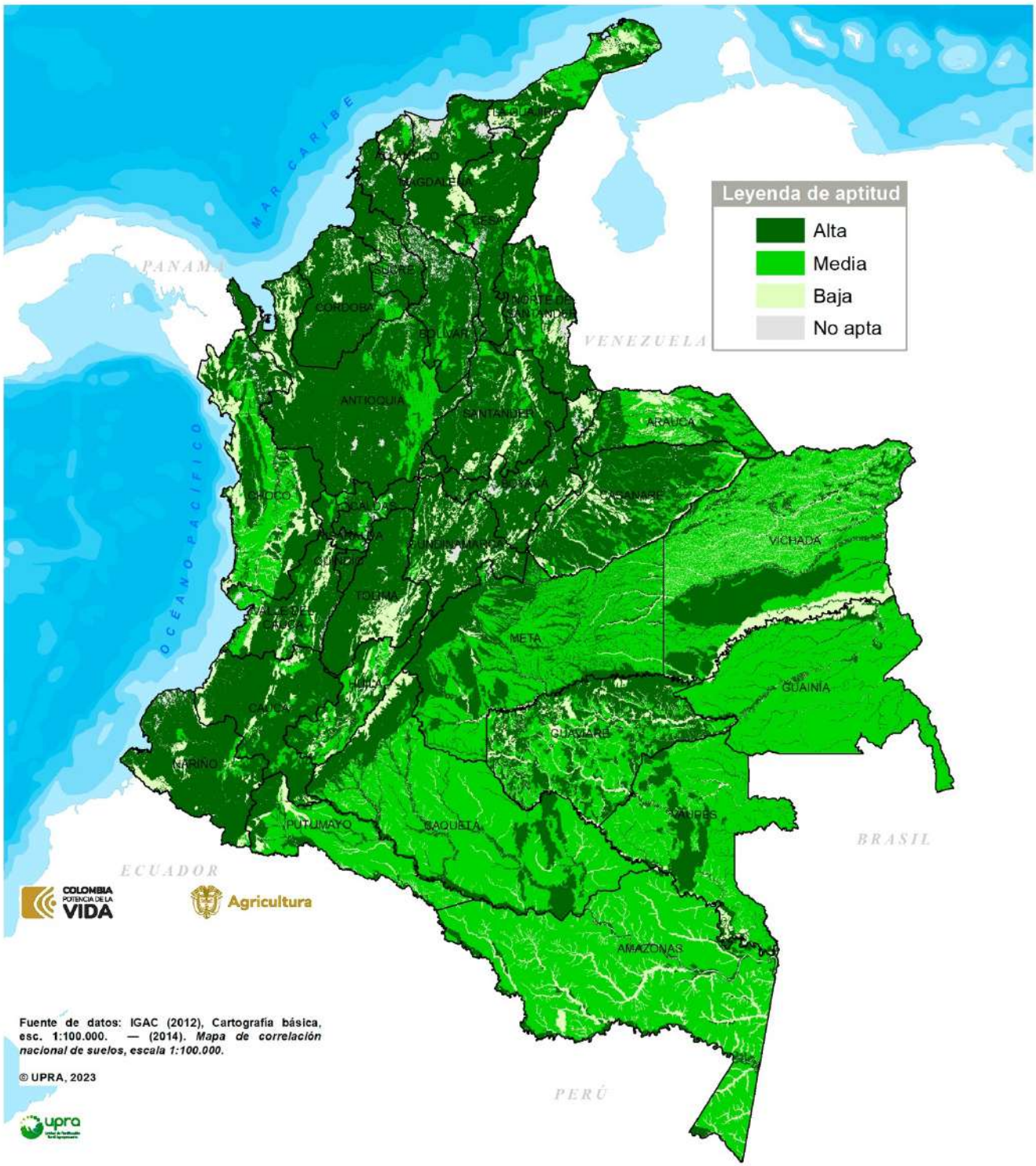
Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria, R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de enraizamiento*
Variable *textura*

1.4.3. Variable *pedregosidad*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis Juss.)* para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *condiciones de enraizamiento*		
Variable: *pedregosidad*	Unidad de medida: cualitativa (fase cartográfica)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Fragmentos de roca de dos o más milímetros de diámetro. Se reconocen, de acuerdo con el tamaño, como *grava*, *guijarro*, *piedra* y *bloques* (Forbes, Rossiter & Wambeke, 1987). Se asocian al efecto sobre el volumen y el espacio de exploración de la raíz.

Importancia de la variable

Además de limitar las prácticas de laboreo y de disminuir el área útil por unidad de superficie, los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en los cultivos de granadilla, porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua; aceleran la infiltración; y disminuyen el volumen de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No se determinaron áreas como aptas (N1) para los cultivos de la granadilla. Donde hay fragmentos de roca mayor al 35 % (fase pedregosa), se calificaron con *aptitud baja*.

Limitantes de la evaluación de la variable

La información de pedregosidad en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) se presenta como fase pedregosa (>35 % en volumen), por lo que no está discriminada en rangos por porcentaje. En consecuencia, los suelos se asumieron como *no pedregoso* como cuando no se encontró la fase cartográfica.

Metodología de procesamiento de la información

La fase de pedregosidad se obtuvo a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

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 con *aptitud baja* (A3), los suelos con presencia mayor al 35 % (fase pedregosa), porque obstaculiza el desarrollo de las raíces y de las plantas (ver siguiente tabla):

Rangos de aptitud	
Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
No pedregoso	Alta (A1)
Pedregoso	Baja (A3)

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Van Wambeke, A. y Forbes, T.R. (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas: monografía técnica 15*. Cornell University, Department of Agronomy.

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

Representación cartográfica de la variable

Criterio *condiciones de enraizamiento*
Variable *pedregosidad*

1.5. Criterio *disponibilidad de oxígeno*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de oxígeno*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Susceptibilidad de inundaciones, expresada en clases por duración.

Drenaje natural, expresado en clases de drenaje.

Definición

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

Importancia del criterio

Incide en la producción de los cultivos de granadilla, dado que indica el buen suministro de oxígeno en suelos bien drenados y el estrés generado por excesos de agua (anoxia), lo cual afecta el metabolismo en la nutrición de las plantas. La aireación del suelo permite el desarrollo de las raíces y, por ende, de todas las funciones fisiológicas de las plantas. La tendencia de los terrenos planos a ser inundados o permanecer encharcados puede afectar el crecimiento de las plantas de granadilla, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo puede derivar en una intoxicación para las plantas.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, en el que, para cada variable que conforma el criterio se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad. Esto significa que dentro de la unidad existen áreas de diversos tamaños con calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado. La falta de información de la periodicidad y duración de las inundaciones no permitió precisión en la delimitación de las áreas no aptas para el cultivo.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideraron tierras sin aptitud (N1) para los cultivos de la granadilla, las que tienen drenaje natural muy pobre y cuyas inundaciones son prolongadas o frecuentes.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Susceptibilidad de inundaciones	Duración	No hay	Cortas	—	Largas, muy largas
Drenaje natural	Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo	Imperfecto	Pobre, muy pobre

Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para determinar los niveles de aptitud del criterio se asoció a la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos de granadilla, ya que implica bajo crecimiento de las plantas y disminución de la producción, según la tabla de abajo:

Árbol de decisión del criterio		
Drenaje natural	Inundaciones	Aptitud
Bueno	No hay	A1
	Cortas	A1
	Largas, muy largas	N1
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	No hay	A2
	Cortas	A2
	Largas, muy largas	N1
Imperfecto, pobre	No hay	A3
	Cortas	A3
	Largas, muy largas	N1
Pobre, muy pobre	Cualquiera	N1

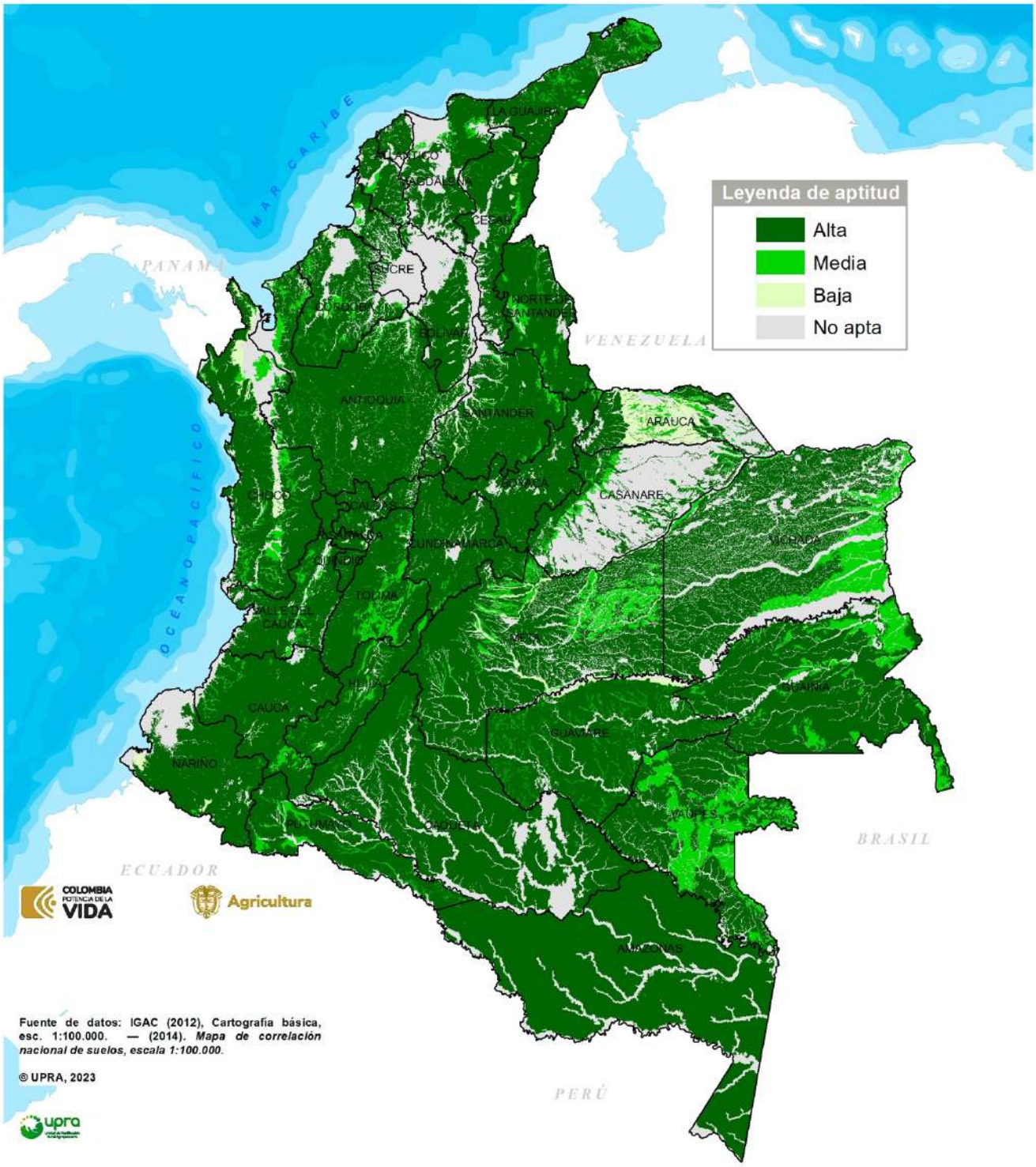
Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *disponibilidad de oxígeno*

1.5.1. Variable *susceptibilidad de inundaciones*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de oxígeno*		
Variable: *susceptibilidad de inundaciones*	Unidad de medida: clases por duración	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o de cualquier masa de agua. También se entiende como la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (Organización Meteorológica Mundial [OMM] y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [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. Las plantas de granadilla no toleran encharcamientos ni inundaciones por periodos prolongados, ya que se presentan significativas pérdidas económicas, como retrasos en el crecimiento, pérdida de vigor, daños por enfermedades, pudriciones radiculares e, incluso, la muerte de las plantas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideraron tierras sin aptitud (N1) en donde se presentan inundaciones largas y muy largas, debido a que la granadilla no soporta excesos de humedad en las raíces por temas fitosanitarios.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), muchas unidades cartográficas no registran información sobre fase por inundación o encharcamiento. Por lo tanto, en la zonificación para cultivos de granadilla se incluyó el respectivo análisis, a partir del régimen de humedad que proporcionan los nombres taxonómicos, sin pretender excluir el total de las zonas inundables, debido a que no se puede predecir la duración del evento que es la causante de los daños en los cultivos.

Metodología de procesamiento de la información

El IGAC (2010) clasifica las inundaciones y encharcamientos de acuerdo con la frecuencia y la duración en que ocurren así:

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

Esta clasificación se basó en la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con las recomendaciones de manejo del cultivo de granadilla (Fischer *et al*., 2009; Bernal, 2009; SENAMHI-PERÚ, 2013; Melgarejo *et al*., 2015), las unidades cartográficas donde no se registró ocurrencia de inundaciones obtuvieron una *aptitud alta* (A1); las inundaciones cortas, *aptitud baja* (A2); y las largas y muy largas no presentaron aptitud (N1).

Rangos de aptitud	
Inundaciones	**Aptitud**
No hay	Alta (A1)
Cortas	Media (A2)
—	Baja (A3)
Largas y muy largas	No apta (N1)

Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

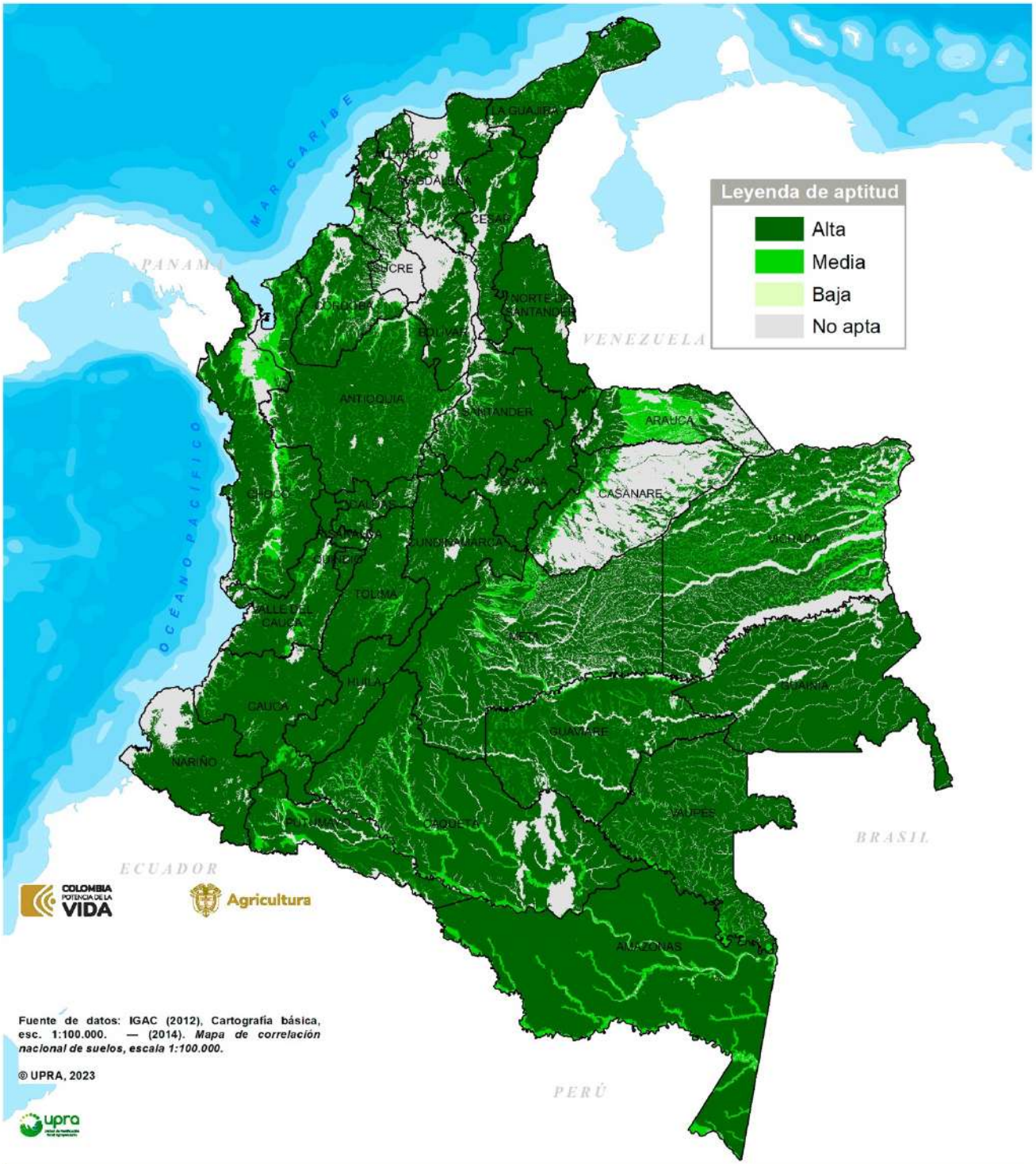
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Organización Meteorológica Mundial y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial (OMM). https://n9.cl/7k8qk

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de oxígeno*
Variable *susceptibilidad de inundaciones*

1.5.2. Variable *drenaje natural*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de oxígeno*		
Variable: *drenaje natural*	Unidad de medida: clases de drenaje	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Rapidez y grado de eliminación del agua del suelo tanto por la escorrentía como por el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (Klingebiel & Montgomery, 1961). El drenaje natural combina los drenajes tanto internos como externos del suelo, conforme a la relación que existe entre la pendiente, la escorrentía, la infiltración, las evidencias de procesos de óxido-reducción y los colores gley, de acuerdo con la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

Importancia de la variable

Incide sobre la respuesta de las plantas de la granadilla a la presencia o ausencia de niveles freáticos a profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de granadilla no soportan suelos pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna de los suelos y de la escorrentía.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

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

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de unidades cartográficas de suelos en los estudios representan asociaciones, por lo que se calificó el componente más representativo. Esto significa que hay algunos sectores favorables o desfavorables para establecer el cultivo, pero no se representan espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

Se usó la información de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos sin información sobre drenaje natural, se complementó interpretando la taxonomía de suelos presentes en las unidades cartográficas. Se tomó como base la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El cultivo de granadilla requiere suelos bien drenados, por lo que los suelos bien drenados se calificaron con *aptitud alta* (A1), debido a que no hubo restricciones por disponibilidad de oxígeno; los drenajes naturales moderado y excesivo se calificaron con *aptitud media* (A2) por requerir de algunas obras para optimizar el oxígeno disponible. Los drenajes naturales imperfectos y pobres se calificaron con *aptitud baja* (A3) por la falta de oxígeno disponible temporalmente y requerir obras de mayor envergadura para adecuar el drenaje. No se consideraron aptos los suelos con drenaje muy pobre debido a la ausencia permanente de oxígeno en las raíces, como se muestra a continuación:

Rangos de aptitud	
Drenaje natural	Aptitud
Bueno	Alta (A1)
Moderadamente excesivo	Media (A2)
Imperfecto,	Baja (A3)
Muy pobre, pobre	No apto (N1)

Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

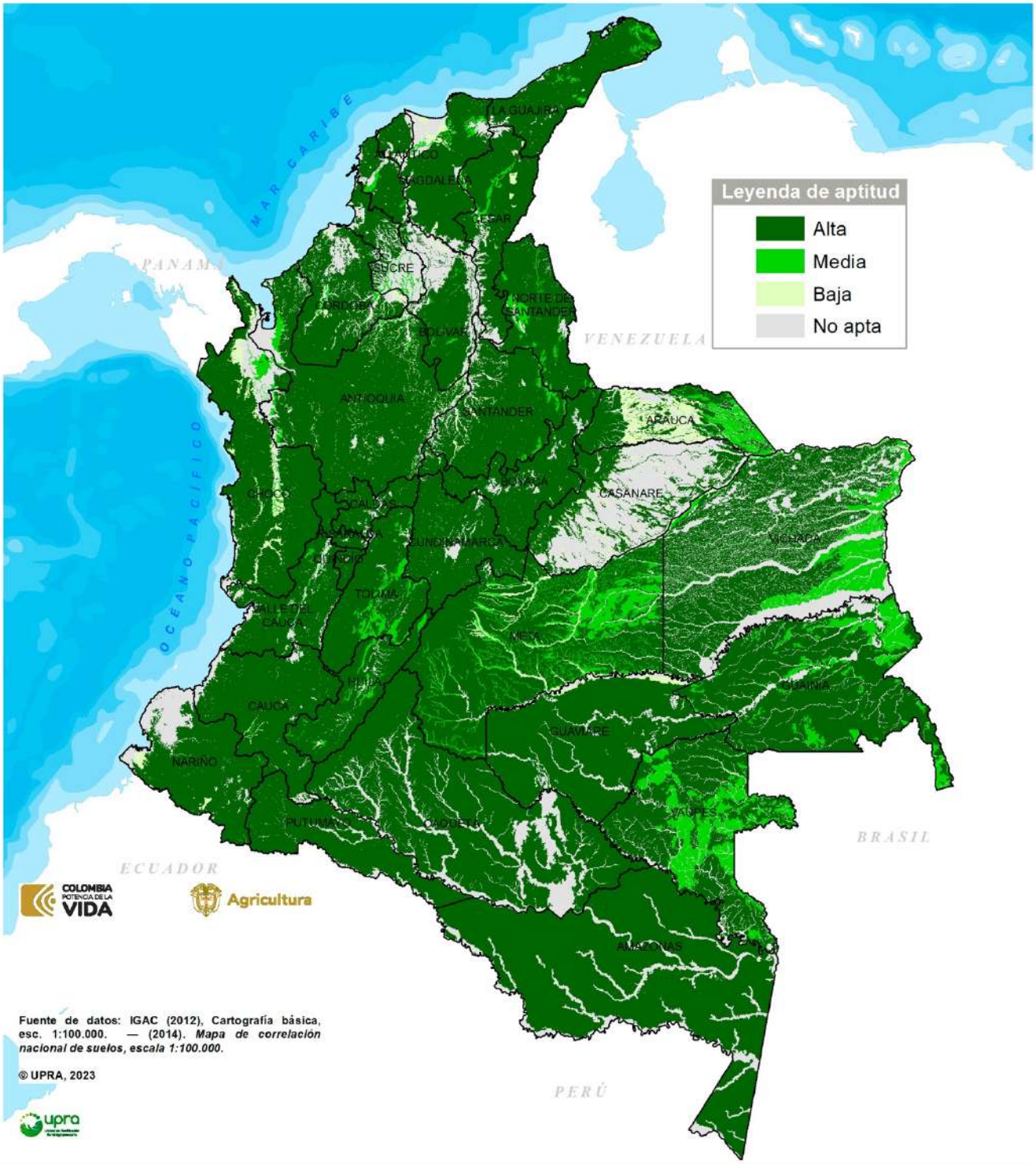
Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.° 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria, R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Ministerio del Ambiente de Perú (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Dirección de Agrometeorología del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en el Perú (SENAMHI-PERÚ). https://n9.cl/57ceh

Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 121-157). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de oxígeno*
Variable *drenaje natural*

1.6. Criterio *disponibilidad de humedad*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de humedad*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

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

Definición

Capacidad de los suelos de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para el desarrollo en condiciones naturales. Se relaciona con el contenido y con el movimiento interno del agua en el suelo durante todo el año.

Importancia del criterio

El agua es responsable de muchas reacciones físico-químicas y biológicas que suceden en el suelo, así como del crecimiento de las plantas. En condiciones naturales, sin posibilidad de riego, la capacidad de retención de agua de los suelos es esencial, ya que de ella y de las características climáticas de la región depende el desarrollo de los cultivos de la granadilla. Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la retención de humedad durante el año, la que depende de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, para cada una de cuyas variables del criterio se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad. Esto significa que, dentro de una unidad cartográfica, existen áreas pequeñas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideró que los regímenes de humedad arídico y perácuico no presentaron aptitud (N1) para desarrollar cultivos comerciales de granadilla, pues no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad ni representa ausencia de oxígeno. Esto se traduce en intoxicación de las raíces de las plantas, lo que lleva a grandes disminuciones en la producción de frutos. La textura no presentó exclusiones para el cultivo de la granadilla, dado que es posible establecer y desarrollar este tipo de cultivos con diversos grados de aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), cuya calificación técnicamente se consideró en cada una de las variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Régimen de humedad	Clases de régimen	Údico, perúdico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
Textura	Clases de texturas	F, FL, L,FAr, FArA, FArL, ArA, ArL	FA, Ar	A, AF	Pobre, muy pobre

Los rangos de aptitud de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los niveles de aptitud del criterio se asoció a la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos (ver tabla siguiente), ya que reduce las posibilidades de un buen crecimiento de las plantas, lo que se refleja en la disminución de la producción.

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

Fuentes de información

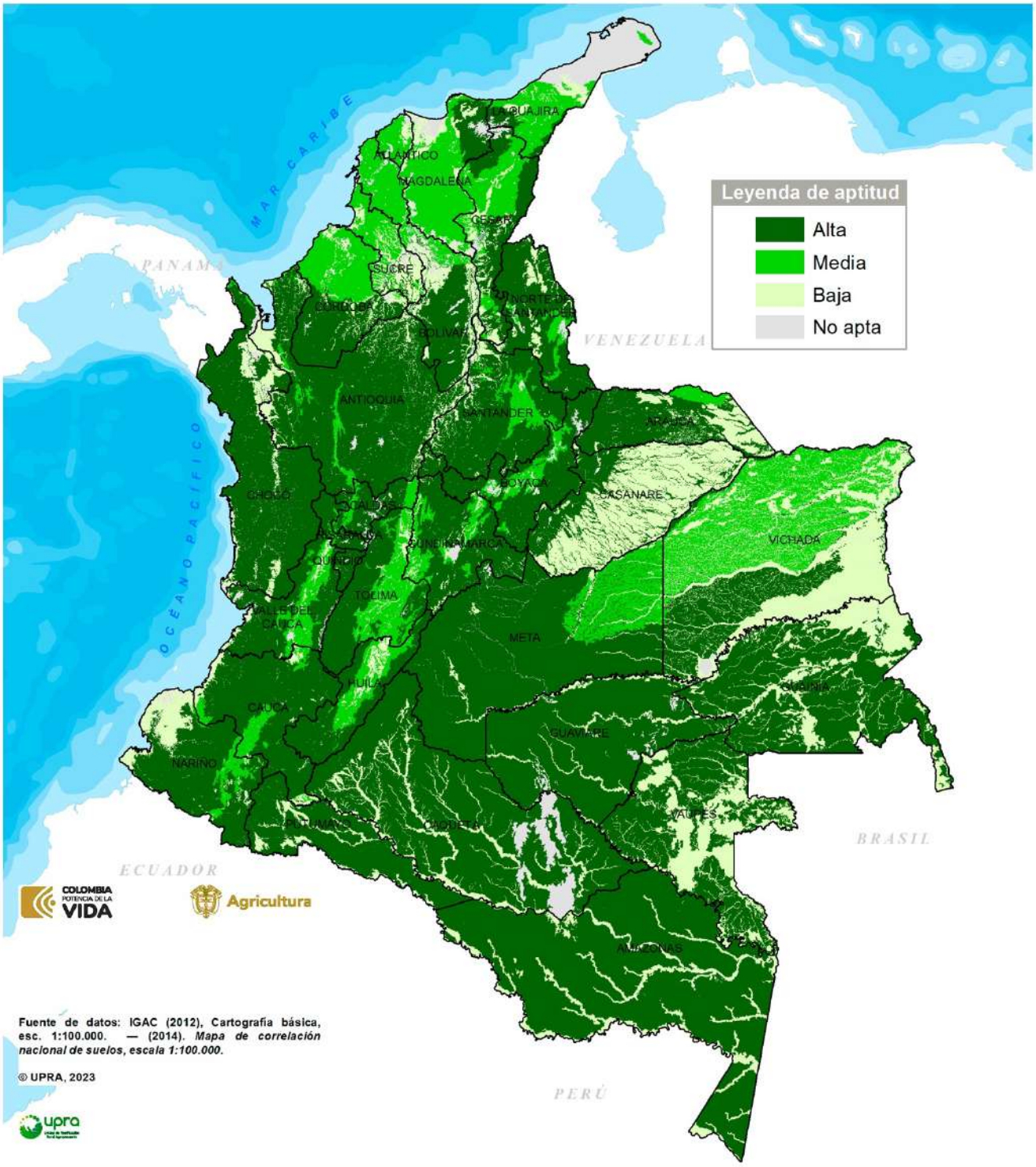
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *disponibilidad de humedad*

1.6.1. Variable *régimen de humedad*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de humedad*		
Variable: *régimen de humedad*	Unidad de medida: clases de régimen	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Presencia o ausencia de un manto freático o agua retenida a una tensión menor a 1.500 kilopascales en la sección control de humedad del suelo durante un periodo correspondiente a un año normal (Soil Survey Staff, 2014). El agua retenida a una tensión de 1500 kilopascales o más no está disponible para mantener con vida la mayoría de las plantas mesófilas (USDA y NRCS, 2014). A continuación, se presentan los diferentes regímenes de humedad del suelo:

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

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

Ústico: el régimen ústico (del latín *ustus*, 'quemado': implica sequedad) es intermedio entre el régimen arídico y el údico. Tiene humedad limitada, pero presente en un momento en condiciones que son adecuadas para el crecimiento vegetal. El concepto de régimen ústico no se aplica a suelos que tienen *permafrost*. Si la temperatura media anual del suelo es de 22 °C o más, o si las temperaturas medias de verano y de invierno del suelo difieren en menos de 6 °C a una profundidad de 50 cm, la sección control de humedad del suelo en áreas de régimen ústico está seca en alguna o todas las partes durante 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, 90 o más días consecutivos.

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

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

Arídico: regímenes de humedad arídico y tórrido (del latín *aridus*, 'seco', y *torridus*, 'caliente y seco'). Estos términos de regímenes de humedad del suelo se utilizan para el mismo régimen de humedad, pero en diferentes categorías de la taxonomía. En el régimen de humedad arídico (tórrido), la sección de control humedad en años normales es seca 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 centímetros está por encima de 5 °C; y húmeda en alguna o en todas partes por menos de 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 centímetros está por encima de 8 °C.

Importancia de la variable

En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de cultivos de granadilla. El régimen de humedad údico es el óptimo, 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 granadilla. 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, éstas se consideran un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas. Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se excluyeron como zonas *no aptas* (N1) los suelos con regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (perácuico) o por déficit (arídico).

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan unidades cartográficas denominadas *asociaciones*, que tienen dos o más componentes taxonómicos. Se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje, lo que significa que, dentro de un área determinada, pueden existir regímenes de humedad diferente al que se está calificando.

Metodología de procesamiento de la información

La evaluación de la variable *régimen de humedad* de los suelos se realizó con base en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos en que no se definía el régimen de humedad en la base de datos del mapa, se complementó interpretando la clasificación taxonómica de los suelos de las unidades cartográficas. Además, se consideró la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Teniendo en cuenta el aporte de humedad por el medio y el daño por la permanencia del agua en el suelo para el cultivo de granadilla (Martínez *et al*., 2009; Fischer *et al*., 2009), se consideraron los siguientes rangos de aptitud:

Clases por regímenes de humedad	
Régimen de humedad (clases de regímenes de humedad)	**Aptitud**
Údico, Perúdico	Alta (A1)
Ústico	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Arídico, perácuico	No apta (N1)

Los rangos de aptitud de las variables se definieron de acuerdo con las consultas tanto al gremio Fedepasifloras como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

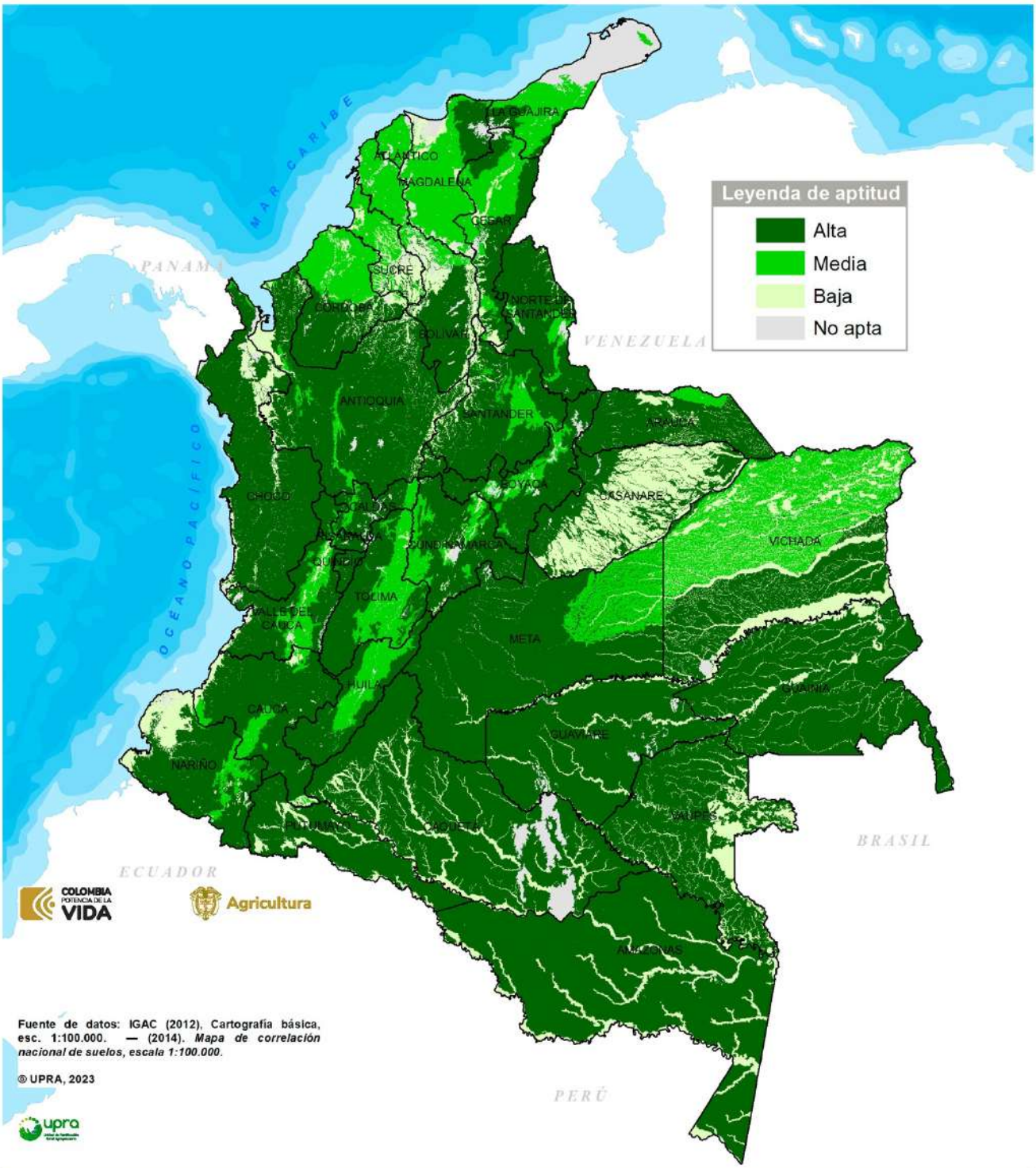
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Martínez, L.J., García, S.A. y Sanabria, R. (2009). Zonificación de las especies pasifloráceas comerciales en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 19-44). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de humedad*
Variable *régimen de humedad*

1.6 .2. Variable *textura*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *disponibilidad de humedad*		
Variable: *textura*	Unidad de medida: clases de textura	
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 *fracción fina* del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con un diámetro inferior a dos milímetros (Malagón y Montenegro,1990). Se relaciona con la capacidad del suelo de almacenar agua.

Importancia de la variable

La textura del suelo es una propiedad física que está estrechamente relacionada con 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, cuyo espacio entre partículas permite que se pueda retener y mover el oxígeno, además de favorecer la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo. En la medida en 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, mas no la retención.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No hubo exclusión (N1) dado que las clases texturales presentan una amplia gama de retención de humedad en cuyos cultivos de granadilla se pueden desarrollar pero con rendimientos diferenciales.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representaron asociaciones o complejos de suelos, cuya calificación se realizó 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

Se contemplaron las clases texturales, de acuerdo con el siguiente triángulo textural:

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

La información para determinar la textura asociada a las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). A partir de estos datos, se agruparon las clases texturales según los rangos definidos. Esta variable se calificó con base en los requerimientos de los cultivos de granadilla, en relación con su desarrollo, consultados con Fedepasifloras y con la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La asignación de los rangos radicó 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 presentaron *aptitud alta* (A1), tienen mayores contenidos de arcilla, los que favorece una alta retención de humedad para que el suelo tenga reservas para la época de bajas lluvias. Las texturas con *aptitud media* (A2) tuvieran mejor balance entre las partículas finas y las gruesas, por lo que la retención de humedad se encontró en un nivel intermedio. Se incluyeron los horizontes orgánicos debido a la muy alta capacidad de la materia orgánica de retener humedad. Las clases texturales gruesas se determinaron con *aptitud baja* (A3), pues el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla desfavorece la retención de agua necesaria para el desarrollo de los cultivos de granadilla (ver siguiente tabla).

Rangos de aptitud	
Textura (clases texturales)	**Aptitud**
F, FL, L,FAr, FArA, FArL, ArA, ArL	Alta (A1)
FA, Ar Orgánicos, (oxisoles, ultisoles y subgrupos *oxic*, arcillosos)	Media (A2)
A, AF	Baja (A3)

Esta variable se calificó con base en los requerimientos del cultivo de granadilla consultados tanto con Fedepasifloras como con la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

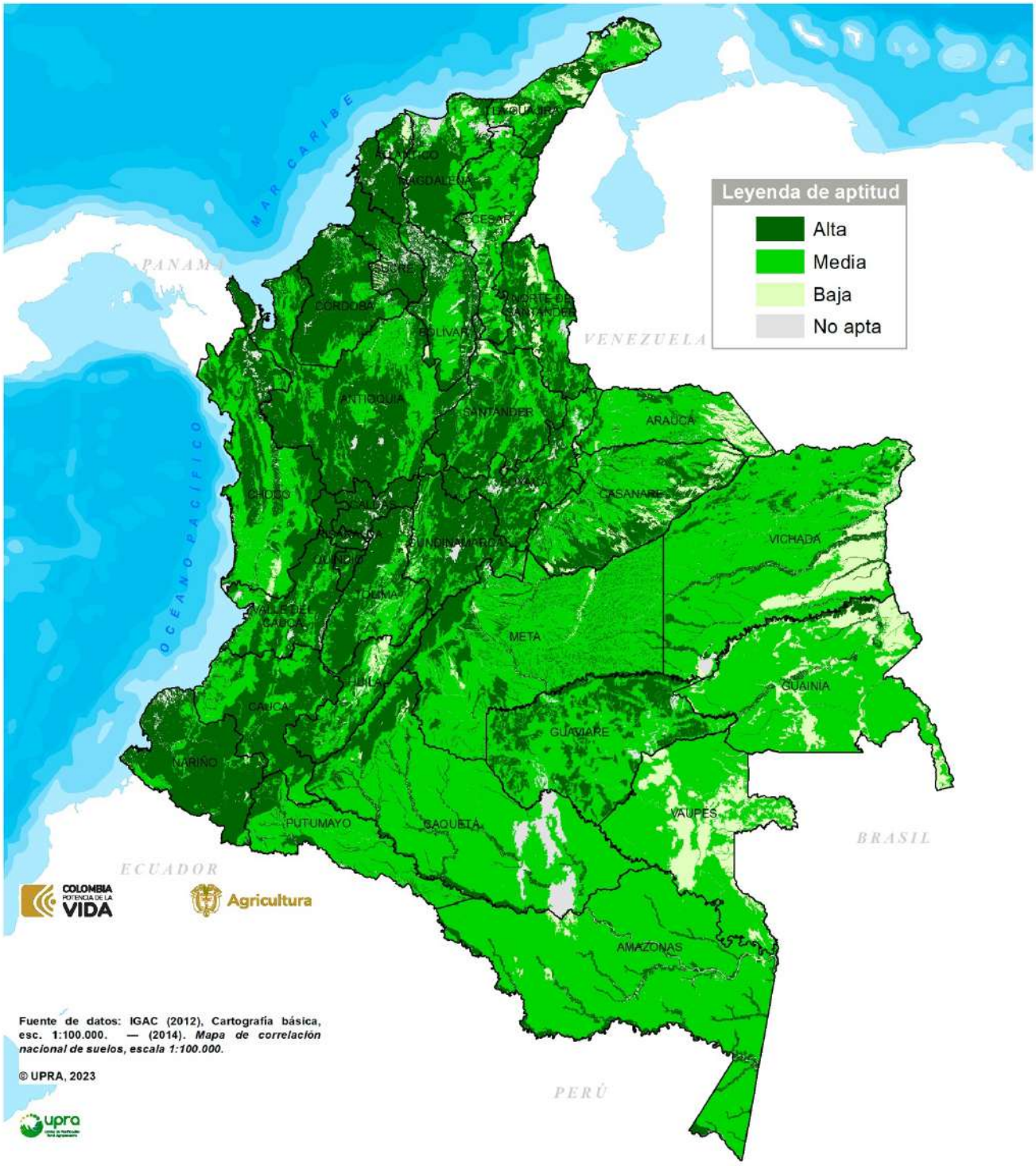
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de humedad*
Variable *textura*

1.7. Criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *susceptibilidad a la pérdida de suelos*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Grado de vulnerabilidad de las tierras de ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque la pérdida de suelos suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado para cultivos, lo cual origina una disminución de la productividad (FAO, 1976).

Variables asociadas al criterio

Fases por grados de erosión: desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte tanto del suelo como de los materiales de roca mediante la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (Klingebiel & Montgomery, 1961).

Degradación de suelos por erosión: pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o el 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, usualmente expresada en porcentaje o grados (SSSA, 2018).

Amenaza por movimientos en masa: peligro latente de movimientos en masa de origen natural o causado/inducido por la acción humana de modo accidental, en función de una probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Servicio Geológico Colombiano [SGC], 2023).

Importancia del criterio

Para establecer el cultivo de la granadilla, lo ideal es que no haya erosión o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque las actividades que implican el cultivo, relacionadas con el suelo en su preparación, mantenimiento y cosecha, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica con la pendiente y la alta pluviosidad. La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo que redunda en el crecimiento de los cultivos. Por otro lado, el desgaste de suelo significa generación de sedimento que influye en la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.

Limitantes de la evaluación del criterio

La representación cartográfica estuvo regida por las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000, las cuales contienen las fases por erosión, ya que las otras variables consisten en polígonos de mayor tamaño que no permiten precisión en la delimitación del proceso de pérdida de los suelos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

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

Metodología de procesamiento de la información

El criterio se estableció a través de un árbol de decisión para las plantaciones de granadilla mediante la combinación de las fases cartográficas por erosión del mapa de correlación nacional de suelos del IGAC (2014), el mapa de degradación de suelos por erosión del Ideam (2015), el modelo digital de pendiente en porcentaje a partir del Misión Topográfica Shuttle Radar (SRTM, por sus siglas en inglés) de 30 metros y el mapa de amenazas por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano (2016) a través del siguiente árbol de decisión:

Árbol de decisión				
Fases por erosión	Degradación de suelos por erosión	Pendiente	Amenaza por movimientos en masa	Aptitud
Sin evidencia	No hay y ligera	≤25	Baja y media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A1
		>25	Baja y media	A1
			Alta	A2
			Muy alta	A2
	Moderada	≤25	Baja y media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A2
		>25	Baja y media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
	Severa	≤25	Baja y media	A1
			Alta	A2
			Muy alta	A2
		>25	Baja y media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3

Árbol de decisión				
Fases por erosión	Degradación de suelos por erosión	Pendiente	Amenaza por movimientos en masa	Aptitud
	Muy severa	≤25	Baja y media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
		>25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
Ligera	No hay y ligera	≤25	Baja y media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A2
		>25	Baja y media	A1
			Alta	A2
			Muy alta	A3
	Moderada	≤25	Baja y media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A2
		>25	Baja y media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Severa	≤25	Baja y media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
		>25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Muy severa	≤25	Baja y media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	N1
Moderada	No hay y ligera	≤25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3

Árbol de decisión				
Fases por erosión	Degradación de suelos por erosión	Pendiente	Amenaza por movimientos en masa	Aptitud
	Moderada	≤25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja y media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	N1
	Severa	≤25	Baja y media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
		>25	Baja y media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
	Muy severa	≤25	Baja y media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
		>25	Baja y media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
Severa y muy severa	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	N1

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para diferenciar los niveles de aptitud se asoció al 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 presentan los criterios cualitativos de calificación:

Criterio de calificación	Aptitud
No se presenta susceptibilidad a la pérdida de suelo para la producción del cultivo.	Alta (A1)
Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para el establecimiento de cultivos de granadilla.	Media (A2)
Condiciones que presentan fuerte susceptibilidad a la pérdida de suelo para el establecimiento de cultivos de granadilla.	Baja (A3)
Restricciones por susceptibilidad a la pérdida de suelo que imposibilitan el establecimiento de cultivos de granadilla.	No apta (N1)

Fuentes de información

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1976). *A framework for land evaluation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI). https://edepot.wur.nl/149437

Food and Agriculture Organization of the United Nations (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. FAO soils bulletin 58. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Land and Water Division. Recuperado de: https://n9.cl/mhefx

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia, 2015*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/g7g5d

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

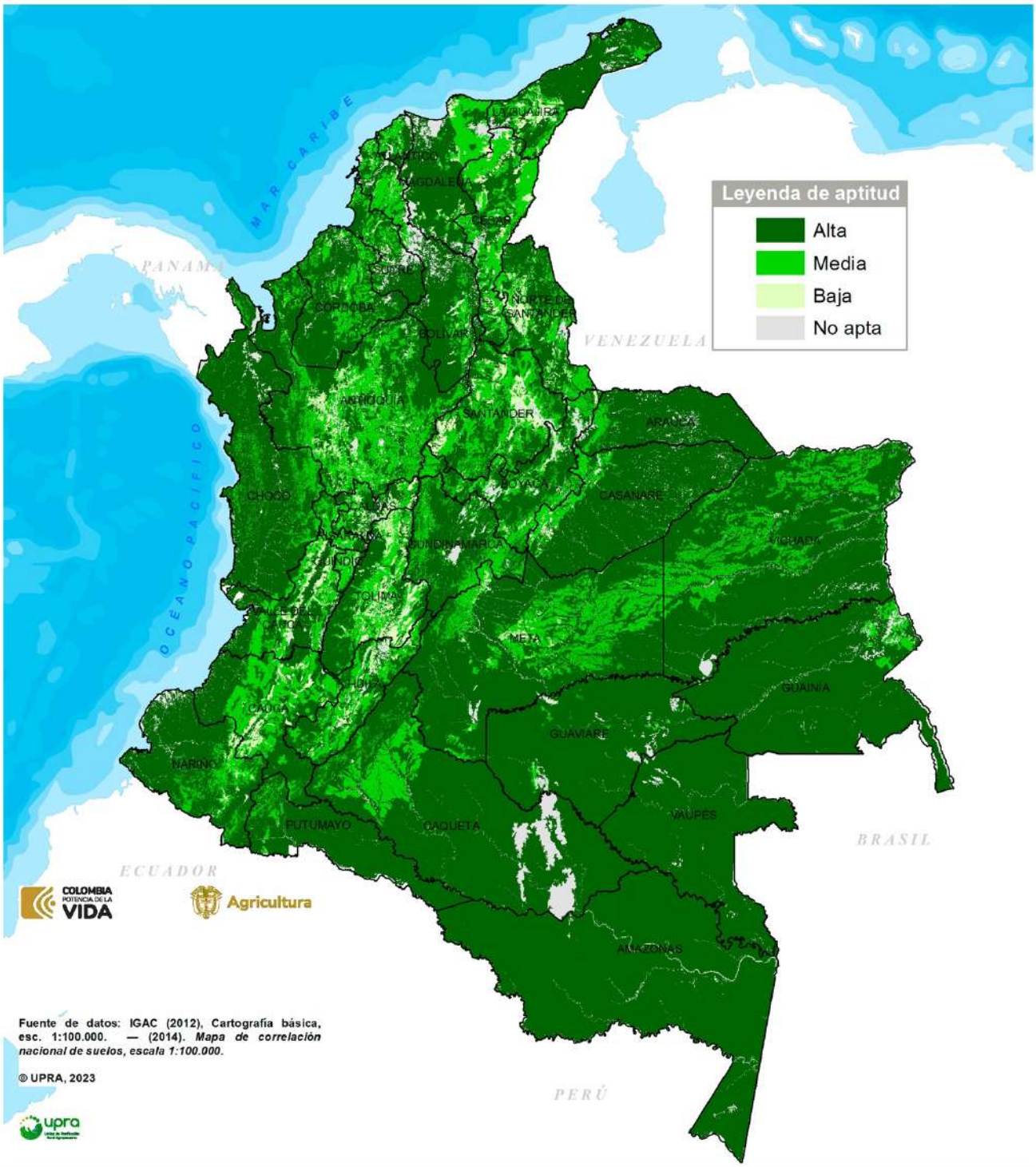
Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.° 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Servicio Geológico Colombiano (2023). *Evaluación de amenaza por movimientos en masa*. Servicio Geológico Colombiano (SGC). https://n9.cl/4xh57

Soil Science Society of America (2018). Glossary of soil science terms. *Term of the week: udalfs*. Soil Science Society of America (SSSA). https://n9.cl/1sbib

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos*

1.8. Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: *susceptibilidad fitosanitaria*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Drenaje natural asociado a la secadera, expresado en clases.
Régimen de humedad del suelo asociado a la secadera, expresado en clases.
Humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña, expresada en porcentaje.

Definición

Susceptibilidad generada por condiciones ambientales que propician la aparición de plagas o enfermedades en el cultivo, que, para el caso del cultivo de la granadilla, se asocian a las enfermedades denominadas *secadera* (pudrición radicular), causada por el *Fusarium sp*; *antracnosis*, causada por el *Colletotrichum gloesporioides*; y *roña*, ocasionada por el *Cladosporium cladosporioides*. Para elaborar el criterio, se consideró el concepto epidemiológico, cuyo agente causal son hongos ampliamente diseminados, un hospedero susceptible (la granadilla) y un ambiente propicio, que caso se refiere a las diferencias ambientales del territorio que propician o no las enfermedades, el paisaje natural y el régimen de humedad relativa.

Importancia del criterio

La secadera, la antracnosis y la roña son las enfermedades más limitantes para el cultivo de la granadilla. La secadera (*Fusarium* spp.) pudre la raíz y destruye los vasos conductores de la planta, especialmente, el xilema; el agente causal es el hongo *Fusarium* spp., un habitante natural del suelo (Lozano *et al*., 2008). La enfermedad se ve favorecida por lluvias intensas, malos drenajes y nematodos. La antracnosis y la roña se favorecen de la alta humedad relativa, las precipitaciones intensas y frecuentes, la alta nubosidad y la presencia continua de la lámina húmeda sobre los órganos de la planta (Páez, 1995). Una estrategia exitosa para evitar las enfermedades en los cultivos de granadilla consiste en escoger bien el lugar de establecimiento, por lo que se debe evitar la siembra en suelos encharcados o con exceso de humedad edáfica.

Limitantes de la evaluación del criterio

Dentro del análisis para generar la cartografía no existen modelos particulares (ecuaciones empíricas) que relacionen, mediante métodos estocásticos o determinísticos, las variables ambientales con la enfermedad.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

No se presentaron para este criterio valores de exclusión.

Metodología de procesamiento de la información

Para las variables *drenaje natural* y *régimen de humedad* se utilizó el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2104); para la variable *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña*, se empleó el mapa de Ideam (2014). Se establecieron los rangos de las variables a partir de consultas bibliográficas y validación con expertos para posteriormente integrar el criterio por el mínimo, como se muestra a continuación:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Drenaje natural asociado a la secadera	Clases de drenaje	Bueno, excesivo	Moderado	Muy pobre, pobre, imperfecto	—
Régimen de humedad del suelo asociado a la secadera	Clases de régimen	Ústico, aridíco	Údico	Ácuico	—
Humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña	%	<80	80-95	>95	—

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Mediante las referencias consultadas se establecieron los rangos de aptitud por variable (*drenaje natural asociado a la secadera*, *régimen de humedad del suelo asociado a la secadera* y *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña*) individual al potencial de aparición, diseminación y ataque de la enfermedad. Luego, se integraron las variables en el criterio por el mínimo.

Fuentes de información

Lozano, M.D, Rozo L.S., Ruiz, N., Quiroga, L.F. y Sandoval, L.A. (2008). *Manual de manejo preventivo de la secadera (Fusarium sp.) en el cultivo del maracuyá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://n9.cl/s8smc

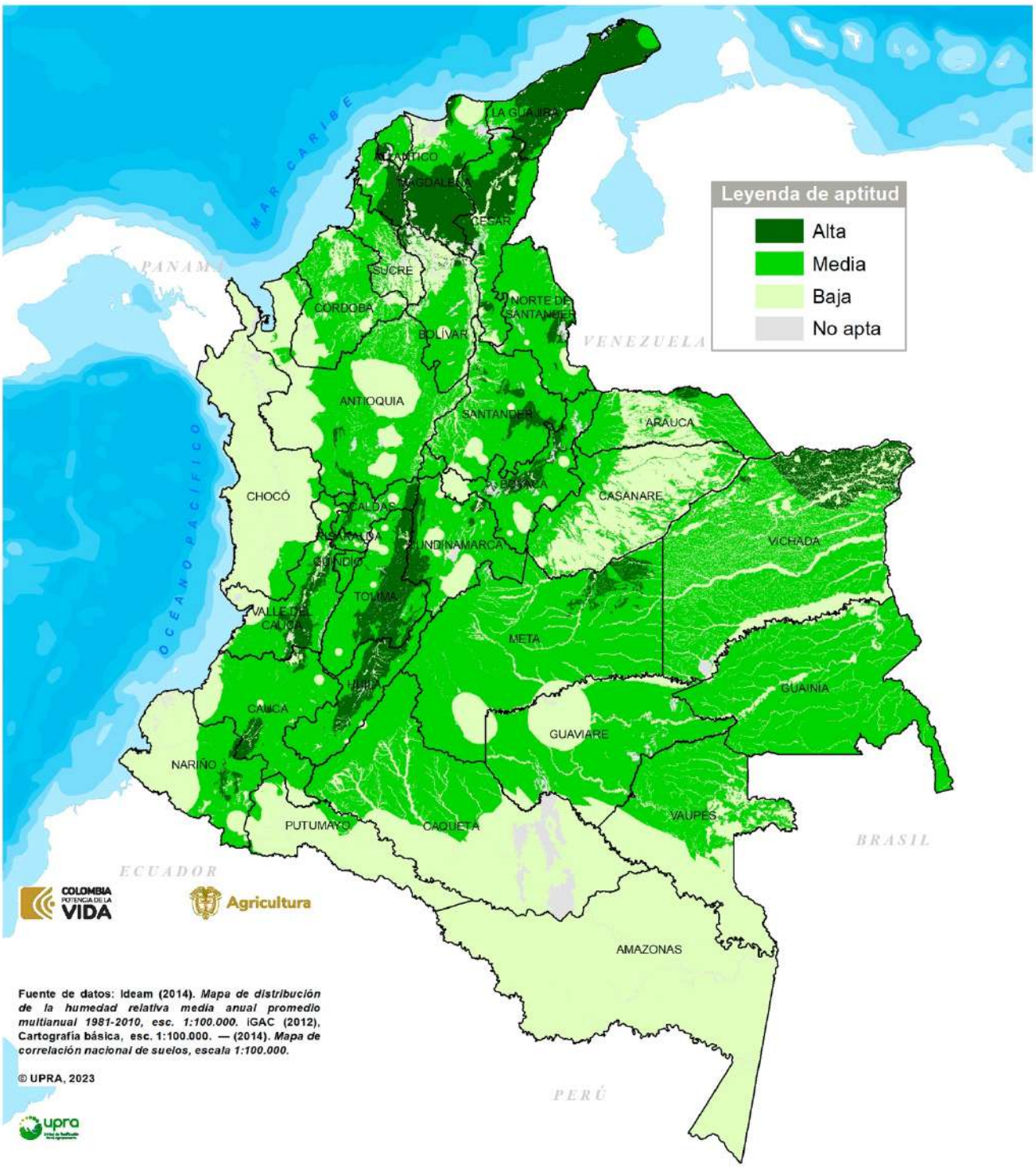
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*

1.8.1. Variable *drenaje natural asociado a la secadera*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis Juss.)* para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *susceptibilidad fitosanitaria*		
Variable: *drenaje natural asociado a la secadera*	Unidad de medida: clases por drenaje natural	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Relación existente entre la velocidad de drenaje del suelo y el desarrollo del hongo *Fusarium* sp., agente causal de la marchitez vascular en el cultivo de la granadilla, también conocida como *secadera*.

Importancia de la variable

La secadera (*Fusarium* spp.), enfermedad muy temida entre los agricultores, consiste en la pudrición de la raíz. Se caracteriza por la destrucción de los vasos conductores de la planta, especialmente, el xilema. El agente causal, el hongo *Fusarium* spp., es un habitante natural del suelo (Lozano *et al.*, 2008). La enfermedad se ve favorecida por malos drenajes, es decir, por drenajes pobres y muy pobres (Manica, 1981).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Para los cultivos de granadilla no se excluyeron zonas como *no aptas* (N1). Las tierras con drenaje imperfecto, pobre y muy pobre son marginales (A3), ya que el agua se encuentra por largos periodos en la zona radicular de las plantas, lo que propicia la aparición de la enfermedad. El drenaje moderado fue calificado con *aptitud media*; y los drenajes buenos y excesivos, con *aptitud alta* (ver siguiente tabla).

Drenaje natural (clases)	Aptitud
Bueno, excesivo	Alta (A1)
Moderado	Media (A2)
Muy pobre, pobre, imperfecto	Baja (A3)
—	No apta (N1)

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representaron asociaciones, por lo que se calificó el componente de mayor representatividad. Esto significa que algunos sectores 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). En los casos en que no tienen información sobre drenaje natural, se complementó interpretando la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

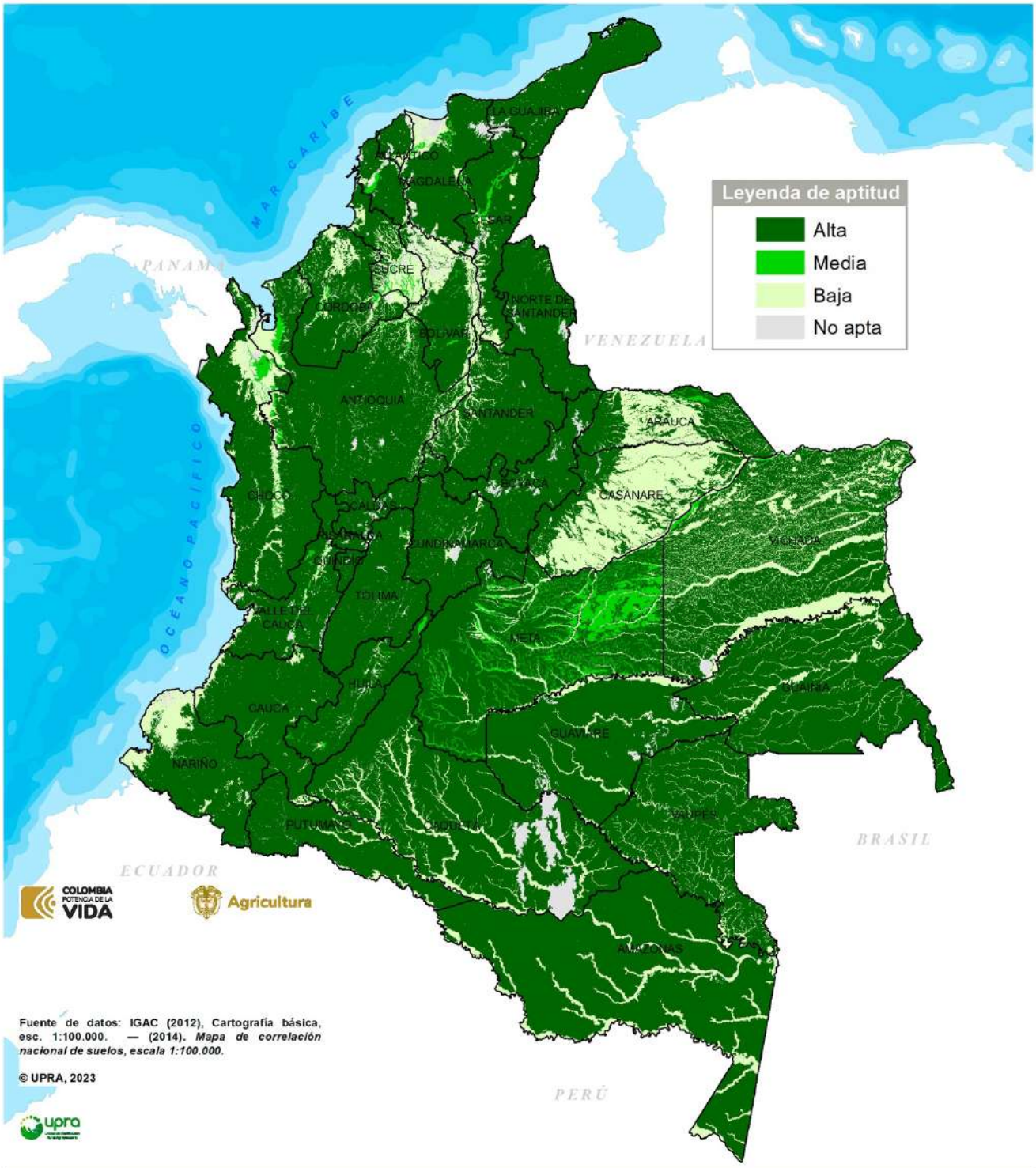
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Lozano, M.D, Rozo L.S., Ruiz, N., Quiroga, L.F. y Sandoval, L.A. (2008). *Manual de manejo preventivo de la secadera (Fusarium sp.) en el cultivo del maracuyá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://n9.cl/s8smc

Manica, I. (1981). *Fruticultura tropical: 1. Maracuyá*. Editora Agronômica Ceres.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*
Variable *drenaje natural asociado a la secadera*

1.8.2. Variable *régimen de humedad del suelo asociado a la secadera*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis Juss.)* para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *susceptibilidad fitosanitaria*		
Variable: *régimen de humedad del suelo asociado a la secadera*	Unidad de medida: clases de régimen	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Relación existente entre la humedad del suelo a lo largo del año y el desarrollo del *Fusarium* sp., agente causal de la marchitez vascular en el cultivo de granadilla, también conocida como *secadera*.

Importancia de la variable

La secadera (*Fusarium* spp.) es una enfermedad muy temida entre los agricultores de la granadilla. Consiste en la pudrición de la raíz y la destrucción de los vasos conductores de la planta, especialmente, el xilema. Es causada por el hongo *Fusarium* spp., habitante natural del suelo (Lozano *et al*, 2008). La enfermedad se ve favorecida por lluvias intensas y malos drenajes (Manica, 1981). Para este caso, el régimen del suelo relaciona el clima ambiental y edáfico.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

La variable no presentó valores de exclusión. Los rangos de evaluación fueron tomados de las clases por regímenes de humedad del suelo, que son definidas a continuación (USDA y NRCS, 2014).

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

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

Ústico: el régimen ústico (del latín *ustus*: quemado, pues 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 de 22 °C o más, 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 durante 90 o más días acumulativos en años normales. Es húmedo, sin embargo, en alguna parte, durante más de 180 días acumulativos por año, o 90 o más días consecutivos.

Ácuico: el régimen de humedad ácuico (del latín *aqua*) es de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado de agua. Algunos suelos están saturados de agua, a veces mientras el oxígeno disuelto está presente, 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 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, en depresiones cerradas o alimentadas por arroyos perennes.

Arídico: regímenes de humedad arídico y tórrido (del latín *aridus*: 'seco', y *torridus*: 'caliente y seco'). Estos términos de regímenes de humedad del suelo se utilizan para el mismo régimen de humedad, pero en diferentes categorías de la taxonomía. En el régimen de humedad arídico (tórrido), la sección de control humedad en años normales es seca 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 centímetros está por encima de 5 °C; y húmeda en alguna o en todas partes por menos de 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 centímetros está por encima de 8 °C. Los rangos de aptitud se presentan en la siguiente tabla:

Régimen de humedad del suelo asociado a la secadera (clases)	Aptitud
Ústico, arídico	Alta (A1)
Údico	Media (A2)
Ácuico, perúdico	Baja (A3)
—	No apta (N1)

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representaron unidades cartográficas denominadas *asociaciones*, que tienen dos o más componentes taxonómicos. Se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje, lo cual significa que, dentro de un área determinada, pueden existir regímenes de humedad diferentes al que se está calificando.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso de evaluación de la variable de régimen de humedad de los suelos se realizó a partir de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos en que no estaba definido el régimen de humedad dentro base de datos del mapa, se complementó interpretando la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

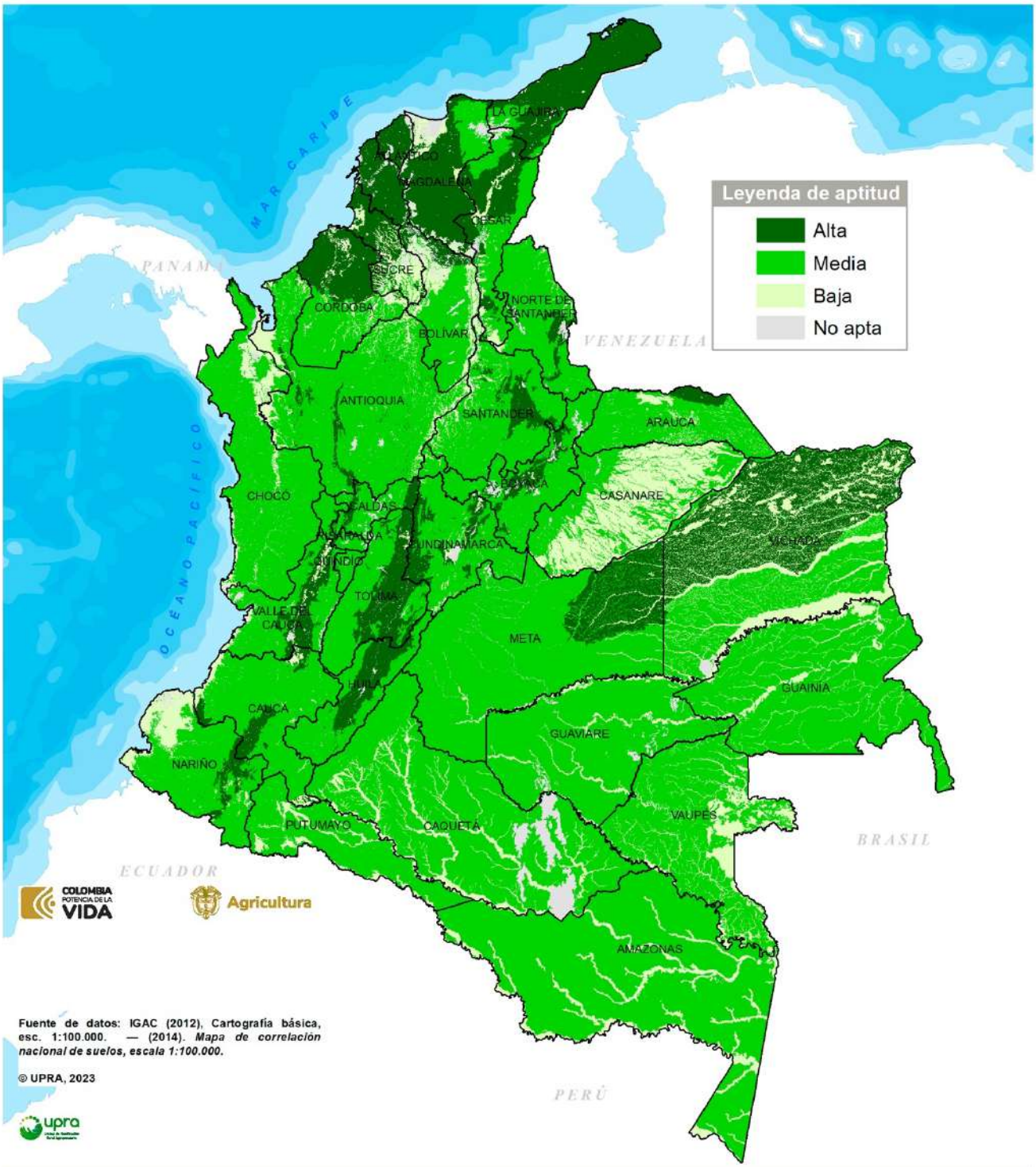
Fuentes de información

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*
Variable *régimen de humedad del suelo asociado a la secadera*

1.8.3. Variable *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: *susceptibilidad fitosanitaria*		
Variable: *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña*	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua y el efecto sobre el potencial de desarrollo de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la de la roña (*Cladosporium cladosporioides*).

Importancia de la variable

La antracnosis y la roña son enfermedades determinantes para el cultivo de granadilla. Se favorece de la alta humedad relativa, las precipitaciones intensas y frecuentes, la alta nubosidad y la calidad permanente de la lámina húmeda —agua de lluvias o generada por el punto de rocío— sobre los órganos de la planta (Páez, 1995).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Los rangos de evaluación de la variable *humedad relativa asociada a la antracnosis* (*Colletotrichum gloesporioides*) *y a la roña* (*Cladosporium cladosporioides*) son los siguientes:

Humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña (%)	Aptitud
<80	Alta (A1)
80-85	Media (A2)
>85	Baja (A3)
	No apta (N1)

Limitantes de la evaluación de la variable

Dentro del análisis para generar la cartografía, no existen modelos particulares (ecuaciones empíricas) y nacionales que relacionen directamente las variables ambientales con la enfermedad.

Metodología de procesamiento de la información

Mapa de humedad relativa media anual elaborado por el IDEAM en el año 2014 a escala 1:100.000 y basado en la serie histórica del periodo 1981-2010. Se realizó un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

Isolíneas de humedad relativa media anual en el territorio nacional.

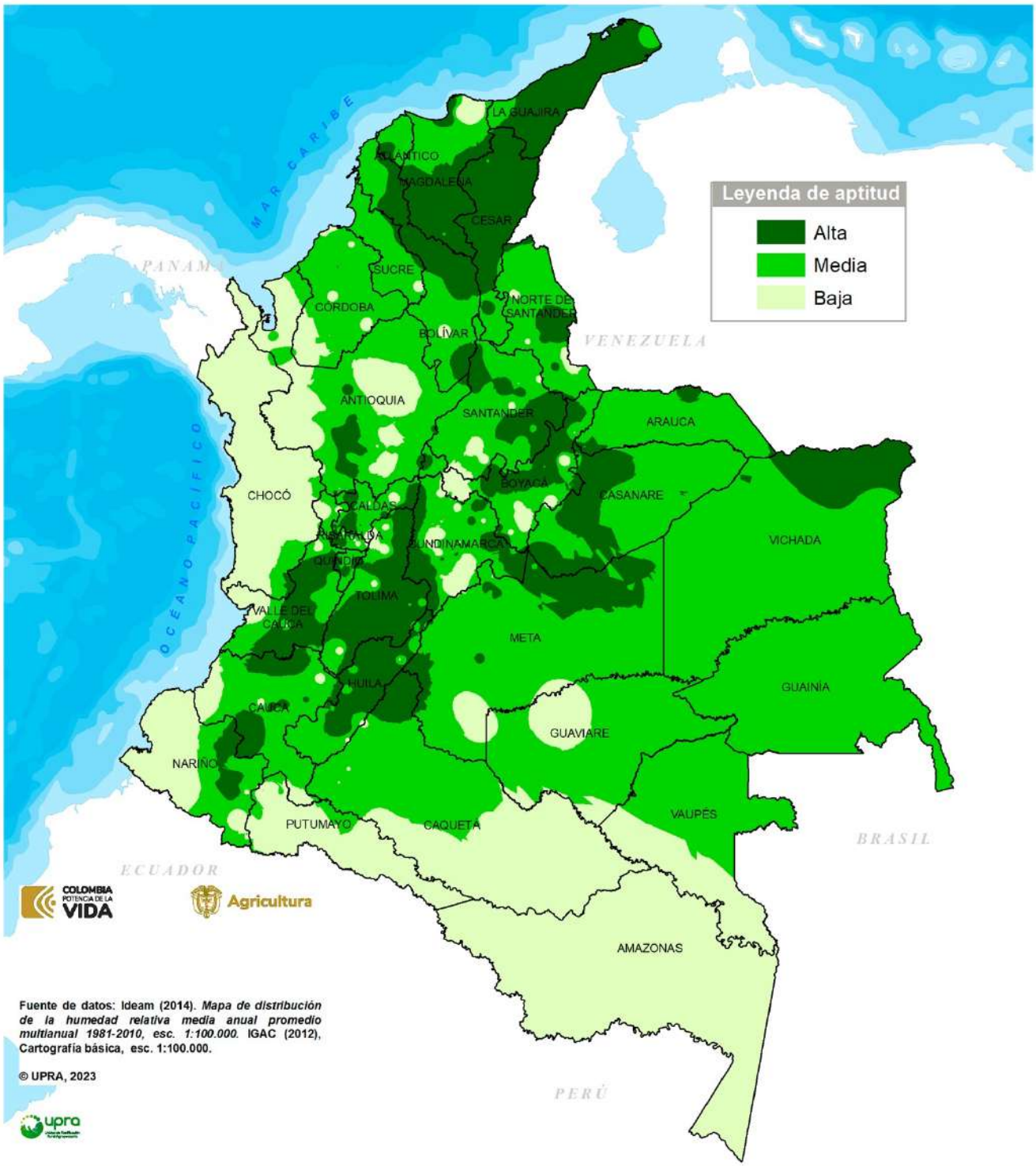
Fuentes de información

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Páez, A. (1995). Comportamiento de variedades de mango a la antracnosis. *Fitopatología Colombiana, 19*(1), 25-30.

Representación cartográfica de la variable



Criterio *susceptibilidad fitosanitaria*
Variable *humedad relativa asociada a la antracnosis y a la roña*

1.9. Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *toxicidad por sales, sodio y aluminio*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Salinidad y sodicidad: salinidad expresada en decisiemens por metro y sodicidad expresada en porcentaje de saturación de sodio (PSI).

Saturación de aluminio: expresada en porcentaje de saturación (%).

Definición

Presencia de elementos químicos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos para las plantas y restringen tanto el crecimiento como la producción. Además, produce efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos. En los suelos colombianos, la presencia de altas saturaciones de aluminio es muy determinante en suelos ácidos de clima húmedo; mientras que en suelos básicos de climas secos, lo es las altas concentraciones de sales y de sodio.

Importancia del criterio

Algunos elementos en cantidades elevadas restringen el uso de las tierras a ciertas plantas tolerantes o resistentes e incrementa los costos para la adecuación y el manejo (enmiendas). En el ámbito de los suelos colombianos, la presencia de altas saturaciones de aluminio tiene gran influencia en suelos ácidos de clima húmedo; en suelos básicos o alcalinos de climas secos, lo es las altas concentraciones de sales y de sodio. El sodio, 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 es uno de los elementos que se encuentra comúnmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, reduce el crecimiento de las raíces y tallos; hace que las hojas tomen un color púrpura —similar a la producida por la deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato—; inhibe la división celular; causa deficiencias de fósforo; e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 fueron asociaciones, 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 unidad existen áreas de diferentes tamaños con calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado. En cuanto a los contenidos de sales y sodio, la base del mapa nacional de correlación de suelos no en todos los casos presenta los valores, sino que se refiere a la presencia o no presencia. En la concentración de aluminio, sí existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

De acuerdo con la fisiología de las plantas y con las propiedades de los suelos colombianos, cada una de las variables incluidas en el criterio presentó rangos donde no es posible el cultivo de la granadilla, a saber: se consideraron *no aptas* (N1) para el cultivo las tierras que presentaron saturaciones de sodio (PSI) superiores al 15 % y salinidades mayores de 8 decisiemens por metro.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada variable involucrada en el criterio se extrajeron de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) y se le otorgó una calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables así:

Rangos de las variables					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤2	2-4	4-8	>8
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤15 (no sódico)	—	—	>15 (sódico, salino-sódico)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	≤30	30-60	>60	—

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los cultivadores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los niveles de aptitud se asoció a la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos de granadilla, ya que reduce las posibilidades del adecuado crecimiento de las plantas el nivel de formación de los frutos y, en consecuencia, deriva en malos índices de producción, como se muestra a continuación:

Árbol de decisión del criterio			
Saturación de aluminio (%)	Salinidad (CE dS/m)	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤30	≤2	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	De >2 a ≤ 4	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	De >4 a ≤ 8	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	>8	Cualquiera	N1
De >30 a ≤ 60	≤2	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	De >2 a ≤ 4	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	De >4 a ≤ 8	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	>8	Cualquiera	N1
>60	≤2	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	De >2 a ≤ 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	De >4 a ≤ 8	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	>8	Cualquiera	N1

Fuentes de información

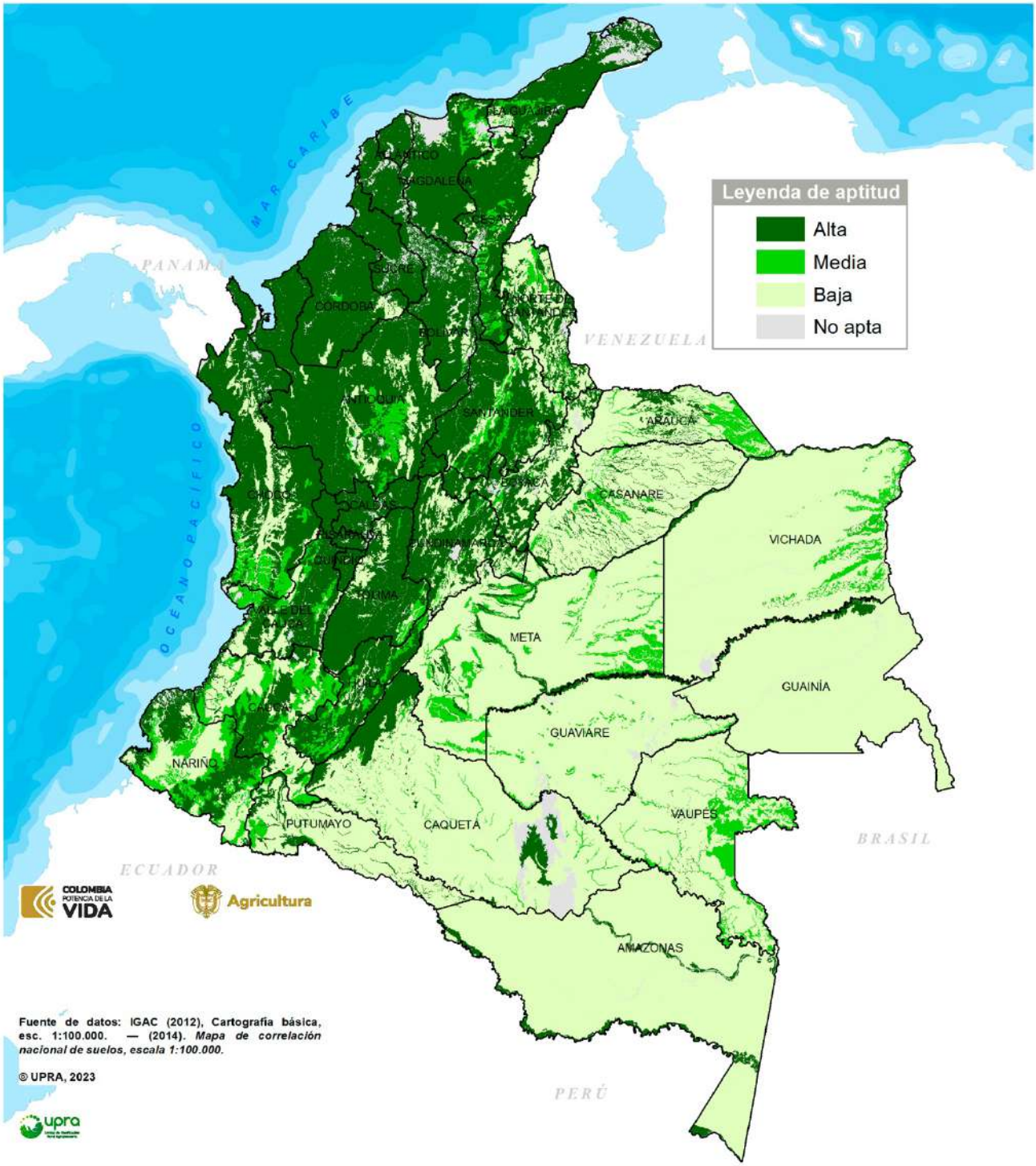
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). *Land-capability classification: agriculture handbook n.º 210*. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service.

Representación cartográfica del criterio



Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio*

1.9.1. Variable *salinidad y sodicidad*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis Juss)* para el mercado nacional y de exportación	
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. El contenido de sales se determina normalmente mediante la conductividad eléctrica (CE), pero también puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, o en cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. De forma natural, se asocian con el fenómeno climático de *aridez*, a los materiales de origen ricos en sales —como sucede con algunas rocas sedimentarias— y a los ascensos del nivel freático, que deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. De forma adquirida, se asocia a los riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales y a las aguas de buena calidad pero mal manejadas en climas con regímenes ústicos de humedad.

Importancia de la variable

Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable afectan en forma significativa los rendimientos de los cultivos de la granadilla. El principal efecto perjudicial de las sales es la presión osmótica que se produce en la solución del suelo (Garavito, 1979). La granadilla no tolera excesos de sales en el suelo. 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 afecta la disponibilidad de nutrientes; afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K^+), nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y calcio (Ca^+); afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta; el sistema radicular no se desarrolla en forma adecuada; las raíces profundizan menos y existen menos ramificaciones; y no hay división ni crecimiento celular, por lo que las plantas crecen menos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Se consideró que las unidades de tierra con conductividades eléctricas mayores de 8 decisiemens por metro y una saturación de sodio mayor al 15 % fueron no aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de granadilla.

Limitantes de la evaluación de la variable

La principal dificultad para evaluar esta variable fue la falta de información, pues en los estudios de suelos a escala: 1:100.000 solamente aparece la presencia o ausencia de sales. Las sales se presentan de manera uniforme: varía tanto de forma horizontal como vertical en el transcurso del año. La presencia se evidencia en forma de manchas y costras: las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio, en costras negras, debido a la dispersión de la materia orgánica. Estas características dificultan la toma de información por parte de los edafólogos en el campo para realizar el respectivo mapeo.

Metodología de procesamiento de la información

Los suelos salinos y sódicos se obtuvieron a partir de la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de *salino* o *no salino* y de *sódico* o *no sódico* se le dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tenían información se infirieron, correlacionando otras variables, como el clima y la nemotecnia que ofrecen los nombres taxonómicos. Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de fertilidad en la metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales (IGAC, 2014).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con la información consultada (Fischer *et al*., 2009; Melgarejo *et al*., 2015), los suelos con *aptitud alta* (A1) fueron los que presentaron conductividad eléctrica menor a dos decisiemens por metro (no salino) y menos del 15 % de sodio intercambiable; con *aptitud media*, (A2), los suelos ligeramente salinos (2-4 dS/m) y menos del 15 % de saturación de sodio; con *baja aptitud* (A3), los suelos que presentaron entre 4 y 8 decisiemens por metro; con *no aptos* (N1), los suelos sódicos y salino sódicos que presentaron más del 15 % de saturación de sodio y más de 8 decisiemens por metro de salinidad (ver tabla siguiente).

Rangos de aptitud					
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	N1
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤2	2-4	4-8	>8
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤15 (no sódico)	—	—	>15 (sódico, salino sódico)

Los rangos de aptitud se determinaron de acuerdo con las consultas tanto al gremio de los productores (Fedepasifloras) como a la literatura científica pertinente.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Fischer, G. Casierra-Posada, F. y Piedrahita, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flórez, L.E. (Eds.). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824

Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed). Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), Subdirección Agrológica.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Miranda, D., Fischer, G., Rodríguez-Castillo, N.A., Rodríguez-León, A.K., Rodríguez, A., Espinosa, D.S., Rodríguez-Castillo, N., Parra, M., Hoyos-Carvajal, L., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Hernando, W., Moreno, N., Carranza, C., Castillo, S.Y., Piedrahita, C.A., Gordillo, A., Moreno, D.L. (2015). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss.): caracterización ecofisiológica del cultivo*. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias, Colciencias, Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia (CEPASS). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84150

Representación cartográfica de la variable

Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio*
Variable *salinidad y sodicidad*

1.9.2. Variable *saturación de aluminio*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: *toxicidad por sales, sodio y aluminio*		
Variable: *saturación de aluminio*	Unidad de medida: porcentaje	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Proporción de iones de aluminio (Al^{+++}) en el complejo de cambio y en la solución del suelo. Se debe a la mezcla de iones de aluminio y de hidrógeno (H^{+}) intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl). También incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).

Importancia de la variable

La saturación de aluminio del suelo (SAl) se refiere a la acidez por el ion aluminio (Al^{+++}), abundante en suelos ácidos con pH menor a 5,5. Afecta el desarrollo de las plantas, pues inhibe la división celular, reduce el fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio. Cuando hay menos de una parte por millón de iones de aluminio en la solución del suelo, la saturación es menor al 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada al aluminio; cuando es mayor al 60 %, la concentración de aluminio en el suelo aumenta rápidamente, limita la degradación microbiana de la materia orgánica, inhibe el crecimiento de las raíces y reduce la toma de agua y de nutrientes (Cortés y Malagón, 1984). En el caso del cultivo de la granadilla, los excesos de aluminio disminuyen el fósforo, importante en el suministro de energía para las plantas y responsable del desarrollo de las raíces. Para suelos con altos niveles de iones de aluminio intercambiable, hay que aplicar altas dosis de enmiendas alcalinas para elevar el pH a niveles no tóxicos o usar plantas tolerantes a la acidez (Cortés y Malagón, 1984).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Para el cultivo de la granadilla no se considerará algún rango de exclusión, ya que con el uso de enmiendas se puede corregir el exceso de aluminio en el suelo.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a la escala 1:100.000 fueron asociaciones, por lo que se calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro ella. Esto significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños con contenidos de aluminio diferentes 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 contenidos de iones de aluminio (Al^{+++}) se obtuvo a partir de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los rangos se obtuvieron de la tabla para la evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), como se muestra a continuación:

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

La calificación para obtener estos rangos se efectuó 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 de los cultivadores (Fedepasifloras) y los reportes técnicos sobre los inconvenientes de la salutación de aluminio, se calificaron las tierras con *aptitud alta* (A1) cuando las saturaciones fueron menores al 30 %; con *aptitud media* (A2), cuando las saturaciones estuvieron entre 30 y 60 %; y con *aptitud baja*, cuando las saturaciones tuvieron valores que superaron el 60 % (ver siguiente tabla).

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

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed). Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), Subdirección Agrológica.

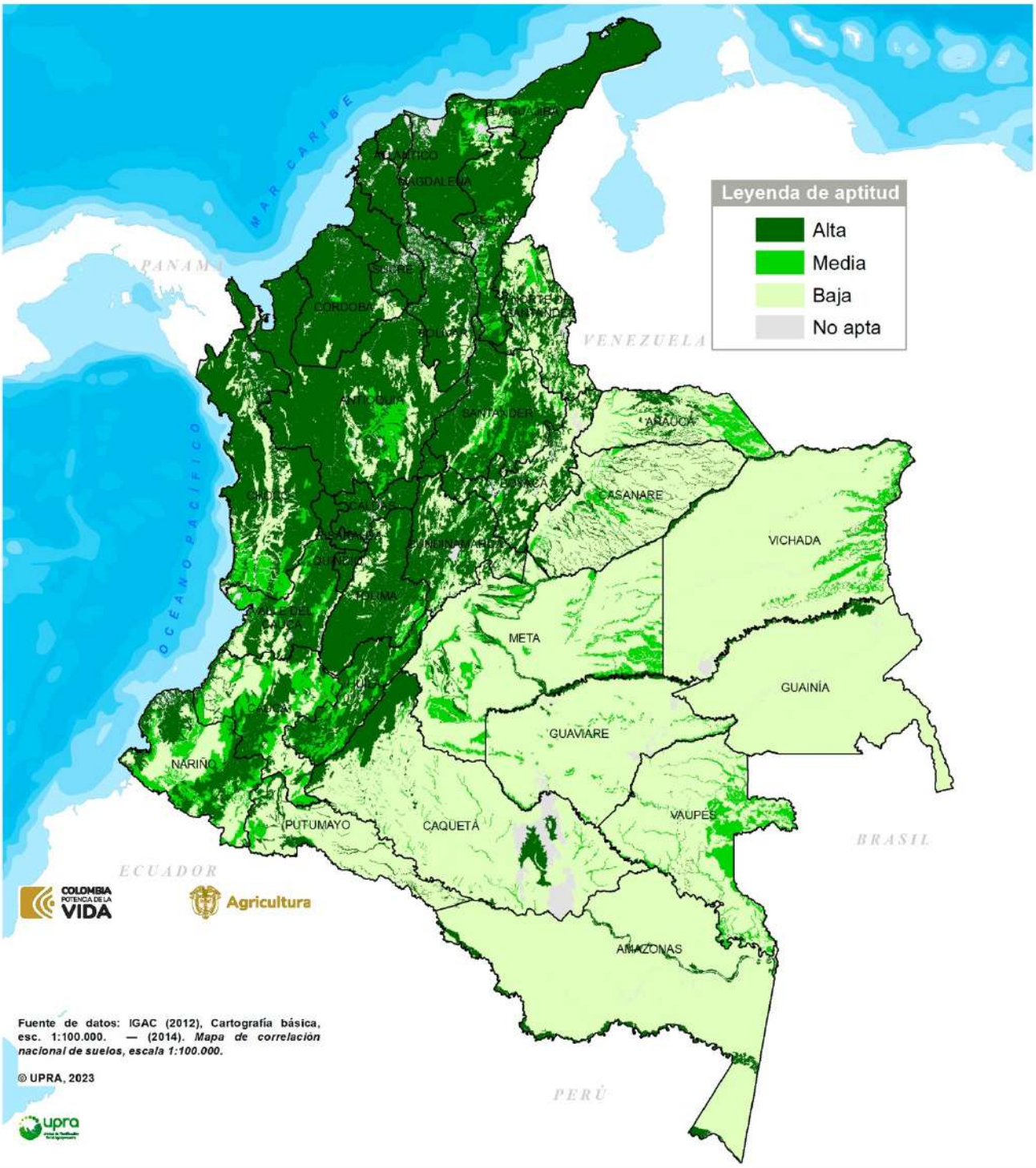
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio*
Variable *saturación de aluminio*

7.2. Fichas metodológicas del componente ecosistémico

2.1. Criterio *potencial de polinización natural*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *potencial de polinización natural*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Estado de conservación del hábitat, expresada como el grado de naturalidad y el estado actual de los hábitats analizados a partir de métricas de heterogeneidad y estructura espacial del paisaje.

Distribución geográfica de la Xylocopa spp. *y del Bombus* spp**,** expresada en áreas de distribución potencial de las abejas carpinteras y abejorros de alta importancia en la polinización de los cultivos de granadilla.

Áreas de alta presión sobre los polinizadores, analizadas a partir de los usos y coberturas que generan fuerte impacto sobre la presencia de abejas, la capacidad de forrajeo, la nidificación y el mantenimiento de poblaciones viables.

Definición

El criterio intenta espaciar los ecosistemas y agroecosistemas que brindan las aptitudes más adecuadas para el establecimiento, desarrollo, reproducción y mantenimiento de poblaciones de insectos, aves y murciélagos polinizadores. Participan, entre otros polinizadores, las abejas carpinteras o abejorros *Xylocopa* sp. y *Bombus* sp. La polinización es un proceso que consiste en transferir el polen desde las anteras al estigma de la flor para fecundar el óvulo. De este modo, la polinización es un servicio ecosistémico, pues permite la obtención de frutos, la reproducción vegetal y la variabilidad genética. La polinización es uno de los más importantes servicios ecosistémicos, pues hace posible la producción de frutos y reproducción vegetal, servicio que es realizado principalmente por insectos, aves y murciélagos en los ecosistemas y agroecosistemas. Muchas especies son polinizadoras que coevolucionaron con las plantas y desarrollaron diversos mecanismos para asegurar la transferencia del polen. Esto ocurre sobre todo en ecosistemas tropicales, donde la distribución de muchas plantas requiere un alto grado de fidelidad polinizadora para que sea exitoso el proceso y se den los frutos (González, 2015).

Entre las pasifloras, la especie *Passiflora ligularis* posee una distribución neotropical, cuyo centro de diversificación son los Andes colombianos. En Colombia se registran 162 especies de pasifloras (Ocampo *et al*., 2007), lo que convierte al país como el de mayor diversidad de especies en el mundo. Una característica notable de esta familia botánica está en la diversidad en la morfología y en que la morfología y fisiología floral han coevolucionado con una alta variedad de visitantes y polinizadores. Varios autores han establecido que especies con flores azules, moradas, rosadas o amarillas, con antesis diurna, fragancia intensa y flores que no sobresalen del follaje, son polinizadas por las abejas; mientras que las flores rojas, sin fragancias y que sobresalen del follaje, son atractivas para los colibríes. Por su parte, los murciélagos visitan flores con colores blanco o crema, antesis nocturna y fragancias débiles.

De acuerdo con los estudios realizados sobre la biología floral de la granadilla, se ha determinado que las abejas carpinteras del género *Xylocopa* sp. y los abejorros del género *Bombus* sp. son los polinizadores más eficientes de estos cultivos. Al comparar la polinización natural con la polinización manual (autopolinización y polinización cruzada), resulta que esta especie es una planta autocompatible. Sin embargo, en ausencia de agentes polinizadores la producción es baja o nula. En Colombia se ha encontrado que también tiene alta importancia efectuar una polinización manual. No obstante, los rendimientos en la calidad del fruto disminuyen considerablemente frente a la polinización natural. Esto es significativo para el manejo agronómico del cultivo, ya que considera la presencia y la abundancia de agentes polinizadores para asegurar la productividad. En estudios recientes sobre cultivos de pasifloras en Colombia se resalta la necesidad de considerar el valor del servicio de polinización en el planeamiento y desarrollo de cultivos (Medina-Gutiérrez, 2012; Ocampo, 2007; García, 1998).

El criterio *potencial de polinización natural* que se evalúa indica las áreas en las que existe mayor probabilidad de la prestación de este servicio ecosistémico como factor de alta importancia para la productividad, sostenibilidad y viabilidad del cultivo, el cual, aunado a los demás criterios físicas, socioecosistémicos y socioeconómicos, permite generar las áreas de aptitud para la granadilla en Colombia. Es importante mencionar que la incorporación de este criterio coadyuva a la implementación de la iniciativa colombiana de polinizadores (ICP), que se ha desarrollado como uno de los esfuerzos por preservar un servicio estratégico que representa beneficios considerables para la productividad nacional y los modos de vida de su población, según la vocación agrícola, la posición geográfica y la alta diversidad de especies (Vélez *et al*., 2018; Nates-Parra *et al*., 2018; Pantoja *et al*., 2014).

Importancia del criterio

La polinización es un proceso que consiste en transferir el polen desde las anteras al estigma de la flor para fecundar el óvulo y el fruto (Ospina, 2000). De este modo, sirve como estrategia ecosistémica, pues permite la obtención de frutos, la reproducción vegetal y la variabilidad genética. Los insectos, entre los que se destacan las abejas carpinteras y los abejorrros, son animales que proporcionan eficientemente este servicio, pues generan beneficios que mejoran los productos y las condiciones del manejo de los cultivos comerciales.

Según Cepeda *et al*. (2000), «La polinización es un proceso clave tanto para los ecosistemas como para los agroecosistemas, cuya eficiencia es directamente afectada por la riqueza de polinizadores. Además, la deficiencia en la polinización produce efectos cascada que derivan en la reducción de frutos y semillas e incluso en la disminución de la densidad de las plantas en los ecosistemas. Este proceso es también crítico para la producción de alimentos y el bienestar humano, relacionando directamente a los ecosistemas con los agroecosistemas». En el caso de la granadilla, la polinización natural mantiene la productividad del cultivo al generar frutos de buena calidad, por lo que establecer áreas de mayor o menor potencialidad de presentación de polinizadores naturales (*Xylocopa* spp. y *Bombus* spp.) se convierte en un factor fundamental en la planificación y zonificación de las áreas aptas para el establecimiento de estos cultivos.

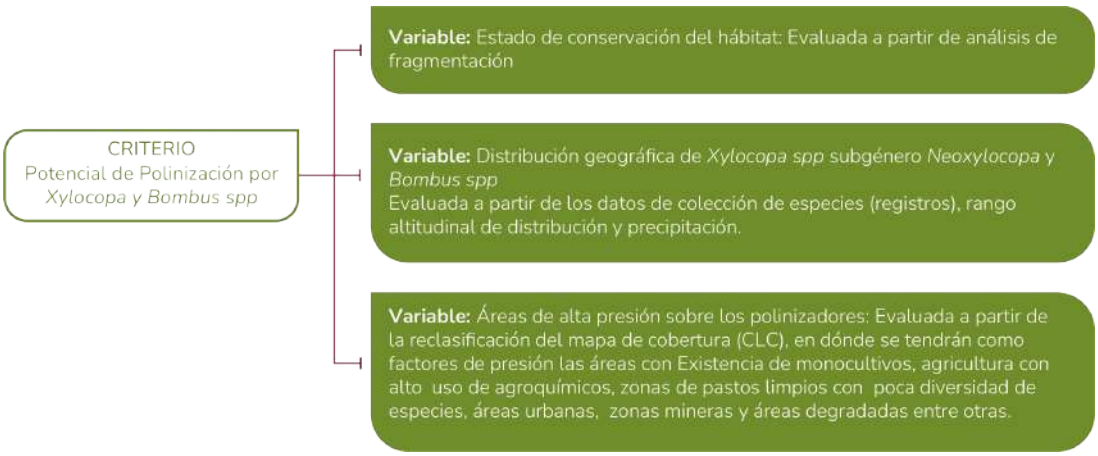
Limitantes de la evaluación del criterio

La información sobre biodiversidad —datos de colección que reposan en los museos— tiene limitaciones asociadas a la representatividad de los grupos taxonómicos y el esfuerzo de muestreo, por lo que es difícil presentar la información homogéneamente para las regiones.

Metodología de procesamiento de la información

El potencial de polinización natural de la granadilla de la *Xylocopa* spp. y del *Bombus* spp. se determinó mediante la cualificación en grados de aptitud e integración de tres variables de mayor relevancia en el conocimiento de la distribución, mantenimiento y probabilidad de encontrar poblaciones viables de las abejas carpinteras y de abejorros para suplir el servicio ecosistémico de polinización. Las variables fueron las siguientes: *estado de conservación del hábitat*, evaluada con métricas empleadas en la ecología del paisaje para establecer en qué estado de madurez se encuentran los hábitats y ecosistemas que soportan las poblaciones de *Xilocopa* spp. y *Bombus* spp.; *distribución geográfica de la Xylocopa* spp. *y del Bombus* spp., que determinó las áreas reconocidas de distribución natural de las abejas sobre registros establecidos en la colección de abejas del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia; y *áreas de alta presión para los polinizadores*, zonas del país en las que, por alta transformación y muy elevado uso de agroquímicos, afectan la presencia de las abejas carpinteras (ver siguiente figura).

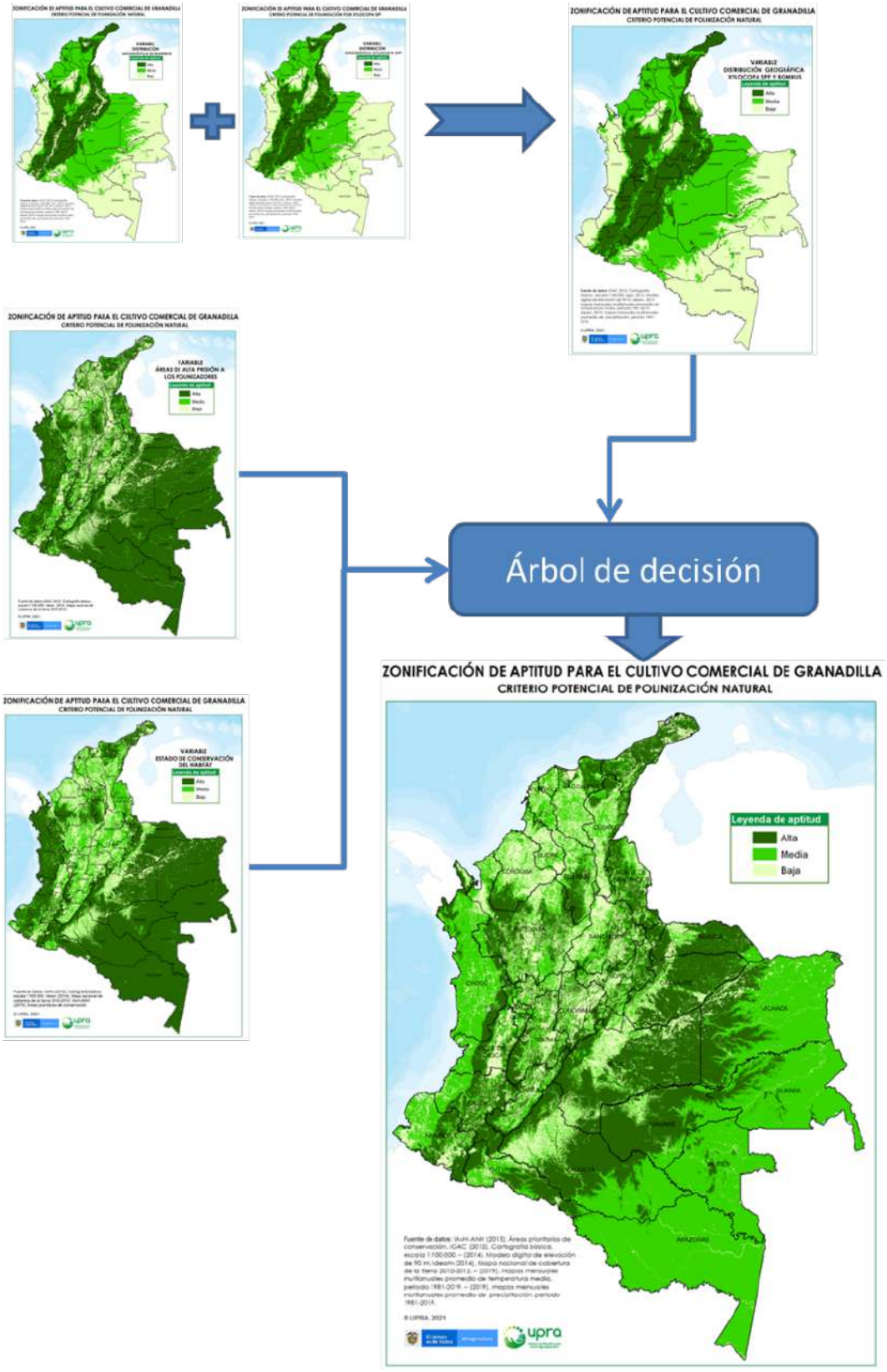
Procedimiento para determinar el potencial de polinización natural



Una vez evaluadas las variables, se integraron mediante un árbol de decisión y un análisis espacial. Luego, se generó la cartografía correspondiente al criterio, como se observa en la siguiente tabla, sobre el árbol de decisión para calificar los rangos de aptitud del *potencial de polinización natural*:

Integración del criterio *potencial de polinización natural*			
Distribución geográfica de la *Xylocopa* spp. y del *Bombus* spp.	Estado de conservación del hábitat	Áreas de alta presión sobre los polinizadores	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A2
	A2	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A1
		A2	A2
		A3	A3
A2	A1	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
A3	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3

Generación del mapa de potencial de polinización mediante análisis espacial



Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		A1	A2	A3	N1
Estado de conservación del hábitat	Categórica	Hábitats bien conservados: poseen la madurez, composición y estructura adecuada para el mantenimiento de las poblaciones. Brinda todas las características necesarias de protección, suministro de alimento (variedad de especies vegetales para el forrajeo) y conectividad para propiciar un buen intercambio genético entre las poblaciones de *Xylocopa* spp. *y Bombus* spp.	Hábitats moderadamente conservados: áreas en las cuales se pueden empezar a presentar limitantes ecosistémicas para el establecimiento y el mantenimiento de poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp.	Hábitats muy poco conservados: áreas muy transformadas con fuertes limitantes para mantener poblaciones viables de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp.	—
Áreas de alta presión sobre los polinizadores	Categórica	Áreas con baja presión sobre poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp: probabilidad alta de presencia y mantenimiento de poblaciones naturales.	Áreas en las cuales la presión sobre poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp empieza a presentar impactos negativos sobre la presencia y mantenimiento de poblaciones naturales.	Áreas en las cuales la presión sobre poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp es muy alta: se presentan fuertes impactos negativos sobre la presencia y mantenimiento de poblaciones naturales.	—
Distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.	Categórica	Áreas con alta probabilidad de distribución de las especies: el medio natural cumple con todos los requisitos ambientales para sostener poblaciones.	Áreas con moderada probabilidad de distribución de las especies: el medio natural cumple con algunos requisitos ambientales para sostener poblaciones.	Áreas con baja probabilidad de distribución de las especies: el medio natural no cumple con los requisitos ambientales para sostener poblaciones.	—

Fuentes de información

Brittain, C., Kremen, C., Klein, A.M. (2013). Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Glob Chang Biol, 19*(2), 540-547. DOI: 10.1111/gcb.12043

Cepeda-Valencia, J. Gómez, D. y Nichols, C. (2014). La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Rev Colomb Entomol, 40*(2), 241-250. https://n9.cl/usqww

González, M.A. (2015). *Evaluación de los servicios ecosistémicos ofrecidos por insectos polinizadores en un cultivo de maracuyá (Passiflora edulis) y lulo (Solanum quitoense), en las veredas Chancos y Samaria, Riosucio (Caldas, Colombia)*. Universidad ICESI. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología. https://n9.cl/z1adhl

Medina-Gutiérrez, J, Ospina-Torres, R, Nates-Parra, G. (2012). Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* F. *edulis*). *Acta Biol Colomb., 17*(2), 381-396. https://n9.cl/ptj10

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2018). *Iniciativa colombiana de polinizadores*. Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). https://n9.cl/gadqc

Nates-Parra, G., Ospina, R., Rodríguez-Calderón, A.T., Chamorro, F.J., Henao-Cárdenas, M.M., Calderón, L.V., Pinilla-Gallego, M.S. (2016). Polinización en cultivos promisorios. En: Nates-Parra, G. (Ed.). *Iniciativa colombiana de polinizadores* (pp. 237-250). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. https://n9.cl/2jpiw

O'Brien, S. & Daily, G. (1998). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. *Electron Green J, 1*(8), 392. DOI: https://doi.org/10.5070/G31810307

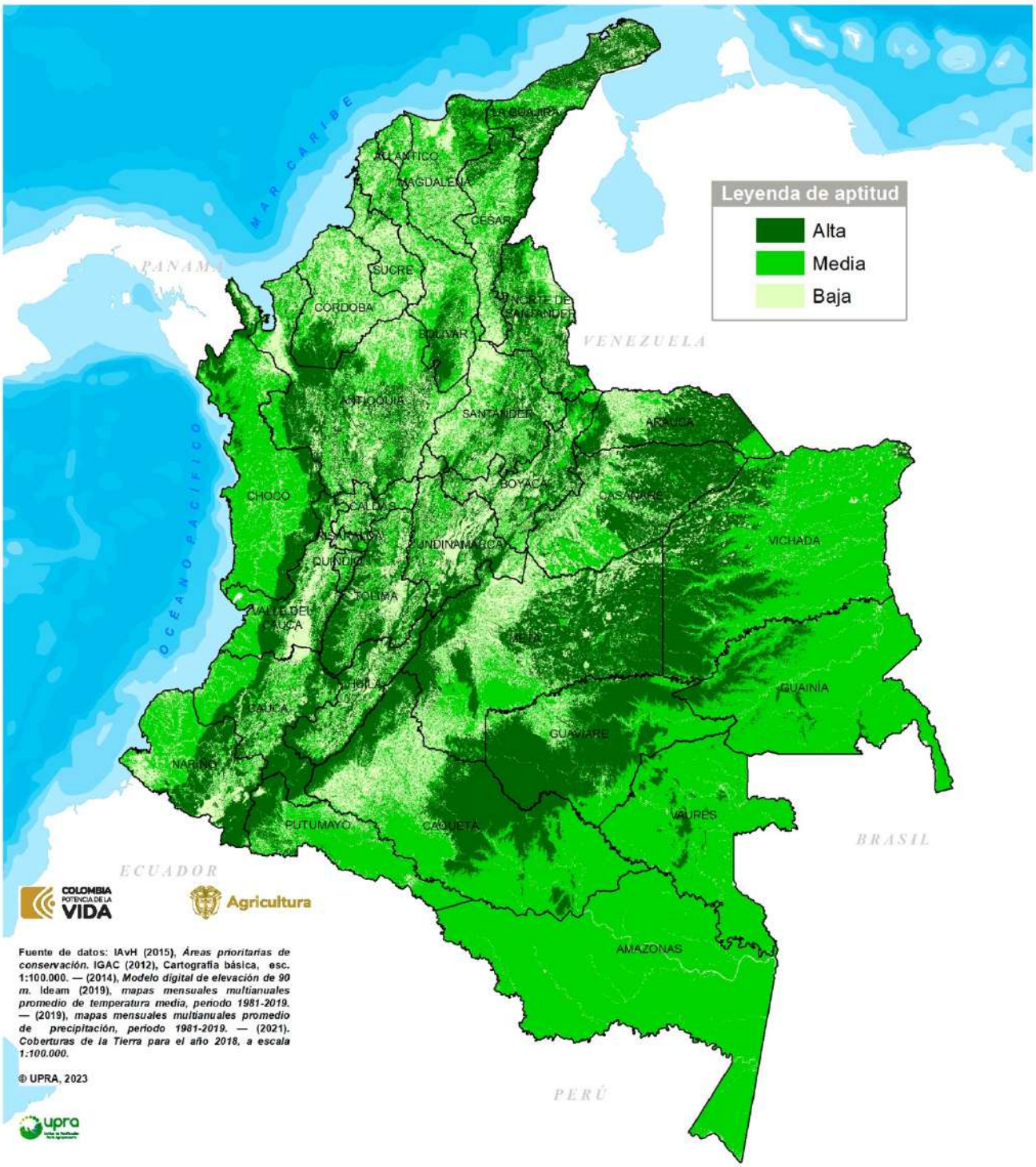
Ocampo J., Coppens, G., Restrepo, M., Jarvis, A., Salazar, M. y Caetano C. (2007). Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. *Biota Colombiana, 8*(1), 1-45. https://hdl.handle.net/10568/42750

Ospina, M. (2000). Abejas carpinteras (*Hymenoptera*: *Apidae*: *Xylocopinae*: *Xylocopini*) de la región neotropical. *Biota Colombiana, 1*(3), 239-252. https://n9.cl/bob2i

Pantoja, A., Smith-Pardo, A., García A., Sáenz, A. y Rojas, F. (2014). Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://n9.cl/1wzlq

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *potencial de polinización natural*

2.1.1. Variable *estado de conservación del hábitat*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *potencial de polinización natural*		
Variable: *estado de conservación del hábitat*	Unidad de medida: categoría cualitativa asignada a partir valores de costo-distancia acumulada, área de parches y dimensión fractal	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Grado de integridad natural, madurez y capacidad de soporte para el establecimiento de poblaciones naturales de polinizadores de los hábitats y ecosistemas evaluados a partir de la heterogeneidad y estructura del paisaje. De acuerdo con Turner (1989), la relevancia del estudio del paisaje y su apreciación mediante la caracterización por la heterogeneidad espacial (estructura) del tamaño y tipo de parches, relación área perímetro o dimensión fractal y conectividad espacial constituyen el establecimiento de las formas dinámicas que se presentan en la utilización de un área determinada. Esto se analiza en la evolución de las formas de aprovechamiento e intervención humana; en la incidencia y control sobre la abundancia; y en la composición de especies, el patrón de distribución y la viabilidad que tienen las poblaciones para sobrevivir.

Importancia de la variable

El análisis espacial del paisaje y de sus parches es fundamental para establecer el grado de conservación de un hábitat determinado, dada su influencia en los procesos de regeneración, sucesión y mantenimiento de las especies animales (Páramo, 2003). Entre éstas, se destacan las abejas polinizadoras del género *Xylocopa* y *Bombus*, cuya eficiencia de la prestación del servicio ecosistémico de polinización es definitiva.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

La variable no generó exclusiones de tipo técnico. Con el propósito de calificar el nivel de aptitud, se aplicó un árbol de decisión entre el grado de transformación de los hábitats (paisajes) evaluado a partir de una reclasificación y calificación de las categorías de cobertura del mapa de coberturas (IDEAM, 2012); y el grado de fragmentación del paisaje, obtenido a partir de la categorización en rangos de aptitud por la integración de las métricas calculadas de tamaño medio del parche, dimensión fractal y conectividad, previamente categorizadas.

La siguiente tabla muestra la reclasificación efectuada sobre las categorías de cobertura, lo cual permite la agrupación de las áreas en cuatro tipos de clases por grado de transformación, es decir, ecosistemas naturales, ecosistemas poco transformados, áreas totalmente agrícolas y zonas muy transformadas:

Reclasificación de la cobertura por grado de transformación
Exclusiones
3.3.1. Zonas arenosas naturales.
3.3.1.1. Playas.
3.3.1.2. Arenales.
3.3.1.3. Campos de dunas.
3.3.2. Afloramientos rocosos.
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas.
3.3.4. Zonas quemadas.
5.1.1. Ríos.
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales.
5.1.3. Canales.
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales.
5.1.4.1. Embalses.
5.1.4.2. Lagunas de oxidación.
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental.
5.2.1. Lagunas costeras.
5.2.3. Estanques para acuicultura marina.

Naturales	
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme.	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable.
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable.	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado.
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto inundable heterogéneo.	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado.
3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto.	3.2.1.1.2.3. Arracachal.
3.1.1.1.2.3. Palmares.	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso.
3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme.	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso.
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable.	3.2.2.1. Arbustal denso.
3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme.	3.2.2.2. Arbustal abierto.
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable.	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo.
3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme.	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición.
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable.	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta.
3.1.3. Bosque fragmentado.	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja.
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos.	4.1.1. Zonas pantanosas.

3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria.	4.1.2. Turberas.
3.1.4. Bosque de galería y ripario.	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua.
3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado.	4.2.1. Pantanos costeros.
3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado.	4.2.2. Salitral.
3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos.	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar.

Poco transformados
2.2.4. Cultivos agroforestales.
2.2.4.1. Pastos y árboles plantados.
2.3.1. Pastos limpios.
2.3.2. Pastos arbolados.
2.3.3. Pastos enmalezados.
2.4.1. Mosaico de cultivos.
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales.
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales.
3.1.5. Plantación forestal.
3.1.5.1. Plantación de coníferas.
3.1.5.2. Plantación de latifoliadas.

Totalmente agrícolas	
1.4.1. Zonas verdes urbanas.	2.2.1.2. Caña.
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas.	2.2.1.2.1. Caña de azúcar.
2.1.1. Otros cultivos transitorios.	2.2.1.2.2. Caña panelera.
2.1.2. Cereales.	2.2.1.3. Plátano y banano.
2.1.2.1. Arroz	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos.
2.1.2.2. Maíz.	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos.
2.1.2.3. Sorgo.	2.2.2.2. Café.
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas.	2.2.2.3. Cacao.
2.1.3.1. Algodón.	2.2.2.4. Viñedos.
2.1.3.4. Soya.	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos.
2.1.4. Hortalizas.	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos.
2.1.4.1. Cebolla.	2.2.3.2. Palma de aceite.
2.1.5. Tubérculos.	2.2.3.3. Cítricos.

2.1.5.1. Papa.	2.2.3.4. Mango.
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos.	2.2.5. Cultivos confinados.
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos.	—

Muy transformados
1.1.1. Tejido urbano continuo.
1.1.2. Tejido urbano discontinuo.
1.2.1. Zonas industriales o comerciales.
1.2.1.1. Zonas industriales.
1.2.1.2. Zonas comerciales.
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados.
1.2.2.1. Red vial y territorios asociados.
1.2.3. Zonas portuarias.
1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales.
1.2.4. Aeropuertos.
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada.
1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada.
1.2.5. Obras hidráulicas.
1.3.1. Zonas de extracción minera.
1.3.1.1. Otras explotaciones mineras.
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos.
1.3.1.3. Explotación de carbón.
1.3.1.4. Explotación de oro.
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción.
1.3.1.6. Explotación de sal.
1.3.2. Zona de disposición de residuos.
1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto.
1.3.2.4. Relleno sanitario.
1.4.1.2. Parques cementerio.
1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas.
1.4.2. Instalaciones recreativas.
1.4.2.1. Áreas culturales.
1.4.2.2. Áreas deportivas.
1.4.2.3. Áreas turísticas.

Los parámetros involucrados en el análisis de fragmentación realizado para las cuatro clases de transformación se evaluaron mediante la integración a partir de un árbol de decisión para obtener la aptitud según la fragmentación, como se muestra en la siguiente tabla sobre el árbol de decisión para la calificación de la fragmentación para las clases de transformación del hábitat:

Fragmentación			
Conectividad	Dimensión fractal	Índice de tamaño de parches	Grado de aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A1
		A2	A2
		A3	A3
A2	A1	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A3
		A3	A3
A3	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3

De acuerdo con los valores de aptitud obtenidos, se definió el grado de fragmentación de los hábitats de la manera siguiente:

Calificación del parámetro de grado de fragmentación	
Categoría de aptitud	Grado de fragmentación del hábitat
A1	*Hábitats poco fragmentados:* poseen un tamaño adecuado, baja dimensión fractal (es decir que sus bordes presentan pocas sinuosidades, lo cual los hace más compactos a la fragmentación y con una buena conectividad con los parches similares, haciendo de éstos (desde la fragmentación) áreas idóneas para el establecimiento de polinizadores.
A2	*Hábitats moderadamente fragmentados:* hábitats que empiezan a perder su integridad desde el punto de vista de la fragmentación. Son áreas buenas para el establecimiento y desarrollo de los polinizadores pero con niveles más restrictivos.
A3	*Hábitats altamente fragmentados:* hábitats que, por su alta fragmentación, presentan barreras fuertes para el establecimiento y mantenimiento de poblaciones aptas de las especies polinizadoras evaluadas.

Una vez realizado el análisis de fragmentación, se procedió a la combinación de los parámetros evaluados a través de un árbol de decisión con el fin de obtener la cualificación en categorías de aptitud para la variable, como se observa en la tabla siguiente:

Árbol de decisión para la calificación de la variable *estado de conservación del hábitat*

Transformación	Fragmentación	Grado de aptitud
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A1
	A2	A2
	A3	A2
A2	A3	
	A3	A3

De acuerdo con la calificación obtenida, los rangos de aptitud (A1, A2 y A3) se interpretaron como se registra en la siguiente tabla:

Interpretación de categorías de aptitud de la variable *estado de conservación del hábitat*

Categoría de aptitud	Estado de conservación del hábitat
A1	*Hábitats bien conservados:* poseen la madurez, composición y estructura adecuada para el mantenimiento de polinizadores. Brinda todas las características necesarias de protección, suministro de alimento (variedad de especies vegetales para el forrajeo) y conectividad para propiciar un buen intercambio genético entre diferentes poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp.
A2	*Hábitats moderadamente conservados:* áreas en las cuales se pueden empezar a presentar limitantes ecosistémicas para el establecimiento y el mantenimiento de poblaciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus*.
A3	*Hábitats muy poco conservados:* áreas muy transformadas con fuertes limitantes para mantener poblaciones viables de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp.

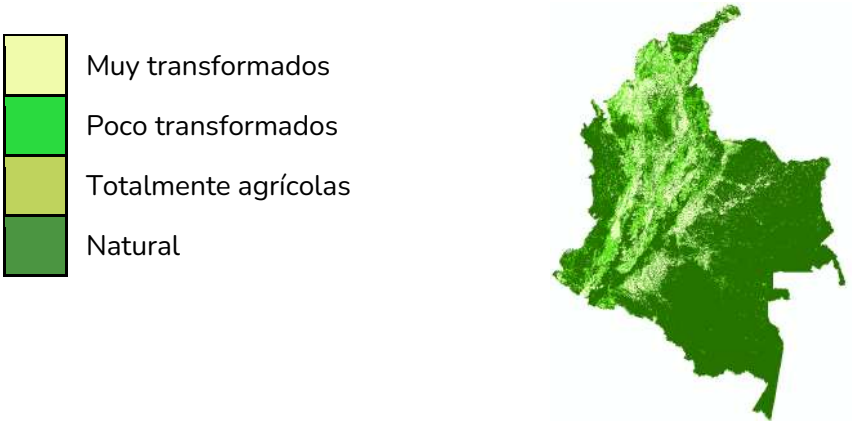
Limitantes de la evaluación de la variable

La dinámica de la cobertura vegetal en el territorio representó un nivel de incertidumbre o rezago. Por tal razón, el uso de la variable tiene una temporalidad y debe ser actualizada para ser incorporada en la zonificación.

Metodología de procesamiento de la información

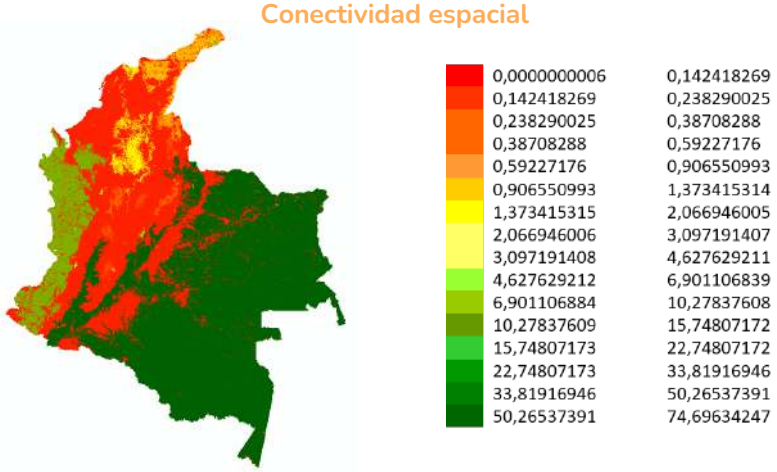
Para el análisis se partió del mapa de coberturas de la tierra adaptado para Colombia (Ideam, 2012). Se tomaron todos los tipos de coberturas vegetales y se realizó la reclasificación en términos de transformación para obtener el mapa de grados de transformación del hábitat, como se observa en la siguiente figura:

Grado de transformación del hábitat

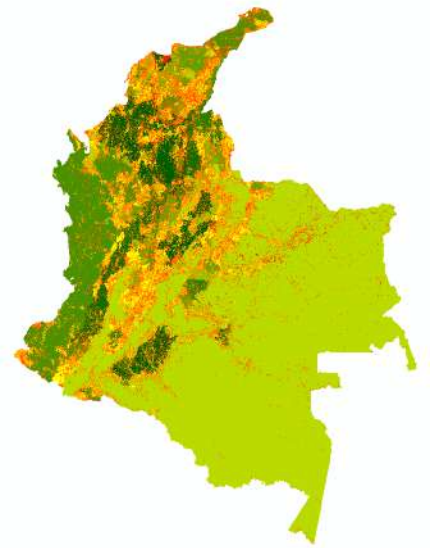


Clasificadas las coberturas de la tierra según el grado de transformación, cada categoría resultante se consideró como de diferente clase para el análisis de fragmentación. Se emplearon las métricas tamaño medio del parche, dimensión fractal y conectividad estructural entre parches. Para medir la dimensión fractal y el tamaño medio del parche, se usaron las ecuaciones de Mcgarigal-Mars (1995) y Turner (1989). Se aplicaron mediante análisis espacial con el programa ArcGIS y la extensión Patch Analyst, herramienta compatible con ArcGIS que permite cuantificar la estructura de los paisajes mediante un conjunto de métricas. La dimensión fractal es el índice del paisaje que provee la medida de la complejidad de los patrones espaciales para comparar paisajes reales por la geometría de patrones. El grado de rugosidad del borde representa la posibilidad de que un parche determinado pueda o no fragmentarse. El tamaño medio del parche mostró la relación entre los tamaños de los parches de cada clase con respecto al parche de mayor extensión, ésta métrica ilustra la capacidad de mantener poblaciones en un área adecuada (Páramo, 2003). La otra métrica utilizada en el análisis fue el análisis de conectividad espacial, utilizando la metodología planteada por UPRA (ver siguientes figuras).

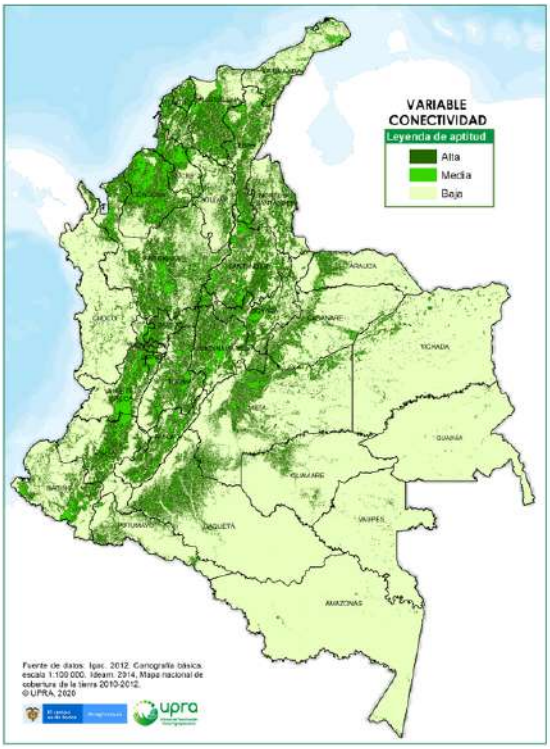
Conectividad espacial



Dimensión fractal

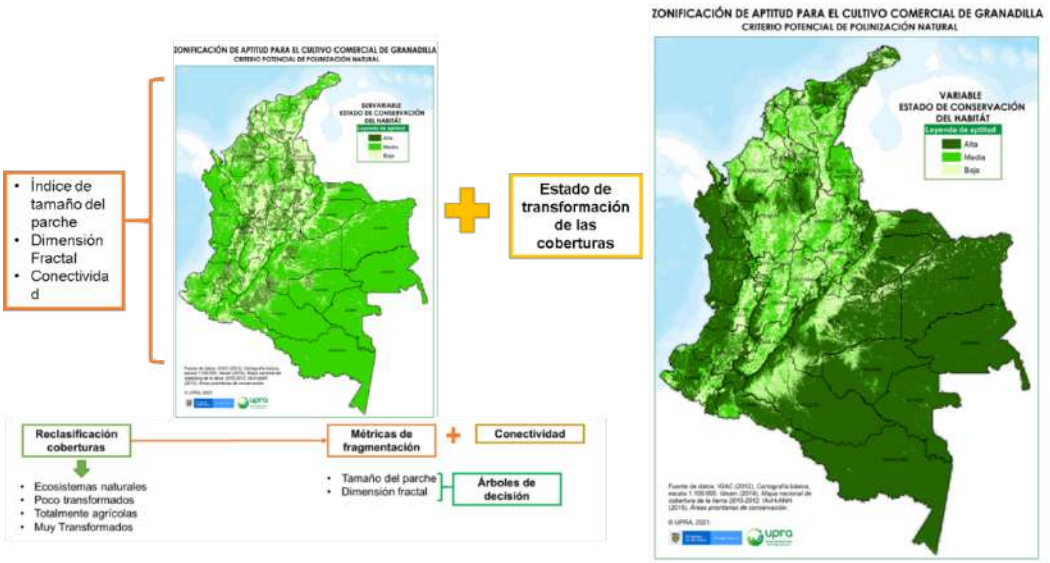


1.209.163.501	1.244.385.308
1.244.385.309	1.273.808.288
1.273.808.289	1.298.387.143
1.298.387.144	1.318.919.398
1.318.919.399	1.336.071.275
1.336.071.276	1.350.399.311
1.350.399.312	1.362.368.415
1.362.368.415	1.372.366.956
1.372.366.957	1.380.719.363
1.380.719.364	1.387.696.651
1.387.696.652	1.393.525.217
1.393.525.218	1.398.394.182
1.398.394.183	1.404.222.747
1.404.222.747	1.411.200.035
1.411.200.036	1.419.550.983
1.419.550.984	14.415.200.983
14.415.200.984	1.441.520.088
1.441.520.089	1.455.848.123
1.455.848.124	1.473



A partir del cálculo de las métricas del paisaje, se procedió a categorizar cada uno de los mapas obtenidos en rangos de aptitud. Por último, con el propósito de evaluar la variable *estado de conservación del hábitat* se desarrolló un análisis especial (álgebra de mapas) mediante la aplicación de un árbol de decisión, como se muestra a continuación:

Integración de parámetros para la obtención de la variable



Unidad de análisis

Categorías de conservación del hábitat.

Fuentes de información

Forman, R.T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.

Forman, R.T. & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. John Wiley and Sons.

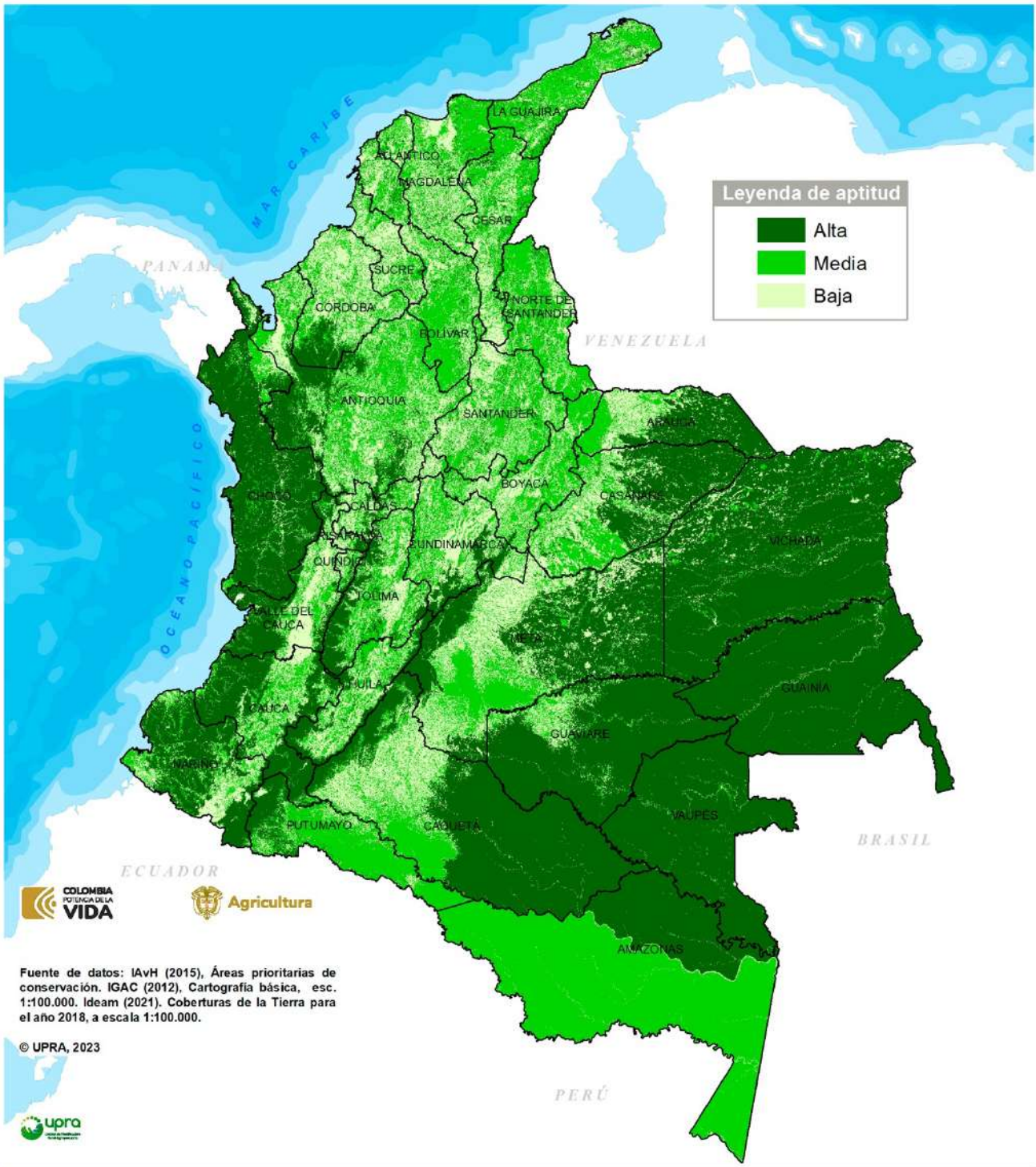
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

McGarigal, K., Marks, B.J., (1995). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351.

Páramo, G.E. (2003). Composición, heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del Distrito Capital de Bogotá, Colombia. *Pérez-Arbelaezia,* (14), 25-71.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *potencial de polinización natural*
Variable *estado de conservación del hábitat*

2.1.2. Variable *áreas de alta presión sobre los polinizadores*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *potencial de polinización natural*		
Variable: *áreas de alta presión sobre los polinizadores*	Unidad de medida: variable categórica cualitativa	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Zonas en las cuales se presentan situaciones críticas que amenazan las poblaciones de abejas polinizadoras, en este caso, de la *Xylocopa* sp. y del *Bombus* sp. En consecuencia, la prestación del servicio ecosistémico de polinización que se podría prestar en una región determinada se ve comprometida. La variable se evalúa a partir de la reclasificación del mapa de cobertura (CLC), cuyos factores de presión son las áreas con existencias de monocultivos; la agricultura con alto uso de agroquímicos; las zonas de pastos limpios con poca diversidad de especies; las áreas urbanas; las zonas mineras; y las áreas degradadas.

Importancia de la variable

Muestra espacialmente las prácticas de agricultura industrial y de alto impacto; la transformación humana de ecosistemas; y la homogenización de la diversidad que compromete la eficiencia de la polinización (León, 2014). Según Nates *et al*. (2016), esto afecta la relación planta-polinizador en las pasifloráceas, no sólo por la aplicación de plaguicidas y sistemas de riego, sino también por la pérdida de hábitats que proveen refugio, recursos de nidificación, recursos alimenticios alternos a los de los cultivos y la entomofobia/subvaloración de las abejas, pues existe una actitud negativa con las abejas en la destrucción de nidos y la estigmatización como insectos peligrosos para personas y animales domésticos. Esto se debe considerar para el manejo agronómico de los cultivos de granadilla y la presencia de polinizadores para la productividad.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Esta variable no generó exclusión. Se identificó un rango de variación cualitativo sobre los tipos de cobertura y se generó un descriptor de la presencia nacional. Los rangos de evaluación atañeron a los criterios de la leyenda del mapa de cobertura para Colombia, que crearon las categorías registradas en la siguiente tabla —cabe aclarar que en las áreas de mayor aptitud por presión a los indicadores existe la mayor probabilidad de presencia de poblaciones de abejas—:

Reclasificación de la leyenda del mapa de cobertura de la tierra (CLC) en rangos de aptitud por presión alta a lo polinizadores

A1	A2	A3	
2.2.2.3. Cacao.	2.1.1. Otros cultivos transitorios.	1.1.1. Tejido urbano continuo.	2.1.5. Tubérculos.
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos.	2.1.4. Hortalizas.	1.1.2. Tejido urbano discontinuo.	2.1.5.1. Papa.
2.2.4. Cultivos agroforestales.	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos.	1.2.1. Zonas industriales o comerciales.	2.2.1.2. Caña.
2.3.3. Pastos enmalezados.	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos.	1.2.1.1. Zonas industriales.	2.2.1.2.1. Caña de azúcar.
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme.	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos.	1.2.1.2. Zonas comerciales.	2.2.1.2.2. Caña panelera.
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable.	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos.	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados.	2.2.1.3. Plátano y banano.
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto inundable heterogéneo.	2.2.2.2. Café.	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados.	2.2.2.4. Viñedos.
3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto.	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos.	1.2.3. Zonas portuarias.	2.2.3.2. Palma de aceite.
3.1.1.1.2.3. Palmares.	2.2.3.3. Cítricos.	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales.	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados.
3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme.	2.2.3.4. Mango.	1.2.4. Aeropuertos.	2.2.5. Cultivos confinados.
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable.	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada.	2.3.1. Pastos limpios.
3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme.	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales.	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada.	2.3.2. Pastos arbolados.
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable.	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales.	1.2.5. Obras hidráulicas.	2.4.1. Mosaico de cultivos.
3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme.	4.1.1. Zonas pantanosas.	1.3.1. Zonas de extracción minera.	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.

A1	A2	A3	
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable.	4.1.2. Turberas.	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras.	3.3.1. Zonas arenosas naturales.
3.1.3. Bosque fragmentado.	—	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos.	3.3.1.1. Playas.
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos.	—	1.3.1.3. Explotación de carbón.	3.3.1.2. Arenales.
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria.	—	1.3.1.4. Explotación de oro.	3.3.1.3. Campos de dunas.
3.1.4. Bosque de galería y ripario.	—	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción.	3.3.2. Afloramientos rocosos.
3.1.5. Plantación forestal.	—	1.3.1.6. Explotación de sal.	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas.
3.1.5.1. Plantación de coníferas.	—	1.3.2. Zona de disposición de residuos.	3.3.4. Zonas quemadas.
3.1.5.2. Plantación de latifoliadas.	—	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto.	4.2.2. Salitral.
3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado.	—	1.3.2.4. Relleno sanitario.	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar.
3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado.	—	1.4.1. Zonas verdes urbanas.	5.1.1. Ríos.
3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos.	—	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas.	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales.
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable.	—	1.4.1.2. Parques cementerio.	5.1.3. Canales.
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado.	—	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas.	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales.
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado.	—	1.4.2. Instalaciones recreativas.	5.1.4.1. Embalses.
3.2.1.1.2.3. Arracachal.	—	1.4.2.1. Áreas culturales.	5.1.4.2. Lagunas de oxidación.

A1	A2	A3	
3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso.	—	1.4.2.2. Áreas deportivas.	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental.
3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso.	—	1.4.2.3. Áreas turísticas.	5.2.1. Lagunas costeras.
3.2.2.1. Arbustal denso.	—	2.1.2. Cereales.	5.2.3. Estanques para acuicultura marina.
3.2.2.2. Arbustal abierto.	—	2.1.2.1. Arroz.	
3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo.	—	2.1.2.2. Maíz.	
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición.	—	2.1.2.3. Sorgo.	
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta.	—	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas.	
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja.	—	2.1.3.1. Algodón.	
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua.	—	2.1.3.4. Soya.	
4.2.1. Pantanos costeros.	—	2.1.4.1. Cebolla.	

Limitantes de la evaluación de la variable

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó esta variable. 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, engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información para la gestión del territorio a escala regional.

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 características temáticas de cobertura y uso de la tierra del país. Ésta requiere el conocimiento de recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y la apropiación del espacio

geográfico (Ideam, 2012). Mediante este ejercicio fue posible reclasificar cada unidad de la cobertura de la tierra, asignando un grado de aptitud (A1, A2, A3), reclasificación que se fundamentó en el tipo de cobertura. Este procedimiento implicó analizar las características de cada tipo de cobertura, su importancia ambiental y los factores tensionantes sobre las poblaciones de abejas polinizadoras que según el uso y el tipo de cobertura se pueden identificar.

Unidad de análisis

Categorías del grado presión sobre las abejas carpinteras del género *Xylocopa* y los abejorros del género *Bombus*.

Fuentes de información

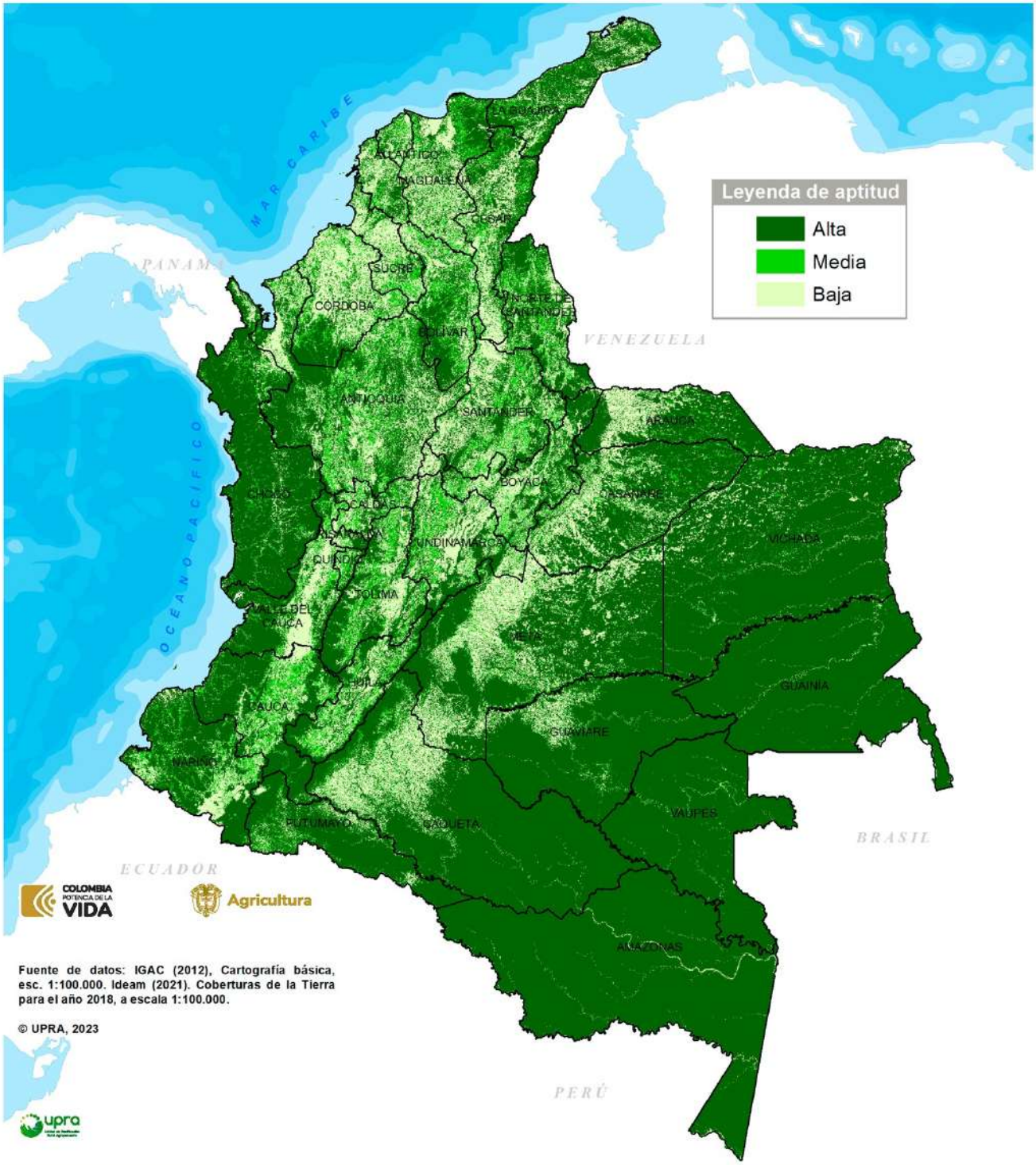
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

León, T. (2014). *Perspectiva ambiental de la agroecología: la ciencia de los agroecosistemas*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia.

Nates-Parra, G., Ospina, R., Rodríguez-Calderón, A.T., Chamorro, F.J., Henao-Cárdenas, M.M., Calderón, L.V., Pinilla-Gallego, M.S. (2016). Polinización en cultivos promisorios. En: Nates-Parra, G. (Ed.). *Iniciativa colombiana de polinizadores* (pp. 237-250). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. https://n9.cl/2jpiw

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *potencial de polinización natural*
Variable *áreas de alta presión sobre los polinizadores*

2.1.3. Variable *distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *potencial de polinización natural*		
Variable: *distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.*	Unidad de medida: categorías de probabilidad de presencia y distribución de *Xylocopa* spp. *y Bombus* spp. en el país	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Diagnóstico de la distribución potencial de las abejas carpinteras y los abejorros, de acuerdo con la probabilidad de encontrarse poblaciones aptas para ejercer el servicio ecosistémico de la polinización en cultivos de granadilla en algunos lugares del territorio. El tamaño de las abejas del género *Xylocopa* (familia *Apidae*, *Himenóptera*) oscila entre 13 y 30 milímetros. Las hembras son de color negro y los machos, de color amarillo o con marcas amarillas. Nidifican sobre la madera seca y elaboran pasajes paralelos en series de pequeñas celdas. Se encuentran hembras encargadas del cuidado de un nido, por lo que es posible diferenciar jerarquías al interior.

Las abejas del género *Xylocopa* se encuentran en todos los continentes (Michener, 2000; 2007). En Colombia están ampliamente distribuidas, aunque no hay reportes para la región del Pacífico. En la Amazonia se encuentra en el Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés; en la región Andina, en Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca; en el Caribe, en Atlántico, Magdalena y Sucre; en la Orinoquia, en Casanare, Meta y Vichada. El género se distribuye altitudinalmente hasta los 2.700 m s. n. m. (Vélez-Ruiz, 2009). Los abejorros o abejas del género *Bombus* (Latreille, 1802) son un grupo importante de insectos sociales reconocidos en latitudes altas y regiones templadas como polinizadores de plantas silvestres y agrícolas. Sin embargo, en Colombia se pueden encontrar en altitudes desde los 0 hasta los 3 600 m s. n. m.

Estas abejas, robustas y peludas, tienen adaptaciones termorreguladoras, incluida la endotermia facultativa, lo cual les permite vivir en grandes elevaciones, como los ecosistemas alpinos y, en el caso de Colombia, en páramos. El conocimiento y conservación de estos organismos es esencial por la coevolución con plantas silvestres y de producción agrícola en regiones altoandinas (Liévano *et. al*, 1994; González *et al*, 2005).

Importancia de la variable

Contribuye a discriminar las unidades de mayor concentración y probabilidad de distribución de las especies de los géneros *Xylocopa* y *Bombus* en el territorio colombiano como potenciales polinizadores de la granadilla y de áreas en las cuales la productividad de los cultivos podría verse fortalecidas por la prestación del servicio ecosistémico de la polinización (Bonilla, 2016).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

La variable no generó valores de exclusión. El nivel de aptitud se refiere a la probabilidad corológica de presencia de las especies, como se puede consultar en la siguiente tabla:

Rangos de aptitud de la variable *distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.*

Aptitud para la distribución geográfica de la *Xylocopa* spp. y del *Bombus* sp.	Categoría de aptitud	Descripción
Alta	A1	Áreas con alta probabilidad de distribución de la especie: el medio natural cumple con todos los requisitos ambientales para sostener poblaciones (>0,6).
Moderada	A2	Áreas con moderada probabilidad de distribución de la especie: el medio natural cumple con algunos criterios ambientales para sostener poblaciones (0,3-0,6).
Baja	A3	Áreas con baja probabilidad de distribución de la especie: el medio natural no cumple con los requisitos ambientales para sostener poblaciones (<0,3).

Limitantes de la evaluación de la variable

Actualmente, en Colombia sólo se conocen estudios y colecciones de museo sobre sitios de colección de abejas de los géneros *Xylocopa* y *Bombus*, por lo que, aunque el nivel de colección es adecuado, faltan más colecciones a nivel de país. No se han realizado modelos corológicos previos sobre los factores que inciden en la distribución.

Metodología de procesamiento de la información

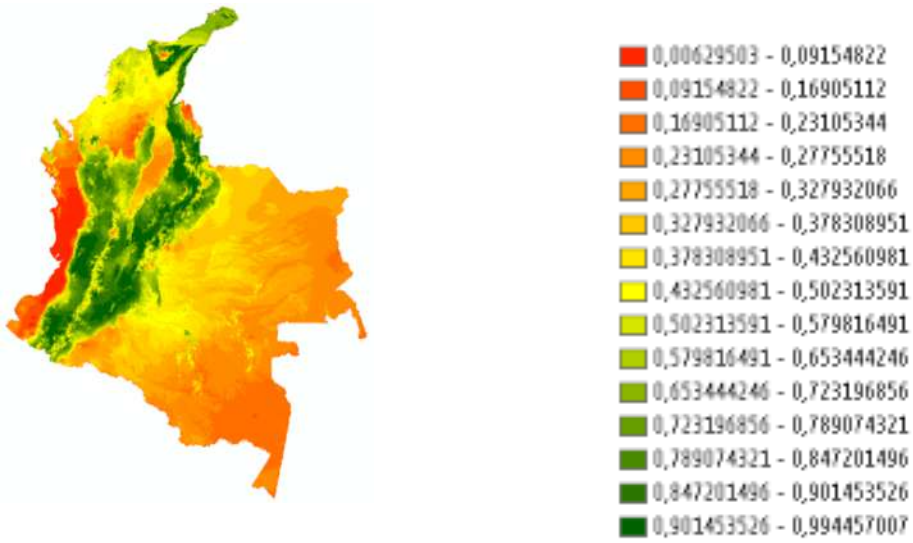
La metodología utilizada para la evaluación de la variable se fundamentó en la ubicación cartográfica de los puntos de colección de las abejas carpinteras y abejorros, según información del Laboratorio de Abejas del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia (LABUN). Esta colección de abejas tiene el mayor número de taxones representados en Colombia, pues alberga unos 27.000 ejemplares de las regiones naturales para los géneros de la familia *Apidae* (Nates, 2016). Una vez georreferenciados los puntos de colección de la *Xylocopa* spp. y del *Bombus* spp., se identificaron las variables ecológicas y ambientales de mayor importancia para cada sitio de colección, de lo cual se encontró que el rango altitudinal y la precipitación fueron las variables que más condicionan tal distribución.

Posteriormente, con la información y mediante la utilización de la extensión MaxEnt para ArcGIS, se generó la modelación de áreas de distribución, la cual se empleó como entrada principal las áreas que las variables de presión a polinizadores indican la favorabilidad o desfavorabilidad de encontrar las especies. El modelo generado por el MaxEnt es un paquete informático desarrollado para modelar nichos y distribuciones de especies mediante la aplicación de una técnica de aprendizaje automático, llamada *máxima entropía*.

Esta extensión se calculó a partir de un conjunto de cuadrículas ambientales —por ejemplo, climáticas— y de localidades de colecciones georreferenciadas, una distribución de probabilidad donde cada celda de la cuadrícula tiene una idoneidad prevista de las condiciones para la especie. Bajo supuestos particulares sobre los datos de entrada y los esfuerzos de muestreo biológico que llevaron a los registros de presencia, la salida se interpretó como probabilidad de presencia predicha, transformación de obstrucción, abundancia local predicha o salida exponencial sin procesar (Philips *et al*., 2020).

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 y Bombus* (ver figuras siguientes).

Modelo de probabilidad de distribución espacial del género *Xylocopa*

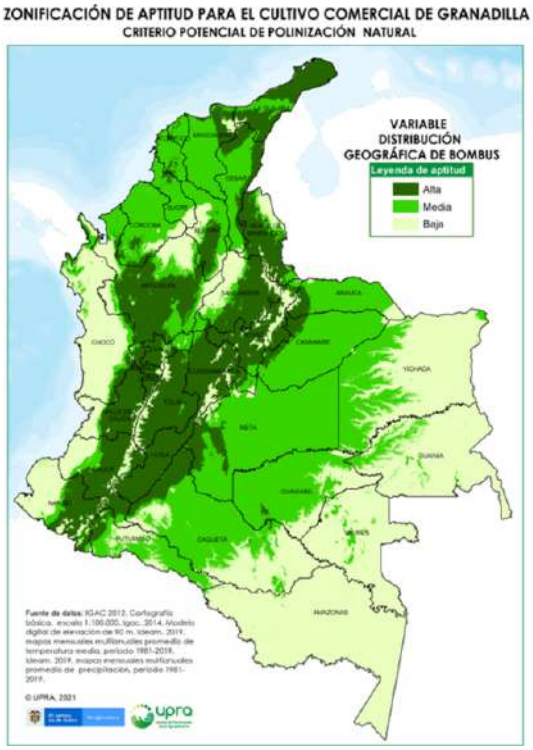


Cultivo comercial de granadilla.
Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000

Categorización en rangos de aptitud para distribución espacial del género *Xylocopa*

APTITUD
ALTO
MEDIO
BAJO

Modelo de probabilidad de distribución espacial del *Bombus*



Unidad de análisis

Unidades categóricas de distribución espacial de los géneros *Xylocopa y Bombus*.

Fuentes de información

Bonilla, M.A. (2016). El servicio ecosistémico de polinización prestado por las abejas En: Nates-Parra, G. (Ed.). *Iniciativa colombiana de polinizadores* (pp. 41-58). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. https://n9.cl/2jpiw

González, V.H., Ospina, M. y Bennett, D.J. (2005). Abejas altoandinas de Colombia: guía de campo. Instituto de Investigación y Recursos biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). https://n9.cl/1hjrr

Liévano, A., Nates, G. y Ospina, R. (1991). Distribución altitudinal del género *Bombus* en Colombia (*Hymenoptera: Apidae*). *Trianea: Acta Científica y Tecnológica, 4*(1), 541-550.

Nates-Parra, G. 2016. Las colecciones entomológicas y las iniciativas de polinizadores. En: Nates-Parra, G. (Ed.). *Iniciativa colombiana de polinizadores* (pp. 205-210). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. https://n9.cl/2jpiw

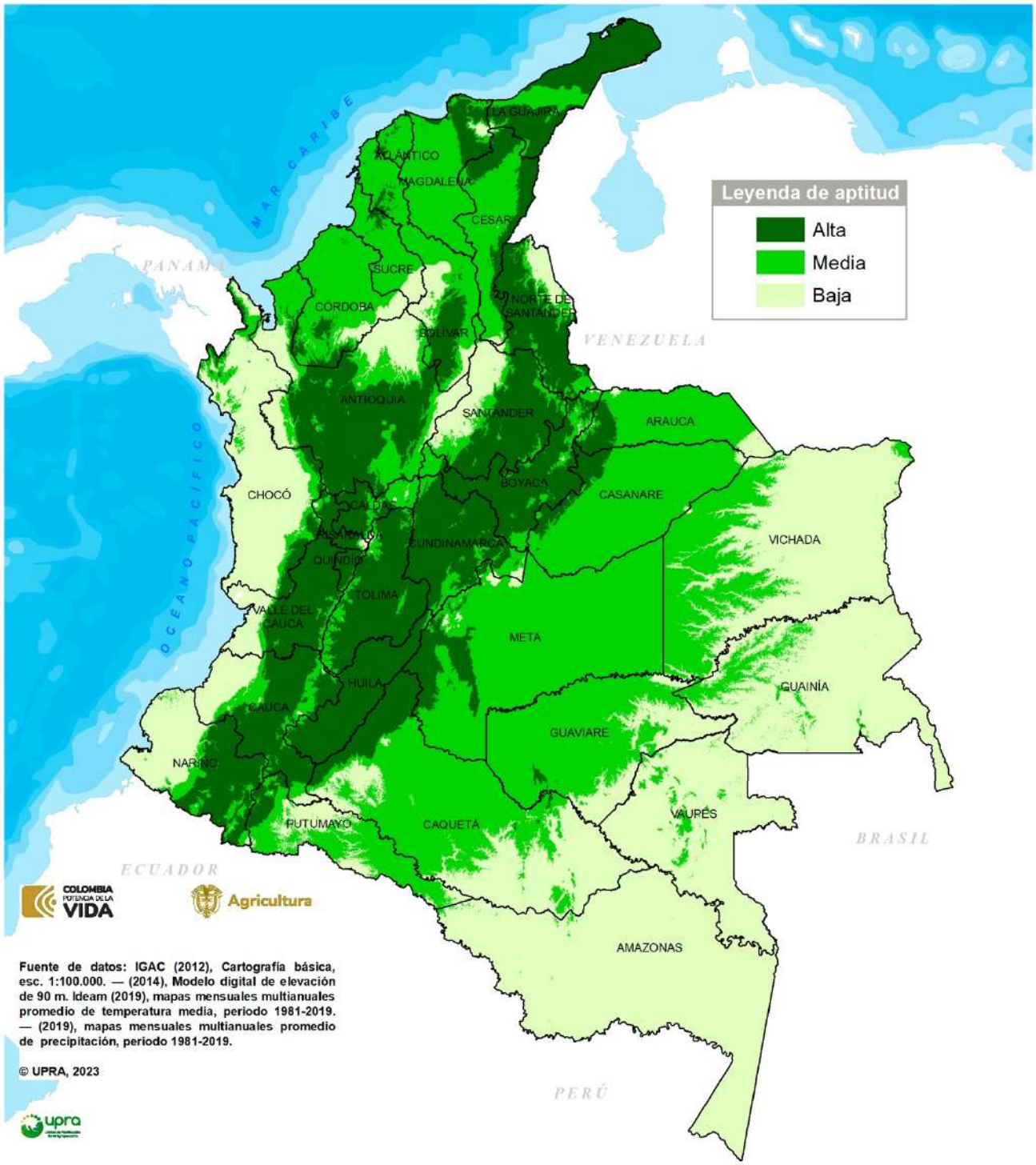
Phillips, S.J., Dudík, M. Schapire, R.E. *Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1)*. American Museum of Natural History. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Vélez-Ruiz, R.I. (2009). *Una aproximación a la sistemática de las abejas silvestres de Colombia* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín]. Repositorio institucional. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3354

Agradecimientos: los autores queremos brindarle agradecimientos al doctor Rodulfo Ospina, profesor del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia y director del LABUN, por el suministro de la base de datos de las colecciones de *Xylocopa* spp. y *Bombus* spp. de Colombia, información indispensable para la evaluación del criterio descrito.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *potencial de polinización natural*
Variable *distribución geográfica de la Xylocopa spp. y del Bombus spp.*

2.2. Criterio *integridad ecológica*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *integridad ecológica*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Integridad ecológica, evaluada a través de variables estructurales de paisaje.

Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), 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 (0-100 %).

Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).

Subvariables

Áreas prioritarias para la conservación (APC).

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

Áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas (AC).

Definición

Capacidad del ecosistema de soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable 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 la de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio y 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 (Mackey, 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

La integridad ecológica aproxima el estado de conservación de un área determinada y permite establecer el grado de salud de los ecosistemas o paisajes y la vocación como área de conservación, la orientación hacia la restauración; o, por el contrario, la aptitud hacia el establecimiento de cultivos de la granadilla. El análisis se orienta 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, pero, 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; y promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la presente zonificación, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre, pues garantiza la 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, se relaciona 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 con el logro de los compromisos adquiridos por el sector agropecuario a través del Decreto 2478 de 1999, el cual establece que el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural debe «armonizar y coordinar la formalización y adopción de la política de protección y uso productivo de los servicios ambientales, agua, suelo, captura de carbono y biodiversidad con el Ministerio del Medio Ambiente». El modelo parte de principio según el cual la aptitud para el establecimiento de cultivos de granadilla varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de modo que se considera 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 la integridad es reducida debido a la transformación del paisaje o ausencia de los AVC.

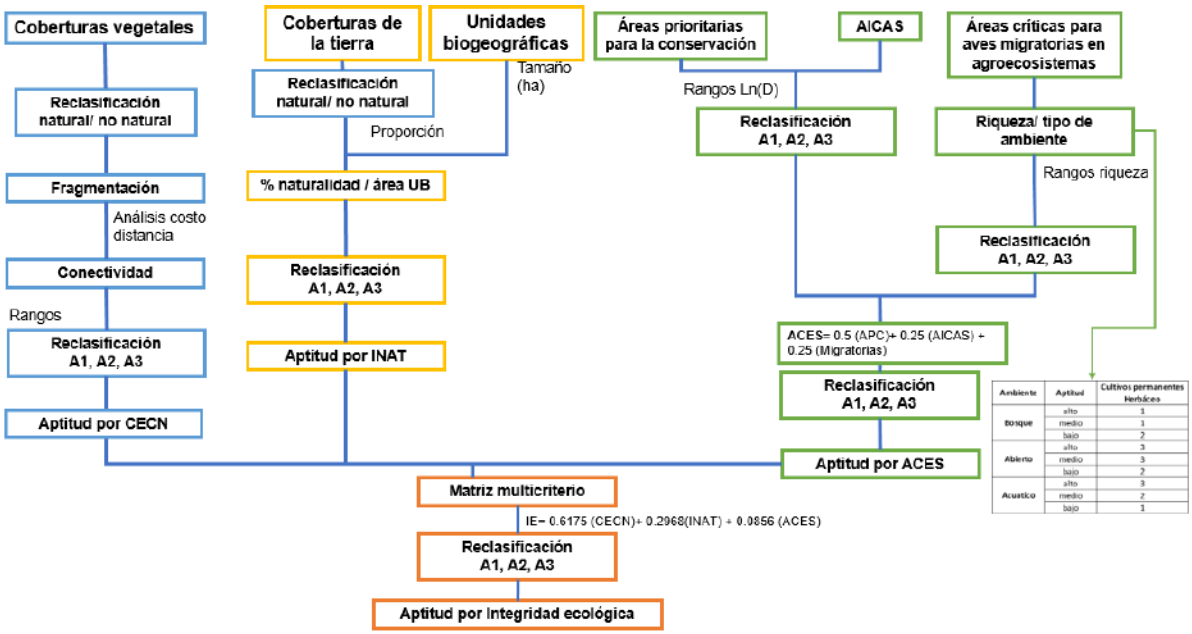
Limitantes de la evaluación del criterio

La temporalidad de la información de Corine Land Cover asociada a las coberturas del año 2018 limitó la interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, ésta es la última información oficial generada y disponible. Adicionalmente, la información sobre biodiversidad cuenta con limitaciones relacionadas con la representatividad de los grupos taxonómicos y el esfuerzo de muestreo, por lo que es difícil presentar la información de forma homogénea para las regiones del país.

Metodología de procesamiento de la información

La integridad ecológica analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema, es decir, la integridad espacial y la integridad ecosistémica (Vélez y Gómez, 2008), mediante la integración de las variables *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*, *índice de naturalidad (INAT)* y *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*. Para la evaluación del criterio *integridad ecológica* se procesó independientemente cada variable, como se muestra en la siguiente figura:

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



Para construir el criterio, se integraron las variables por medio de la suma ponderada de los valores de aptitud de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

donde $\alpha, \beta \, y \, \gamma$ representan los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las tres variables, los cuales se determinan mediante el criterio de experto. Para este proceso, los valores respectivos fueron $\alpha = 0{,}6175$; $\beta = 0{,}2968$; $\gamma = 0{,}0856$. A partir del empleo de intervalos geométricos como método de agrupamiento del programa ArcGIS, los resultados de esta suma para el criterio se agruparon en las categorías de aptitud A1, A2 y A3, como se presentan en la siguiente tabla:

Criterio	Categorías de aptitud			
	Alta(A1)	Media(A2)	Baja(A3)	No apta
Integridad ecológica	Valores menores del rango del criterio clasificados por cortes naturales: la actividad productiva irrumpe en baja medida sobre la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles (>2,3)	Valores intermedios del rango del criterio clasificados por cortes naturales: la actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo (2,3-1,6)	Valores mayores del rango del criterio clasificados por cortes naturales: lugares en donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo (<1,6)	—

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	Categoría de costo-distancia acumulada	Conectividad media: >0; <17500.	Conectividad baja: >17500.	Conectividad alta: 0.	—
Índice de naturalidad (INAT)	Índice de naturalidad: 0-100%	Naturalidad muy baja-vital: 0-5 %. Naturalidad baja-estratégica: 5-30 %. Naturalidad moderada: 30-50 %.	Naturalidad media-alta: 50-75 %	Naturalidad muy alta-protección: 75-100%	—
Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Categorías de concentración de especies sensibles	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles: <3. Áreas sin identificación o baja presencia de APC. Ausencia de AICAS: $ln(D)$ <–8,085. Áreas sin importancia para especies migratorias: >1,51.	Zonas de baja densidad de especies sensibles: 1,6-2,3. APC con alta presencia de especies sensibles. AICAS con densidad muy baja o baja de especies sensibles: $ln(D)$ = de –8,085 a –4,189). Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias (1,51-1,34)	Zonas de moderada, alta y muy alta densidad de especies: 1-1,6. APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. AICAS con moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles: $ln(D)$ = de –4,189 a 1,670. Áreas de importancia muy alta para especies migratorias: <1,34.	—

Fuentes de información

Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas ArcGIS-Fragstats*. Grupo de Planeación y Manejo, Subdirección de Gestión y Manejo, Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Franco, A.M., Devenish, C., Barrero, M.C. y Romero, M.H. (2009). Colombia. En Devenish, C., Díaz, D.F., Clay, R. P., Davidson, I., & Yépez, I. (eds.). *Important bird areas Americas: priority sites for biodiversity conservation* (pp. 135-148). Birdlife International. https://n9.cl/tou2e

García-Márquez, J. R., Moreno, M.I. y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia: informe final del Convenio 044 de 2012*. SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

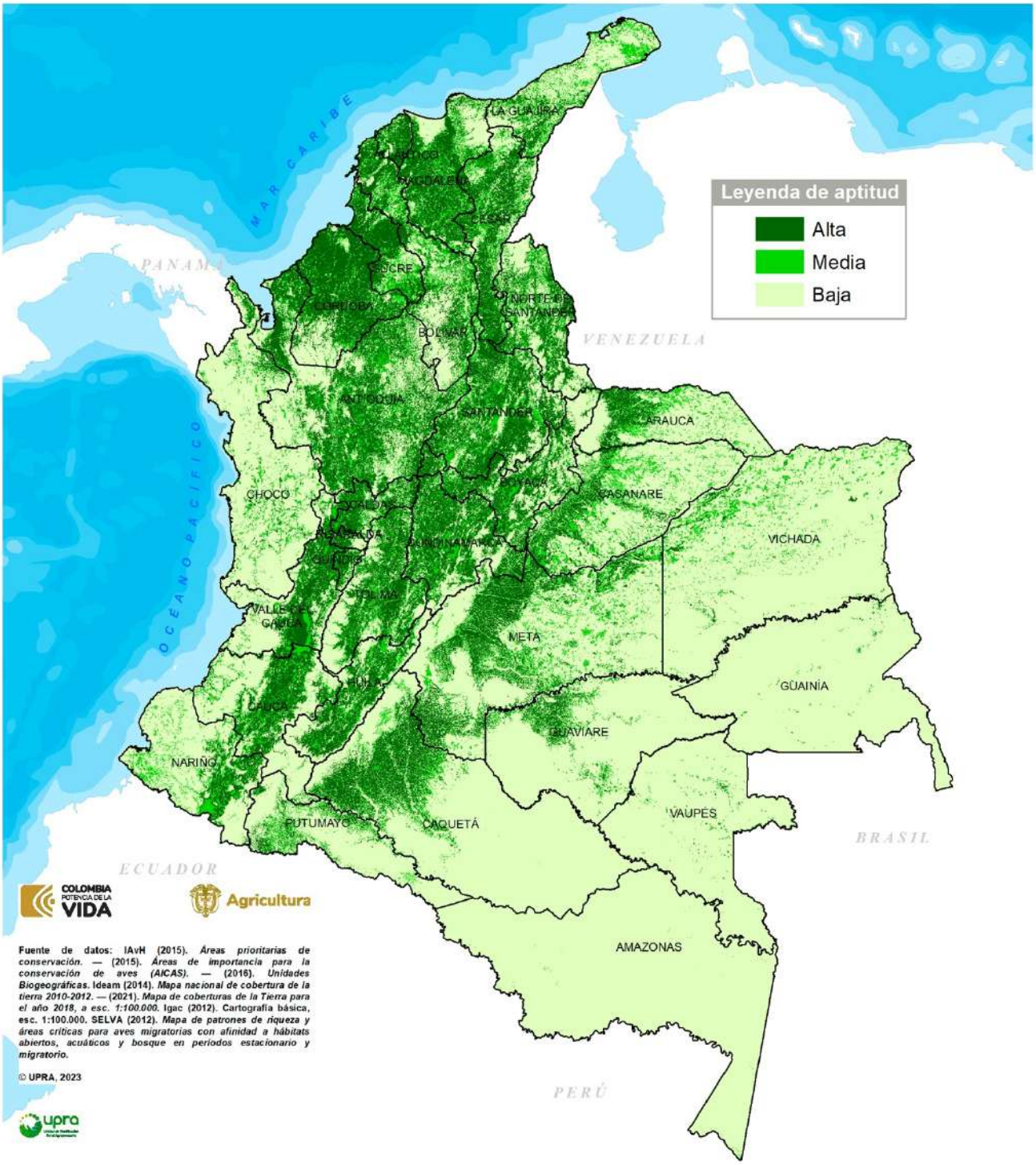
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Mackey, B. (2005). La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra. En Corcoran, P.B., Vilela, M. y Roerink, A. (Eds.) *La carta de la tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (pp. 67-71). KIT Publishers BV.

Representación cartográfica del criterio



Criterio *integridad ecológica*

2.2.1. Variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *integridad ecológica*		
Variable: *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*	Unidad de medida: categoría de costo-distancia acumulada	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Nivel de continuidad espacial en el paisaje, determinado por la distancia entre fragmentos naturales. En este sentido, habrá una menor conectividad cuanto más distanciados estén los fragmentos del hábitat; al contrario: cuanta menor distancia exista entre los fragmentos, entonces se hablará de una mayor conectividad. De tal forma, conforme al presente estudio, en las áreas de transición entre la matriz de parches transformados y la de mayor conectividad de las coberturas naturales, la aptitud para establecer cultivos de granadilla es mayor, por cuanto la cercanía a mayores conectividades ofrece una barrera natural que favorece la presencia de polinizadores, como las abejas carpinteras del género *Xylocopa* y los abejorros del género *Bombus*. Dentro de la matriz de áreas transformadas la aptitud fue media, pues requeriría erigir cercas vivas asociadas que, si bien generan opciones para incrementar la continuidad de los procesos naturales, demandaría más inversiones y tiempo.

Importancia de la variable

La importancia de la variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)* para este estudio radica en que contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental mediante la favorabilidad del hábitat para el desplazamiento de la biodiversidad, flujos e información necesarios para el funcionamiento natural. De ésta dependen los servicios ecosistémicos que sostienen los procesos vitales del sistema y el abastecimiento de los procesos productivos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Esta variable no generó exclusión. Se identificó un rango de variación entre 0 (*sin conectividad*) y 1 (*altamente conectado*). Así, se estableció un rango de variación empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del programa ArcGIS.

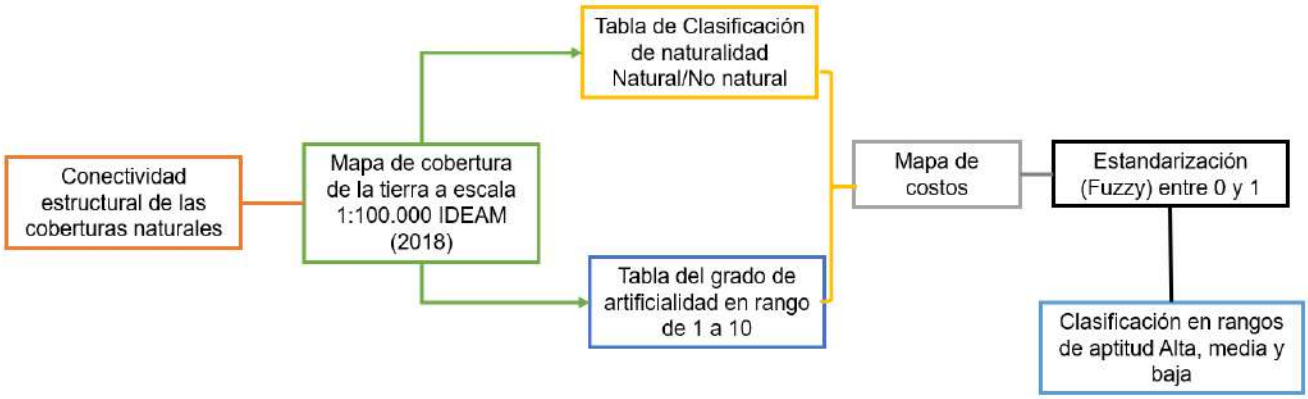
Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de coberturas de la Tierra 2018 y la leyenda respectiva adaptada para Colombia (Ideam, 2010), la información tuvo un nivel de discrepancia con la realidad en función de los cambios que se hayan producido desde el año 2018.

Metodología de procesamiento de la información

La conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) permite obtener una aproximación rápida a escala del paisaje sobre la continuidad de los hábitats para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas. Para tal análisis, se partió del *Mapa de coberturas de la Tierra adaptada para Colombia* (Ideam, 2010) y se identificaron tanto las coberturas no naturales como el grado de artificialidad, a partir de lo cual se definieron los pesos de resistencia de paso. Luego, se determinó el costo de desplazamiento de las especies usando la herramienta *costes* del programa ArcGis (ver siguiente figura).

Esquema metodológico de la variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*



Para establecer las calificaciones de artificialidad, se consideraron las áreas que representan un alto costo para la conectividad de las estructuras de las coberturas naturales en los territorios artificializados, cuya calificación fue 10. La resistencia de las coberturas se calificó 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 con la matriz del paisaje. A las áreas con la misma cobertura existente, con una de bosques o coberturas naturales en la que el costo fuera menor les correspondió una calificación de 1. En las áreas con actividades agropecuarias, la calificación dependió del impacto del desarrollo de las actividades en los procesos de conectividad, que puede variar entre 2 y 9. Finalmente, se consideraron las áreas húmedas y los cuerpos de agua con un costo moderado para la conectividad, ya que permiten la relación de las especies (ver siguiente tabla).

Calificación de costos para la variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*

Calificación	
Artificialidad alta	10
Artificialidad media	9
Artificialidad baja	8
Semiartificial alto	7
Semiartificial medio	6
Semiartificial bajo	5
Sin artificialidad bajo	4
Sin artificialidad medio	3
Sin artificialidad alto	2
Natural	1

Una vez identificadas las coberturas naturales con la calificación de la artificialidad, se elaboró el mapa de costo de distancia (coste de distancia) analizando el sistema de información geográfica SIG para establecer la aptitud para el cultivo de la granadilla. Así, la conectividad media tendrá *aptitud alta*, la conectividad baja, *aptitud media* y la conectividad alta, *aptitud baja*.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para la obtención de rangos, se estableció una clasificación en tres clases por el método de intervalos geométricos, dada la distribución asimétrica de los datos con respecto a la mediana. De esta forma, cada clase contiene aproximadamente el mismo número de valores, como se muestra a continuación:

Calificación de la variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*	
Categorías de aptitud	**Conectividad (costo-distancia acumulada)**
Alta	Conectividad media: >0, <17500
Media	Conectividad baja: >17500
Baja	Conectividad alta: 0
—	—

Fuentes de información

Correa-Ayram, C.A. (2008). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. *Pérez-Arbelaezia*, (19), 115-139. https://n9.cl/03m2z

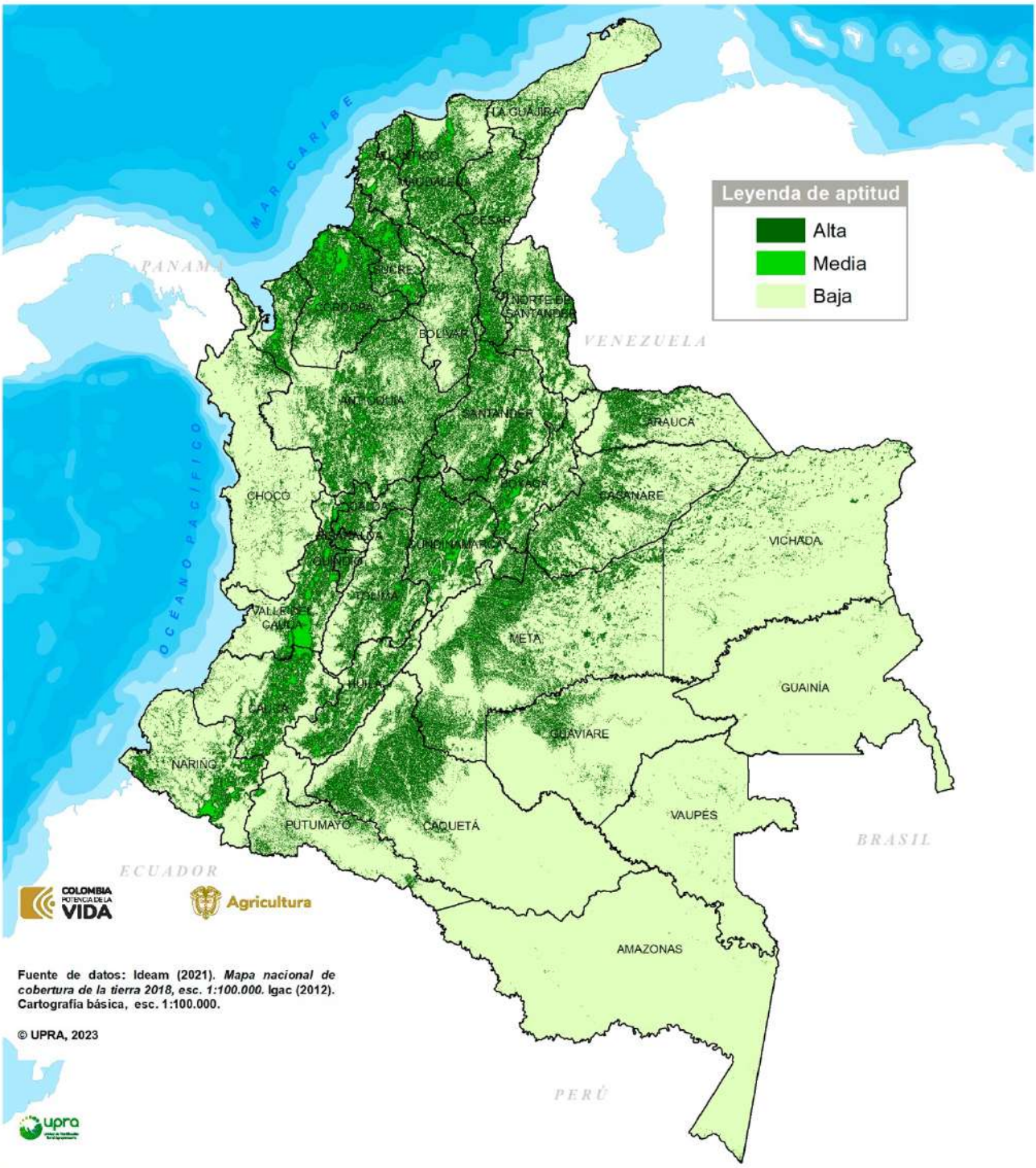
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.

Tischendorf, L. & Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? *Landsc Ecol, 15*, 633-641. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1008177324187

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *integridad ecológica*
Variable *conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)*

2.2.2. Variable *índice de naturalidad (INAT)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *integridad ecológica*		
Variable: *índice de naturalidad (INAT)*	Unidad de medida: proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Se refiere a las coberturas naturales en las que se desarrollan los procesos ecológicos esenciales. Son necesarias para sustentar la vida y satisfacer la demanda natural. La *naturalidad* se entiende como la cualidad de un ecosistema que manifiesta su independencia de cualquier intervención humana (Espinosa, 2009). Machado propone una escala de índices de naturalidad que abarca desde coberturas naturales vírgenes, donde no hay o hay excepcionalmente intervención antrópica, hasta coberturas totalmente transformadas por la intervención humana.

La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis se determina 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 ese territorio (Vélez y Gómez, 2008). De tal forma, en cada unidad biogeográfica se calculó la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas a los procesos naturales —coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica— en proporción con el tamaño de la unidad biogeográfica. De tal modo, cuanto más alta sea la naturalidad, tanta menor la aptitud para establecer cultivos de granadilla, pues 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 establecer este tipo de cultivos, ya que no interrumpe los procesos naturales y potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente.

Importancia de la variable

La importancia de la variable *índice de naturalidad (INAT)* para el presente estudio radica en que contribuye a estimar 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 y para el abastecimiento de procesos productivos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Esta variable no generó exclusión. Se identificó un rango de variación porcentual respecto al área de la unidad biogeográfica y se estableció un descriptor de la presencia de áreas naturales.

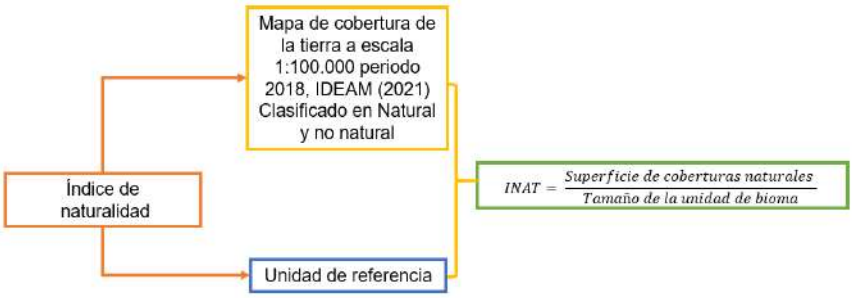
Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de coberturas de la Tierra 2018 y la leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), la información tuvo un nivel de discrepancia con la realidad en función de los cambios que se hayan producido desde el 2018.

Metodología de procesamiento de la información

Se relacionó el área de los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos) según la clasificación de Corine Land Cover a partir del mapa oficial de coberturas a escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2021). Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de unidades biogeográficas facilitado por el Instituto Alexander von Humboldt (2017), como se muestra en la siguiente figura (*INAT* = superficie de coberturas naturales en hectáreas por el tamaño de unidad biogeográfica también en hectáreas):

Esquema metodológico de la variable *índice de naturalidad (INAT)*



Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se establecieron los rangos de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de cultivos de granadilla, como se puede contemplar en la siguiente tabla:

Calificación de la variable *índice de naturalidad (INAT)*		
Descripción	**Rango**	**Aptitud**
Porcentaje de INAT muy bajo-vital Porcentaje de INAT bajo-estratégica Porcentaje de INAT moderado	Menor al 50 %	A1
Porcentaje de INAT alto	50-75 %	A2
Porcentaje de INAT muy alto-protección	75-100 %	A3

Fuentes de información

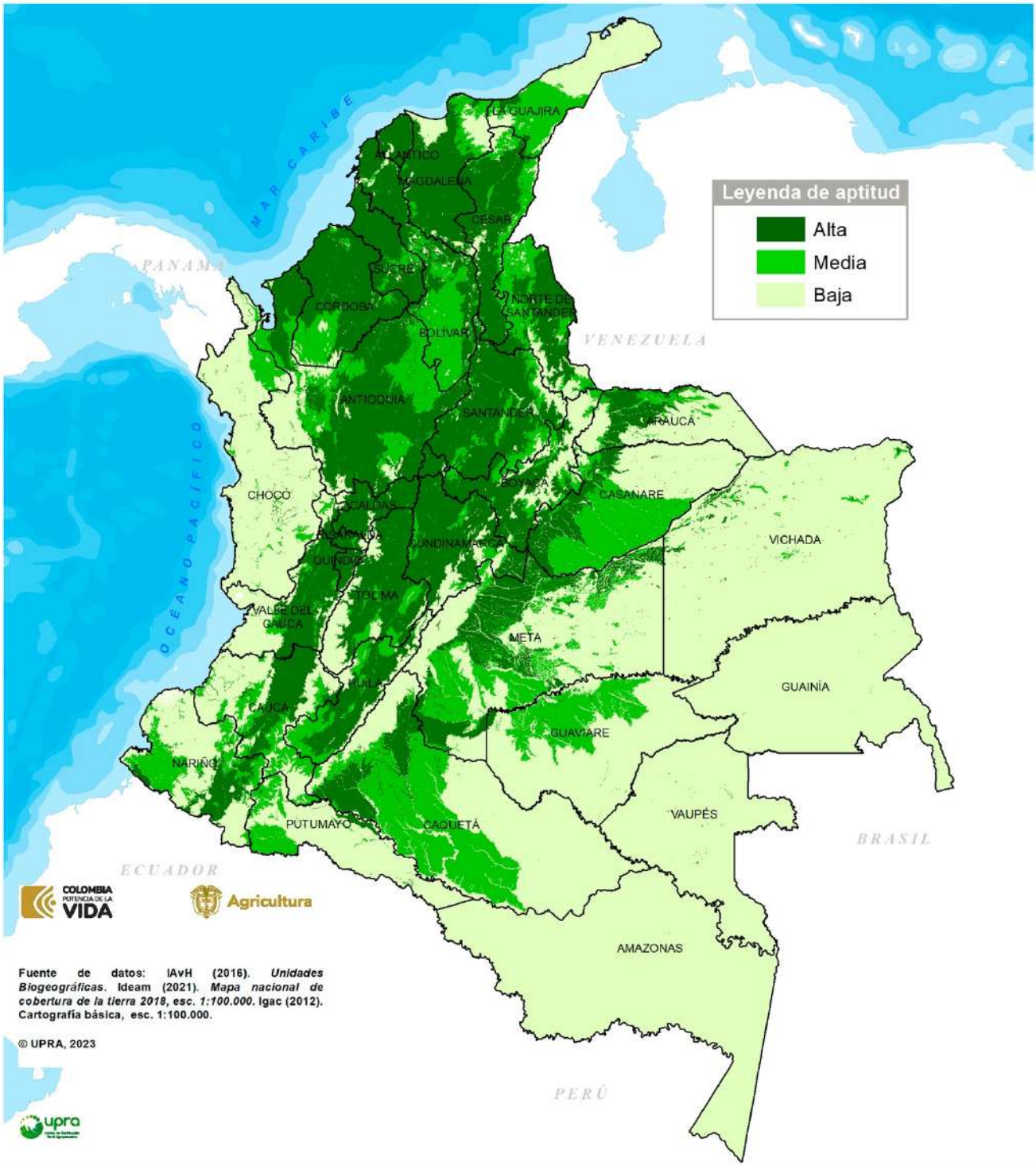
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2015). *Estudio nacional del agua 2014*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/60t80

Márquez, G. (2003). Ecosistemas estratégicos. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, 46(135), 87-103. https://n9.cl/giu80g

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *integridad ecológica*
Variable *índice de naturalidad (INAT)*

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

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *integridad ecológica*		
Variable: *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*	Unidad de medida: adimensional, con asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS, APC y riqueza potencial de especies migratorias	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Establece lugares donde se concentran especies sensibles mediante indicadores pertinentes, como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC) o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas de agroecosistemas. La variable no sólo integra las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS), sino que también permite identificar zonas geográficas con necesidad de protección, en la medida en que contengan especies con niveles poblacionales reducidos o altamente amenazados, lo que pone en peligro la supervivencia. La aptitud se interpreta en sentido contrario, de tal suerte que a los ecosistemas con altos grados de concentración de especies se les asigna una *aptitud baja* (A3) para la siembra de la granadilla; mientras que a las zonas con bajas concentraciones de especies se les asigna una *aptitud alta* (A1) para establecer cultivos de granadilla.

Estas áreas constituyen sitios de refugio para la biodiversidad sensible, los cuales prestan servicios ecosistémicos, como la dispersión de semillas o el control de plagas. Además, aportan al funcionamiento natural de los ecosistemas nacionales y transfronterizos integrando cadenas alimenticias, ciclos biogeoquímicos, entre otros. De esta manera, cuanta mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, tanta menor la aptitud para establecer cultivos de granadilla, pues los procesos productivos presionan sobre los 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 establecer cultivos de granadilla es mayor.

Importancia de la variable

La importancia de la variable radica en que permite identificar áreas en donde el establecimiento de cultivos de granadilla puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

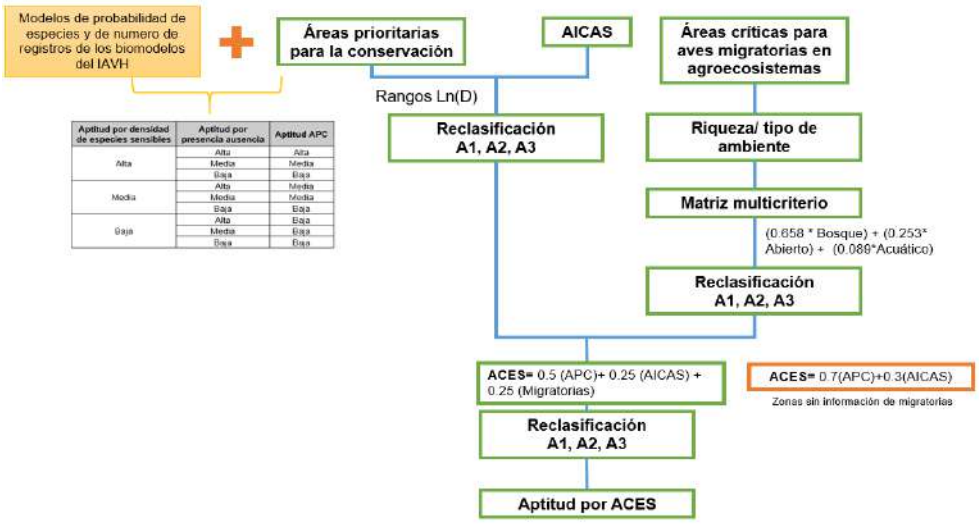
La variable *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)* no generó exclusiones. Sin embargo, el enfoque se dio en la continuidad que debe prevalecer en el territorio en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados, a saber dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas y control biológico de plagas. En tal sentido, cuanta mayor sea la concentración de especies sensibles, tanta menor es la aptitud para establecer cultivos de granadilla, 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 fue homogéneo. Esto supuso integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades para complementar el panorama nacional. Partiendo del principio según el cual en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, se destacaron algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por lo tanto, la variable implicó una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en realidad a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.

Metodología de procesamiento de la información

Esta variable se construyó a partir de los 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; el número de registros de los biomodelos del IAvH; el libro rojo de especies amenazadas en Colombia; las listas de áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS); y la riqueza potencial para aves migratorias en agroecosistemas. Se empleó la información sobre biodiversidad asociada a las APC (IAvH-ANH, 2013), AICAS (IAvH, 2015) y agroecosistemas (SELVA, 2012). El esquema metodológico de la variable se describe a continuación:



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

Áreas prioritarias para la conservación (APC). En el estudio en descripción, esta subvariable se midió con la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se tomó en el año 2013 como base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH)y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en el portafolio de Áreas Prioritarias de Conservación (APC) a 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—. Para ello, se usaron los datos para 355 áreas sobre bioma y superficie en hectáreas; 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 incorporar esta información, se tomaron los objetos de conservación de filtro fino y de filtro grueso del portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies o los ecosistemas. Cuanto mayor sea el número (riqueza) de especies sensibles o endémicas en relación con el tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), tanta menor será la compatibilidad del territorio con el establecimiento de cultivos de granadilla. Para este análisis, se asignó a cada polígono de APC el valor de la densidad de la riqueza, considerando la riqueza por hectárea y calculando la riqueza mediante la suma de los valores reportados de mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios y plantas. La definición de los rangos de aptitud se determinó mediante intervalos geométricos, como se muestra abajo:

Aptitud por densidad de especies sensibles	Descripción
Alta	Áreas sin identificación de APC: $ln(D) < -10{,}02$
Media	APC con densidad muy baja de especies sensibles: $ln(D)$ = de −10,02 a −5,72. APC con densidad baja de especies sensibles: $ln(D)$ = de −5,71 a −2,77.
Baja	APC con densidad moderada de especies sensibles: $ln(D)$ = de −2,76 a −1,42. APC con densidad alta de especies sensibles: $ln(D)$ = de −1.42 a −0,06. APC con densidad muy alta de especies sensibles: $ln(D)$ = de −0,05 a 6,42.

Posteriormente, se utilizó la capa de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia; 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 incluyeron todos los biomodelos. Se contabilizaron 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 el valor 1 a las especies presentes y 0, para las ausentes. Se asignó a cada unidad biogeográfica el valor de las especies amenazadas o endémicas que correspondiera. Luego, se unieron estas dos tablas por medio del campo *unidad biogeográfica* en el programa ArcGIS 10.3 y se obtuvo una tabla que indicó la cantidad de especies amenazadas o endémicas para cada unidad, para finalmente realizar una clasificación de los valores. Acto seguido, 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:

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 compararon las áreas naturales: las que contenían áreas naturales, se calificaron con *aptitud baja* (A3), es decir, todas las áreas naturales se mantuvieron con aptitud A3. Los APC se clasificaron con *aptitud media* y *aptitud alta* en las zonas donde no existen coberturas naturales. Los rangos de aptitud para APC fueron los siguientes:

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

Áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS). Para el desarrollo y análisis de las AICAS, se tomó la información suministrada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt IAvH en formato *shape* y documental. Se ajustó la riqueza de la capa AICAS (IAvH, 2015) de acuerdo con la información publicada en la página BirdLife International, tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICAS. De la base de datos de especies se excluyeron las AICAS sin información georreferenciada y las especies duplicadas. Posteriormente, se definió el número de especies para cada AICAS por categoría de amenaza a nivel nacional y se definieron rangos de riqueza aplicando la herramienta *natural breaks* de ArcGIS. Para cada AICAS se calculó la densidad mediante el número de especies amenazadas (*en peligro crítico*, *en peligro* y *vulnerables*) que se reportó en cada AICAS, de acuerdo con la base de datos facilitada y se divide por el área del AICAS en kilómetros cuadrados. Finalmente, para la reclasificación se calculó el logaritmo natural de la densidad obtenida y se determinaron los rangos para su reclasificación, como se puede observar a continuación:

Rango ($ln(D)$)	Descripción	Código
Menor a −0,085	Áreas sin identificación de AICAS	A1
Entre −0,085 y −6,137	AICAS muy baja de especies sensibles	A2
Entre −6,137 y −4,189	AICAS baja de especies sensibles	
Entre −4,189 y −2,241	AICAS moderada de especies sensibles	A3
Entre −2,241 y −0,293	AICAS alta de especies sensibles	
Entre −0,293 y 1,67	AICAS muy alta de especies sensibles	

Áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas. A partir de la información producida por Selva (2012), se emplearon las capas relacionadas con la 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*, en el que 1 es la menor presencia y 3, la mayor, luego de lo cual se reclasificaron y se combinaron los tres hábitats. La reclasificación se realizó de acuerdo con la implementación de cultivos herbáceos, como los de granadilla, y su afectación en la aptitud de la riqueza. La siguiente figura ilustra el procedimiento para encontrar la aptitud de acuerdo a la riqueza de especies migratorias asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque en los periodos migratorio y estacionario, sumando estas dos capas para identificar las áreas que representaron ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio:

La consolidación de los ambientes se efectuó mediante matrices multicriterio, las cuales permitieron determinar el porcentaje de participación de cada ambiente, así:

riqueza de especies migratorias = (0,658 * bosque) + (0,253* abierto) + (0,089 * acuático)

Los valores de la riqueza se reclasificaron aplicando la herramienta de intervalos geométricos de ArcGIS para asignar categorías de aptitud, como se expone en la siguiente tabla:

Rango	Aptitud
1,51>	A1
1,51-1,34	A2
<1,34	A3

Para integrar toda la información asociada a la concentración de especies sensibles en función de la biodiversidad y evitar redundancias, se realizó el proceso a través de matrices multicriterio, de lo cual se obtuvieron los siguientes pesos:

$$ACES = 0{,}5\ (APC) + 0{,}25\ (AICAS) + 0{,}25\ (migratorias)$$

Para las áreas que no presentaron información de especies migratorias, se manejó la siguiente integración:

$$ACES = 0{,}7\ (APC) + 0{,}3\ (AICAS)$$

La definición de aptitud se realizó a través de los intervalos geométricos que se describen en la siguiente tabla:

Rango	Aptitud
Muy baja densidad de especies sensibles: 2,3-3	A1
Baja densidad de especies sensibles: 1,6-2,3	A2
Moderada, alta y muy alta densidad de especies: <1,6	A3

Fuentes de información

Franco, A.M., Devenish, C., Barrero, M.C. y Romero, M.H. (2009). Colombia. En Devenish, C., Díaz, D.F., Clay, R. P., Davidson, I., & Yépez, I. (eds.). *Important bird areas Americas: priority sites for biodiversity conservation* (pp. 135-148). Birdlife International. Recuperado de https://n9.cl/tou2e

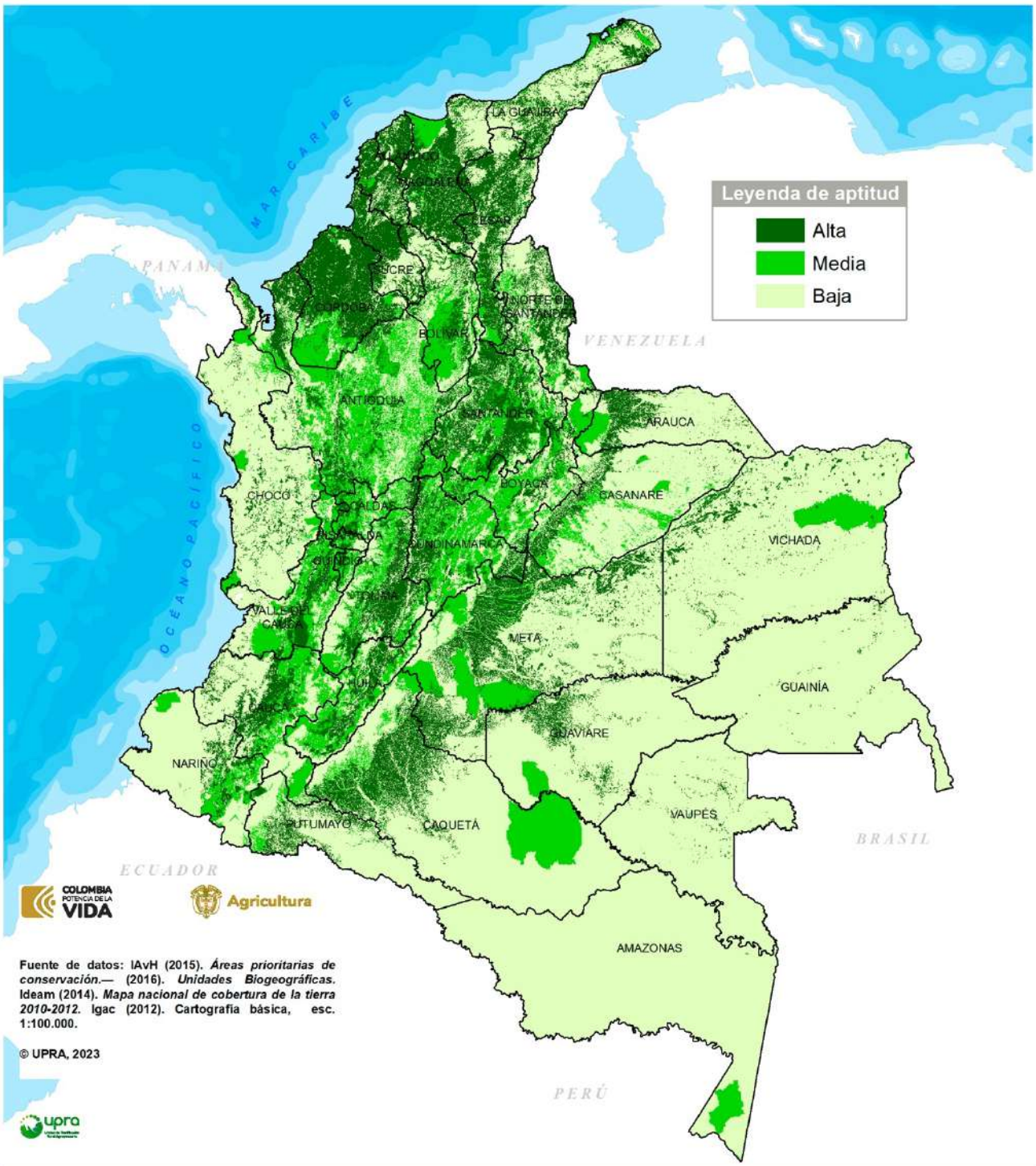
García-Márquez, J. R., Moreno, M.I. y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia: informe final del Convenio 044 de 2012*. SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015). *Mapa de áreas importantes para la conservación de las aves (AICAS)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *integridad ecológica*
Variable *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*

2.3. Criterio *apropiación del agua*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: *apropiación del agua*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Diferencia de uso consuntivo.

Índice del uso del agua.

Definición

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y del agua lluvia para satisfacer la demanda de la especie en su desarrollo y como 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 retorna a la cuenca como excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego; y otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, porque queda contenida en el producto que se exporta para el aprovechamiento o por la evapotranspiración desde los cultivos.

Este requerimiento se suple en la unidad geográfica de análisis[1], según la oferta hídrica contenida en el suelo y de la lluvia; del drenaje superficial o de fuentes subterráneas; y de los transvases de cuencas circundantes. Así, cuanta mayor sea la demanda para la granadilla, tanta mayor será el suministro y mayor la competencia frente a las demás coberturas. El abastecimiento de agua suple el crecimiento de la especie, la producción agrícola, la neutralización de los contaminantes de la producción y las concentraciones en los cuerpos de agua. Ante la prospectiva de una demanda adicional para el cultivo de la granadilla y un consumo en cada subzona hidrográfica, se planteó la disyuntiva sobre la sostenibilidad hídrica del cultivo: por competencia frente a las demás coberturas y usos o por riesgo en el abastecimiento para tales cultivos.

De acuerdo con el ENA (2019), la apropiación del agua para la granadilla es baja, pues no se discrimina el cultivo y se incluye como otros permanentes. A continuación, se muestran las referencias en cuanto a la demanda hídrica y huella hídrica azul y verde para algunos cultivos de interés comercial, prioritarios en el presente proyecto de zonificación de aptitud:

[1] Para este caso, se empleó como unidad de análisis el polígono resultante del cruce entre las zonas de evapotranspiración real (ETR) y las subzonas hidrográficas (SZH) del *Estudio nacional del agua 2018* (Ideam, 2019).

Cultivo	Tipo de cultivo	Demanda hídrica verde (Mm^3/año)	Huella hídrica azul (Mm^3/año)	Huella hídrica verde (Mm^3/año)
Otros permanentes	Permanente	330,3	176,2	1328,2
Caña panelera	Permanente	1128,8	639,6	6206,2
Cacao	Permanente	628,2	335,1	2554,1
Mango	Permanente	302,7	161,4	447,3

La mayor importancia de estos datos no es su valor absoluto, sino la relación de sostenibilidad que representa el valor en el contexto de capacidad hídrica de cada unidad de análisis. Debido a la falta de discriminación de la demanda hídrica del cultivo, se decidió calcularla en relación con la evapotranspiración asociada a la subzona hidrográfica y considerando las UPAS y la información reportada por las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA) del año 2019.

Importancia del criterio

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis —polígonos de evapotranspiración de referencia (ETo) multiplicado por la subzona hidrográfica (SZH)— en el cultivo de granadilla. 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 establecer el cultivo entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes al interior.

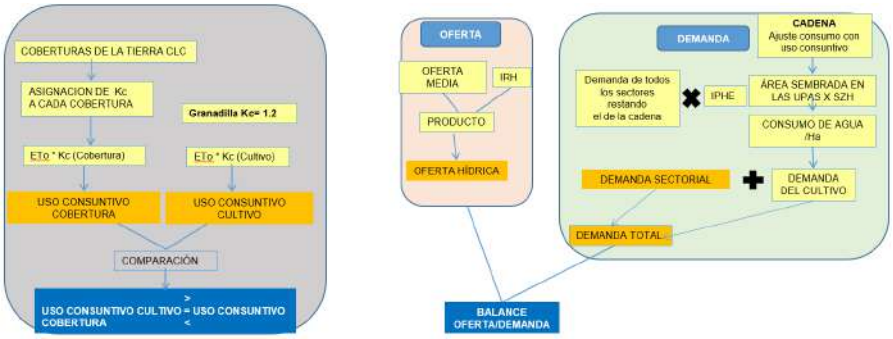
Limitantes de la evaluación del criterio

Para el procesamiento del componente de índice de uso de agua por el cultivo, se recurrió al reporte de las áreas sembradas de las UPA (unidad productiva agropecuaria) correspondiente al censo agropecuario del DANE (2014), lo cual depende de la confiabilidad de los datos del censo y su temporalidad, puesto que, para el caso de la granadilla, se identificó mayor área sembrada de acuerdo con lo reportado por las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) en el 2019.

Metodología de evaluación

Para el procesamiento de la variable *apropiación del agua* para el cultivo de la granadilla, se siguió la metodología que se describe en la siguiente figura:

Metodología para el cálculo de la apropiación del agua para el cultivo comercial de la granadilla



CLC: Corine Land Cover; Kc: coeficiente del cultivo; IRH: índice de regulación hídrica; IPHE: índice de presión hídrica de los ecosistemas.

El criterio se compone de dos variables: *diferencia de uso consuntivo* e *índice del uso del agua*. Según el Ideam (2010), el uso consuntivo se refiere al requerimiento de agua para el arreglo de cultivos, para cuyo cálculo se parte del valor de evapotranspiración y el coeficiente del cultivo (Kc). Así, la variable *diferencia de uso consuntivo* es la comparación del Kc de las coberturas actuales multiplicado por la evapotranspiración de referencia; y el Kc del potencial cultivo de la granadilla a nivel del territorio nacional multiplicado por la evapotranspiración de referencia. Se comparó la evapotranspiración de las coberturas actuales con las de un cultivo de granadilla. Si el dato de la relación fue mayor a 0, fue mayor la evapotranspiración del cultivo de granadilla a la cobertura actual, por lo que es mejor continuar con la cobertura actual; si el dato de la relación fue menor a 0, fue menor la evapotranspiración del cultivo a la cobertura actual, por lo que un cambio de la cobertura actual sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, en el que la variación no es grande y las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

La variable *índice del uso del agua* es una relación entre la oferta y la demanda hídrica en una unidad como la subzona hidrográfica. Para esto se toma el dato de oferta media del Estudio nacional del Agua (ENA, 2019), y se multiplica por el índice de regulación hídrica, para verificar si esa oferta está bien distribuida o no durante todo el año; con esto se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica. Por otra parte, con relación a la demanda, se toman los datos de la demanda sectorial del ENA (2019) y se resta la demanda de otros cultivos permanentes reportada por el ENA (2019).

Posterior a esta demanda, se le adicionó la del cultivo de granadilla, estimando el Kc descrito en la variable *diferencia de uso consuntivo*, no sólo para convertir el dato de milímetros en litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas, sino también para ajustar el valor de área de las UPAS y las EVA (2019) para obtener el área de cultivos sembrados. Esta demanda se multiplicó por el índice de presión de los ecosistemas para considerar la demanda de los ecosistemas para su sostenibilidad. El índice del uso del agua correspondió a la diferencia entre la oferta y la demanda total. Finalmente, con los resultados del índice del uso del agua y la diferencia de uso consuntivo, se estableció la aptitud por apropiación del agua para el cultivo, para lo cual se usó un árbol de precisión para las dos variables, como se muestra a continuación:

Índice del uso del agua	Diferencia de uso consuntivo	Aptitud
		Apropiación del agua
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3
A3	A1	A2
	A2	A3
	A3	A3

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se estableció un valor que corresponde a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo. La aptitud se determinó como un máximo de *aptitud alta* (A1) para los lugares de evapotranspiración de referencia (ETo) multiplicado por la subzona hidrográfica (SZH) en donde exista agua disponible para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo; como un mínimo de *aptitud baja* (A3), para los lugares que se encuentran en situación de mayor déficit hídrico, en los cuales el establecimiento del cultivo de la granadilla 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 procedió del procesamiento entre los rangos de los mapas constitutivos: *diferencia de uso consuntivo* e *índice del uso del agua* para el cultivo de la granadilla, como se puede observar en la siguiente tabla:

Rango de variación de la aptitud por apropiación del agua para el cultivo de la granadilla		
Descripción	**Rango de variación**	**Aptitud**
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de la granadilla y los usos preexistentes. Pueden 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.	A1-A1 A1-A2 A2-A1	Alta (A1)
Zonas con sostenibilidad hídrica moderada para el abastecimiento de la demanda del cultivo de la granadilla y los usos preexistentes. Pueden 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.	A1-A3 A2-A2 A3-A1	Media (A2)
Zonas con sostenibilidad hídrica baja o nula para el abastecimiento de la demanda del cultivo de la granadilla y los usos preexistentes. Pueden 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.	A2-A3 A3-A2 A3-A3	Baja (A3)

Fuentes de información

Arévalo, D. (2012). *WWF Reporte Colombia 2012: una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) Colombia. https://n9.cl/j3wb0

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Good Stuff International Latinoamérica y El Caribe, Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del estudio nacional del agua 2014*. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA). https://n9.cl/vg5nw

González, M.C., Saldarriaga G.J. y Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua: conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. En: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ed.). *Estudio nacional del agua 2010* (pp. 169-228). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://n9.cl/d8gxj

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra: imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

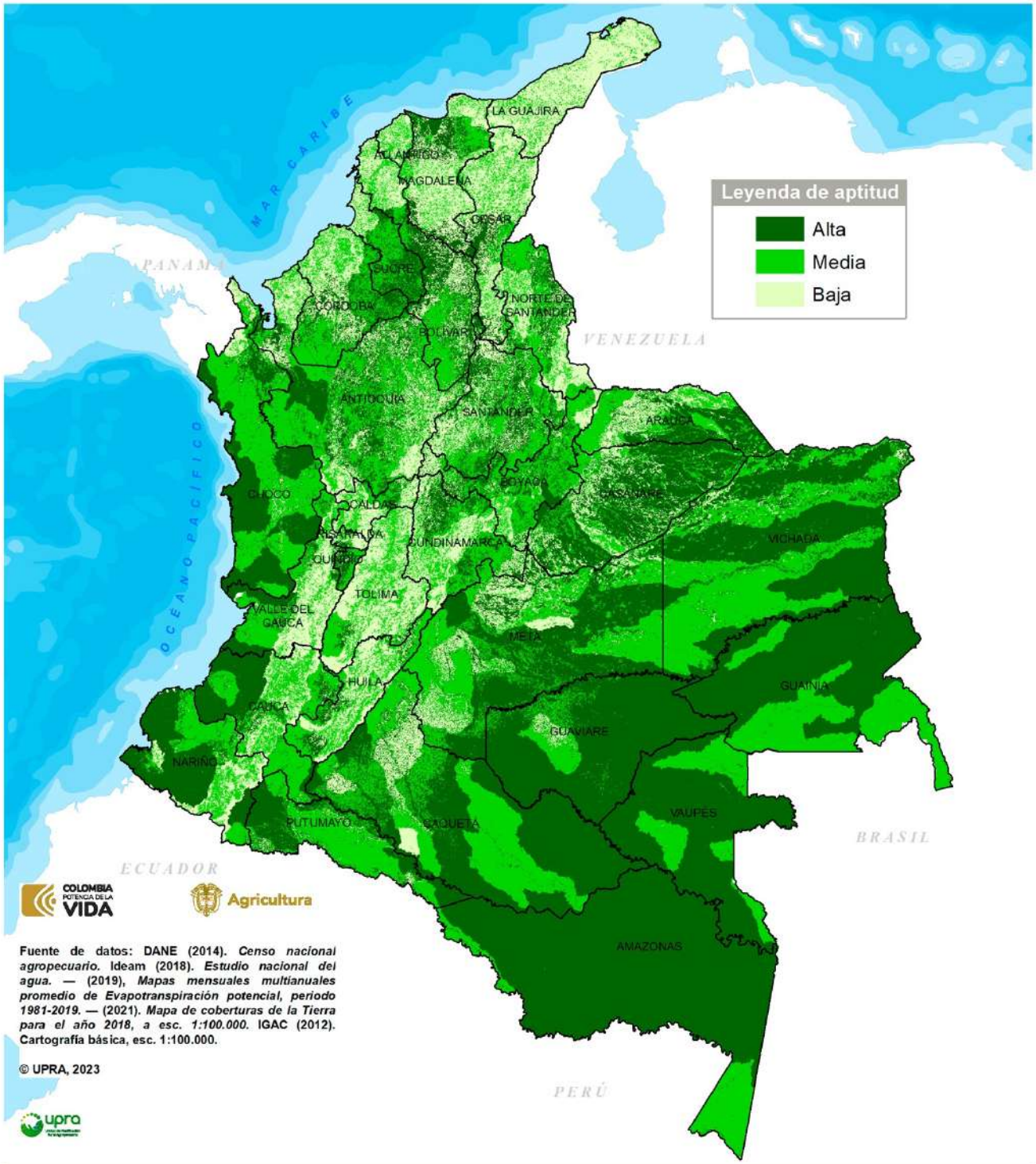
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2019). *Estudio nacional del agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/jtozxg

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *apropiación del agua*

2.3.1. Variable *diferencia de uso consuntivo*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: *apropiación del agua*		
Variable: *diferencia de uso consuntivo*	Unidad de medida: mm/año	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Representa la diferencia entre la cantidad total de agua que necesita el cultivo de la granadilla para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde el establecimiento hasta la cosecha, en un régimen climático específico, frente al uso consuntivo de las coberturas actuales. 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 tuvo en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos (UPRA, 2016). El uso consuntivo está calculado para otras coberturas vegetales. La variable analizó la relación entre el uso consuntivo del cultivo de la granadilla y las otras coberturas vegetales.

Importancia de la variable

La FAO (2006) define la evapotranspiración como la relación existente entre la evaporación y la transpiración. La evaporación se entiende como la 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 granadilla, mediante la determinación del uso consuntivo, permite estimar el requerimiento de agua por parte de estas coberturas vegetales. La variable se refiere a la comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y la evapotranspiración de un cultivo de granadilla. Lo que se pretende evaluar es la sostenibilidad del territorio en relación con la evapotranspiración; si es mejor mantener las coberturas actuales; o si es mejor tener un cultivo como el de la granadilla.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Esta variable no generó ningún tipo de exclusión (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Para el procesamiento del componente de diferencia de uso consuntivo para el cultivo, se recurrió al dato sobre el área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de superficie, lo cual depende de la confiabilidad de los datos del censo agropecuario del DANE (2014).

Metodología de procesamiento de la información

El uso consuntivo se obtuvo, de acuerdo con el IDEAM (2010), aplicando el enfoque del coeficiente del cultivo (Kc), que corresponde al coeficiente entre la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETp) correspondiente aL pasto (FAO, 2006). La ETp representa un indicador de la demanda climática y el Kc cambia en función de las características principales del cultivo o LA cobertura vegetal, por lo que la evapotranspiración del cultivo se obtiene de la multiplicación del ETp y el Kc correspondiente (FAO, 2006). Para el procesamiento de la variable *diferencia de uso consuntivo* para el cultivo de granadilla, se siguió la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo para el cultivo comercial de la granadilla

Uso consuntivo de la cobertura. Para el cálculo del uso consuntivo, se partió de la información de evapotranspiración potencial (ETP), generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el índice calórico (I), según el método de Thornthwaite adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación. De acuerdo con esto, se generó la siguiente ecuación:

$$\mathrm{ETP} = 0{,}53\left(\frac{10\mathrm{T}}{\mathrm{I}}\right)^{\propto}$$

donde

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, medida en milímetros;
T = temperatura media (°C);
I = índice calórico anual;

$$I = 12\left(\frac{\mathrm{T_{anual}}}{5}\right) \times 1{,}514$$
$$\propto = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0{,}492$$

Uso consuntivo del cultivo. Se calculó la evapotranspiración de referencia del cultivo (ETo), que representa el uso de agua para los procesos fisiológicos en condiciones de secano, es decir, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea, que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (Kc) de la siguiente forma:

$$ETo = \mathrm{K}_c \times \mathrm{ETP}$$

El valor de Kc fue calculado por el grupo físico del proyecto de zonificación de la granadilla, de lo que se obtuvo un valor de 1,2. El dato generado requirió una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de milímetros de precipitación (de la información climática), a metros cúbicos de agua por hectárea, para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas. Así, para el cultivo de granadilla se tiene que

$$ETo = ETP \times (1{,}2) \times 10$$

Al final, de acuerdo con la amplitud de rango de los datos, se estableció una división en cuatro intervalos equivalentes y se realizó la siguiente reclasificación para obtener los datos de aptitud por uso consuntivo:

Aptitud por uso consuntivo para el cultivo de la granadilla		
Descripción	Rango ETo (mm/año)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual: uso consuntivo menor.	<138	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual: uso consuntivo moderado.	138-650	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo: uso consuntivo alto	>650	Baja (A3)
Uso consuntivo muy alto.		

Unidad de análisis

Unidad de cobertura.

Fuentes de información

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D, y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: estudio FAO riego y drenaje 56*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019). *Aquastat*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://n9.cl/uxjt3

González, M.C., Saldarriaga G.J. y Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua: conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. En: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ed.). *Estudio nacional del agua 2010* (pp. 169-228). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://n9.cl/d8gxj

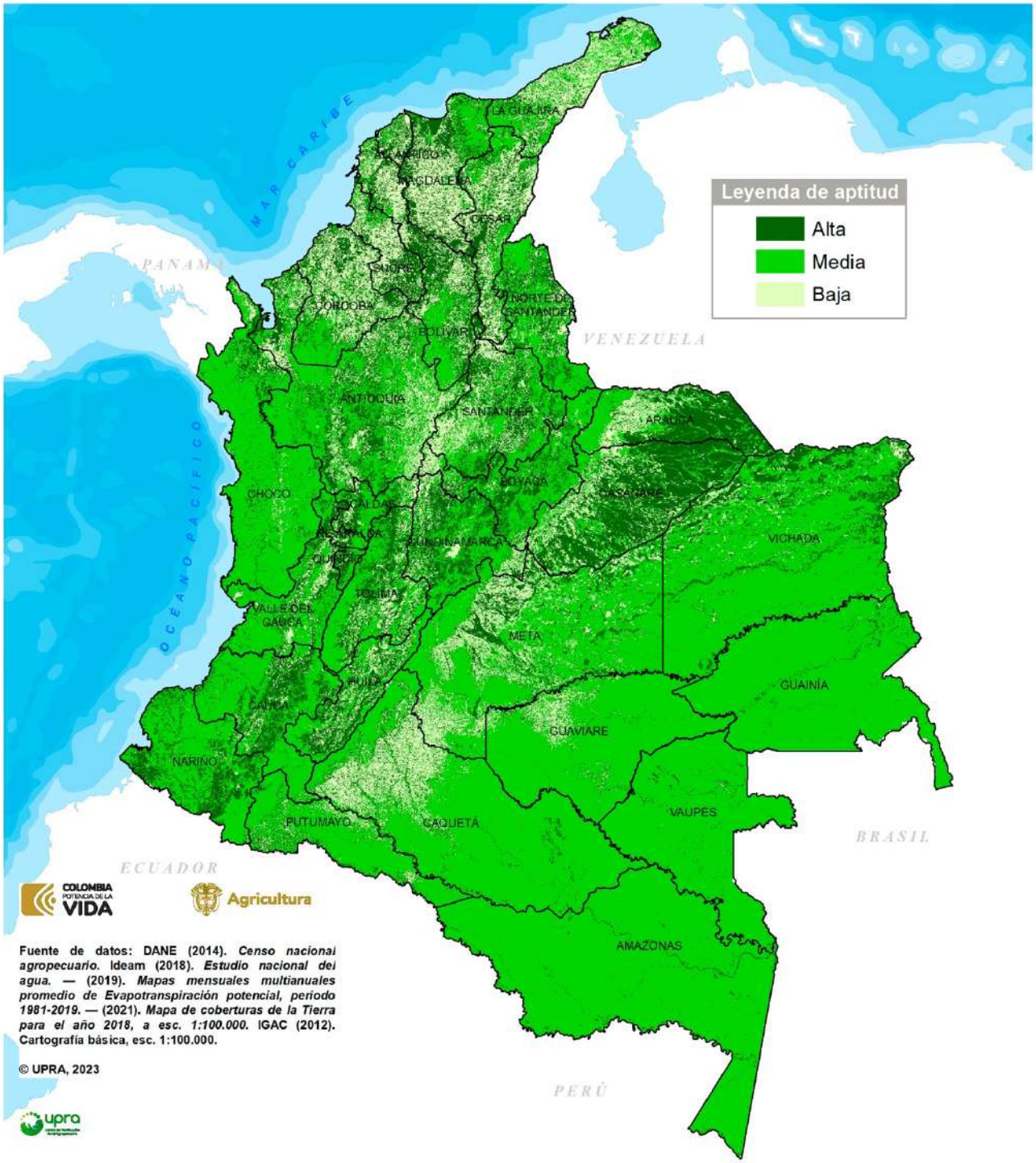
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra: imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Toro-Trujillo, A.M., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M.A. e Ibáñez-Castillo L.A. (2016). Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia. *Tecnol Cienc Agua, 7*(6), 105-122. https://n9.cl/w0j3r

Representación cartográfica de la variable



Criterio *apropiación del agua*
Variable *diferencia de uso consuntivo*

2.3.2. Variable *índice del uso del agua*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: Socioecosistémico		
Criterio asociado: *apropiación del agua*		
Variable: *índice del uso del agua*	Unidad de medida: Mm^3	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de la granadilla. De esta forma, es posible identificar si, dada la capacidad hídrica, se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, los agrosistemas y otros usos existentes.

Importancia de la variable

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda del cultivo de la granadilla, tanto para su crecimiento como para la 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 retorna a la cuenca como excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego; otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, porque queda contenida en el producto que se exporta para el aprovechamiento o por evapotranspiración desde el cultivo.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

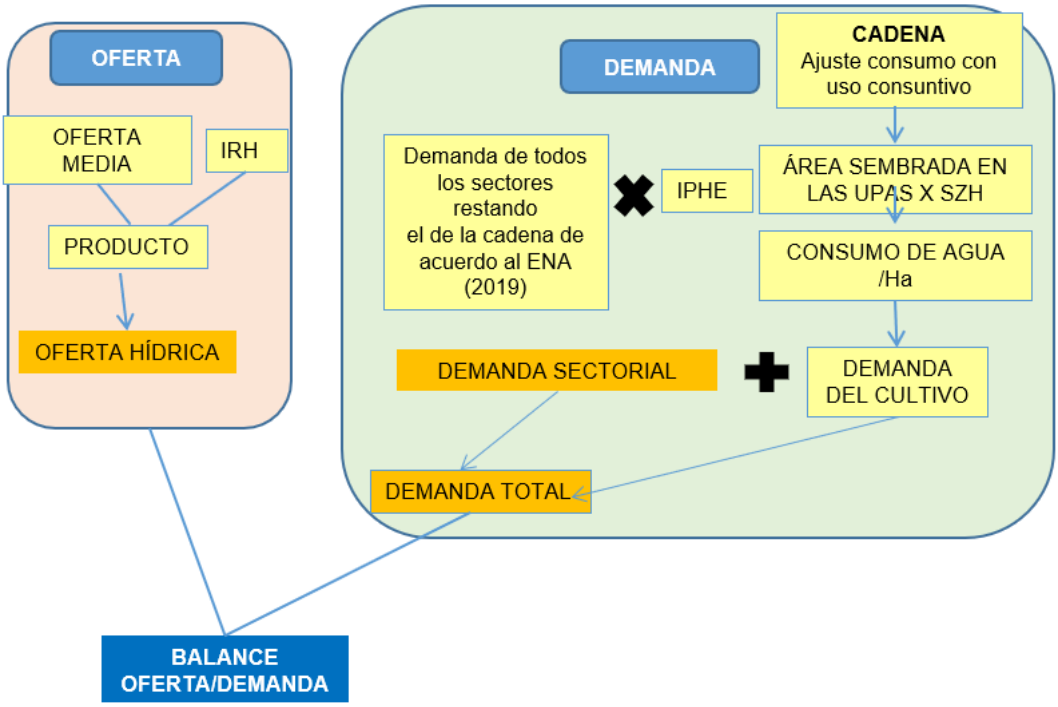
Esta variable no generó exclusión (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Para el procesamiento del componente de índice del uso del agua por el cultivo, se recurrió al dato de área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de superficie, lo cual depende de la confiabilidad de los datos del censo agropecuario del DANE (2014). Adicionalmente, el dato contenido en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) fue un dato representativo para todo el municipio.

Metodología de procesamiento de la información

El procesamiento de la variable *índice del uso del agua* se presenta en el siguiente diagrama:



Para este cálculo, se partió de la información sobre oferta y demanda hídrica por subzonas hidrográficas del *Estudio nacional del agua*, *2018* (Ideam, 2019). El procesamiento partió de identificar la oferta hídrica actual de cada subzona hidrográfica, que se multiplicó por el índice de regulación hídrica (IRH) para verificar si estaba bien o no distribuida durante todo el año, con lo cual se obtuvo la oferta total por subzona hidrográfica. En relación con la demanda, se tomaron los datos de la demanda sectorial del ENA (2019) y se restó el dato de la demanda del cultivo de granadilla incluida en otros cultivos permanentes. Esta demanda se multiplicó por el índice de presión de los ecosistemas (IPHE) para considerar la demanda requerida por ellos para su sostenibilidad.

A la demanda sectorial calculada se le incluyó la demanda del cultivo de la granadilla, calculada a partir del uso consuntivo de cada cultivo de acuerdo con Kc descrito en la variable *diferencia de uso consuntivo*. Luego, se convirtió el dato de milímetros (mm) a litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas y se ajustó con el valor de área de las UPAS y las EVA (2019) a fin de obtener tanto el área de cultivos sembrados como el dato de la demanda del cultivo. El índice del uso del agua correspondió a la diferencia entre la oferta y la demanda total, valor categorizado en rangos para obtener el mapa de la variable de índice del uso del agua. La siguiente tabla muestra la aptitud por la diferencia del uso del agua:

Aptitud por diferencia de uso de agua para el cultivo de granadilla		
Descripción	Diferencia de uso (Mm^3)	Aptitud
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor: la oferta hídrica es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de la granadilla.	>5000	Alta (A1)
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado: la disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior a la comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de la granadilla.	1000-5000	Media (A2)
La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico: la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de granadilla.	<1000	Baja (A3)

Unidad de análisis

Subzonas hidrográficas.

Fuentes de información

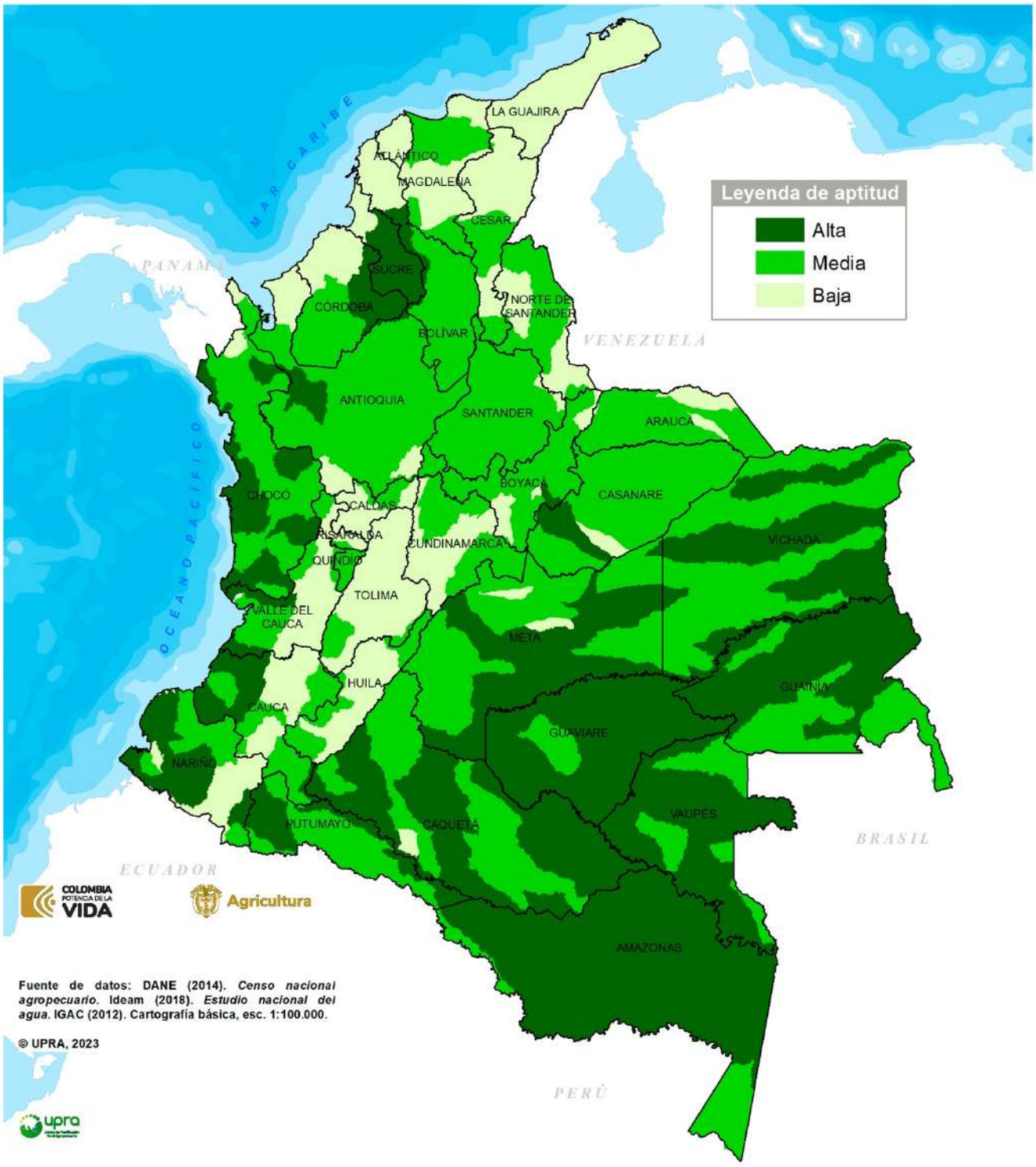
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2011). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra: imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2019). *Estudio nacional del agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/jtozxg

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *apropiación del agua*
Variable *índice del uso del agua*

2.4. Criterio *cambio de cobertura*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: *cambio de cobertura*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variable asociada al criterio

Cambio de cobertura, según la clasificación Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia y *Biomas de Colombia* (Ideam, 2015) con un análisis a escala 1:100.000 de ambas fuentes. La unidad de medida de la variable correspondió a la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.).

Definición

Es el grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para establecer cultivos de granadilla. Se determina en el marco de la sostenibilidad del territorio bajo los principios de grado de transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura; e importancia de la cobertura frente a la producción agropecuaria.

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 factores físicos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales que operan a escalas espaciales y temporales y que se relacionan con procesos ecosistémicos y de las poblaciones biológicas. Cualquier cambio de cobertura que ocurra por las actividades humanas incide en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación y los flujos de materia/energía en los ecosistemas, incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el componente hidrológico (Lambin & Geist, 2006; Di Gregorio, 2005). Es decir: las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Este criterio determinó la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente producido por el establecimiento del cultivo de granadilla e identificó la favorabilidad o no del cambio de la cobertura en la sostenibilidad del territorio a partir del grado de antropización y transformación de las coberturas; de la importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus características; y de la importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

Importancia del criterio

A través de este criterio fue posible identificar áreas con vegetación natural sujeta a exclusiones y áreas transformadas donde es favorable establecer el cultivo de la granadilla. Bajo una visión integral del territorio, se reconocieron las zonas donde el cambio propuesto genera menor y mayor impacto en la dinámica ecológica.

Limitantes de la evaluación del criterio

Se relacionan con la información básica con la que se construyó la variable: la *Leyenda nacional de coberturas de la Tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*, que permitió 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 para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al.*, 2009).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Las exclusiones técnicas del criterio *cambio de cobertura* fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

Coberturas que no hacen parte de la frontera agrícola nacional. Se tomó como primer referente de exclusión todas las coberturas que no eran parte de la frontera agrícola (Resolución 261 de 2018, MADR), las cuales se relacionan a continuación:

1.1.1. Tejido urbano continuo.	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas.	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado.
1.1.2. Tejido urbano discontinuo.	1.4.2. Instalaciones recreativas.	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado.
1.2.1. Zonas industriales o comerciales.	1.4.2.1. Áreas culturales.	3.2.1.1.2.3. Arracachal.
1.2.1.1. Zonas industriales.	1.4.2.2. Áreas deportivas.	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso.
1.2.1.2. Zonas comerciales.	1.4.2.3. Áreas turísticas.	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso.
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados.	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme.	3.2.2.1. Arbustal denso.
1.2.2.1. Red vial y territorios asociados.	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable.	3.2.2.2. Arbustal abierto.
1.2.3. Zonas portuarias.	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto inundable heterogéneo.	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo.
1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales.	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto.	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición.
1.2.4. Aeropuertos.	3.1.1.1.2.3. Palmares.	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta.
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada.	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme.	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja.
1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada.	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable.	3.3.1. Zonas arenosas naturales.

1.2.5. Obras hidráulicas.	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme.	3.3.1.1. Playas.
1.3.1. Zonas de extracción minera.	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable.	3.3.1.2. Arenales.
1.3.1.1. Otras explotaciones mineras.	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme.	3.3.1.3. Campos de dunas.
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos.	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable.	3.3.2. Afloramientos rocosos.
1.3.1.3. Explotación de carbón.	3.1.3. Bosque fragmentado.	4.1.1. Zonas pantanosas.
1.3.1.4. Explotación de oro.	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos.	4.1.2. Turberas.
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción.	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria.	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua.
1.3.1.6. Explotación de sal.	3.1.4. Bosque de galería y ripario.	4.2.1. Pantanos costeros.
1.3.2. Zona de disposición de residuos.	3.1.5.1. Plantación de coníferas.	4.2.2. Salitral.
1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto.1.5.2. Plantación de latifoliadas.	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar.
1.3.2.4. Relleno sanitario.	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado.	5.1.1. Ríos.
1.4.1. Zonas verdes urbanas.	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado.	5.2.1. Lagunas costeras.
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas.	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos.	5.2.3. Estanques para acuicultura marina.
1.4.1.2. Parques cementerio.	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable.	—

Coberturas incompatibles con el TUT. Además de las coberturas que no son parte de la frontera agrícola, se incluyeron otras coberturas y biomas-coberturas que, por sus características, son incompatibles, las cuales se enlistan a continuación:

Coberturas
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas.
3.3.4. Zonas quemadas.
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales.
5.1.3. Canales.
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales.
5.1.4.1. Embalses.
5.1.4.2. Lagunas de oxidación.
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental.

Biomas-cobertura
3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado: halobioma del Caribe, halobiomas del Pacífico, helobioma de La Guajira, litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, orobioma alto de Santa Marta, orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, orobioma de La Macarena, 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 de río Dagua, orobiomas medios de los Andes, zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta, zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe, zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato.
3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado: halobioma del Caribe, halobiomas del Pacífico, helobiomas de la Amazonia y Orinoquia, litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, orobioma del Baudó y Darién, orobioma medio de Santa Marta, orobiomas altos de los Andes, orobiomas azonales del valle del Patía, orobiomas bajos de los Andes, orobiomas medios de los Andes, peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia, zonobioma alternohígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena, zonobioma alternohígrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca, zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato, zonobioma seco tropical del Caribe

Bosques naturales 2010. La capa de bosques naturales al año 2010 se obtuvo del mapa bosque/no bosque para Colombia, área continental (imágenes escala fina Landsat escala 1:100.000) del Ideam (2016). Esta capa permite precisar las áreas con coberturas en bosques naturales y descontar las áreas del mapa obtenido de áreas transformadas para actividades agropecuarias (UPRA, 2018), lo cual generó una exclusión técnica (N1). Esta capa responde a los compromisos adquiridos en el *Acuerdo de París*, por parte de Colombia, y a la *Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques*. El año 2010 corresponde al año del punto de referencia para el corte de la medición de los gases de efecto invernadero (GEI), a partir del cual se proyectó la meta de reducción de emisiones en Colombia para el año 2030. En el 2010 también se presentó un cambio en el comportamiento de la deforestación.

Metodología de evaluación

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. Ésta requiere del conocimiento de los recursos naturales; la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico; y la actualización permanente de la información, lo cual facilita 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 utilizó la información referente a biomas desarrollada en el *Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia* (Ideam *et al*., 2015). Con este análisis se determinó la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan, como se observa en la siguiente figura:

Esquema metodológico del criterio *cambio de cobertura*

Mediante este ejercicio fue posible reclasificar cada una de las unidades de la cobertura de la tierra al asignar un grado de aptitud (A1, A2, A3 o N1), reclasificación que se fundamentó en el tipo de bioma en donde se localiza cada unidad de cobertura. Este procedimiento implicó analizar las características de cada bioma, la importancia ambiental y las cualidades de cada tipo de cobertura con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si, por sus características ambientales, como sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica, se hace favorable o no el establecimiento del cultivo de la granadilla (ver siguiente tabla).

Grado de aptitud	Descripción
A1	Zonas de alta favorabilidad para establecer cultivos de granadilla, donde predominan cultivos transitorios para la producción de alimentos y cultivos permanentes para materias primas industriales. Predominan las áreas de pastos, limpios, enmalezados y arbolados; el mosaico de cultivos; los mosaicos de pastos y cultivos; los mosaicos con presencia de áreas naturales; y algunas zonas quemadas.
A2	Zonas de moderada favorabilidad para establecer cultivos de granadilla dedicadas a usos agrícolas, donde predominan cultivos transitorios para la producción de alimentos; cultivos permanentes herbáceos y arbustivos; algunos pastos limpios, enmalezados y arbolados; y algunos mosaicos de cultivos y de pastos.
A3	Zonas con favorabilidad marginal para establecer cultivos de granadilla. Corresponde a coberturas en donde predominan cultivos de ciclo corto dedicados a la producción de alimentos; cultivos permanentes herbáceos, arbustivos y arbóreos; plantaciones forestales; cultivos agroforestales, pastos y árboles plantados, algunos mosaicos de cultivos, mosaicos que involucran espacios naturales, algunas zonas de pastos que, por el bioma en donde se localizan, presentan menor favorabilidad; y algunas unidades de coberturas naturales, como herbazales densos de tierra firme no arbolados y arbolados.
N1	Zonas no favorables para establecer cultivos de granadilla. Son zonas excluidas técnicamente que se asocian a las coberturas naturales y seminaturales; las áreas húmedas; las superficies de aguas; los territorios artificializados; y zonas quemadas que, por el bioma en donde se localizan, no favorecen el cultivo de la granadilla.

En cuanto a las coberturas naturales y seminaturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que los herbazales densos de tierra firme y las zonas quemadas en algunos casos puntuales no eran totalmente excluyentes, sino áreas con cierta categoría de aptitud para el establecimiento del cultivo de granadilla.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

A1	A2	A3	
2.1.4. Hortalizas.	2.1.1. Otros cultivos transitorios.	2.1.1. Otros cultivos transitorios.	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos.
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos.	2.1.4.1. Cebolla.	2.1.2. Cereales.	2.2.3.2. Palma de aceite.
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos.	2.1.5. Tubérculos.	2.1.2.1. Arroz.	2.2.3.3. Cítricos.
2.2.1.2. Caña.	2.1.5.1. Papa.	2.1.2.2. Maíz.	2.2.3.4. Mango.
2.3.1. Pastos limpios.	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos.	2.1.2.3. Sorgo.	2.2.4. Cultivos agroforestales.
2.3.2. Pastos arbolados.	2.2.1.2.1. Caña de azúcar.	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas.	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados.
2.3.3. Pastos enmalezados.	2.2.1.2.2. Caña panelera.	2.1.3.1. Algodón.	2.2.5. Cultivos confinados.
2.4.1. Mosaico de cultivos.	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos.	2.1.3.4. Soya.	2.3.1. Pastos limpios.
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.	2.2.2.2. Café.	2.1.4. Hortalizas.	2.3.2. Pastos arbolados.
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.	2.2.3.2. Palma de aceite.	2.1.5.1. Papa.	2.3.3. Pastos enmalezados.
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales.	2.3.1. Pastos limpios.	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos.	2.4.1. Mosaico de cultivos.
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales.	2.3.2. Pastos arbolados.	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos.	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.
3.3.4. Zonas quemadas.	2.3.3. Pastos enmalezados.	2.2.1.2. Caña.	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
—	2.4.1. Mosaico de cultivos.	2.2.1.2.1. Caña de azúcar.	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales.

A1	A2	A3	
—	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.	2.2.1.2.2. Caña panelera.	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales.
—	—	2.2.1.3. Plátano y banano.	3.1.5. Plantación forestal.
—	—	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos.	3.1.5.1. Plantación de coníferas.
—	—	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos.	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas.
—	—	2.2.2.2. Café.	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado.
—	—	2.2.2.3. Cacao.	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado.
—	—	2.2.2.4. Viñedos.	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos.
—	—	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos.	3.3.4. Zonas quemadas.

Fuentes de información

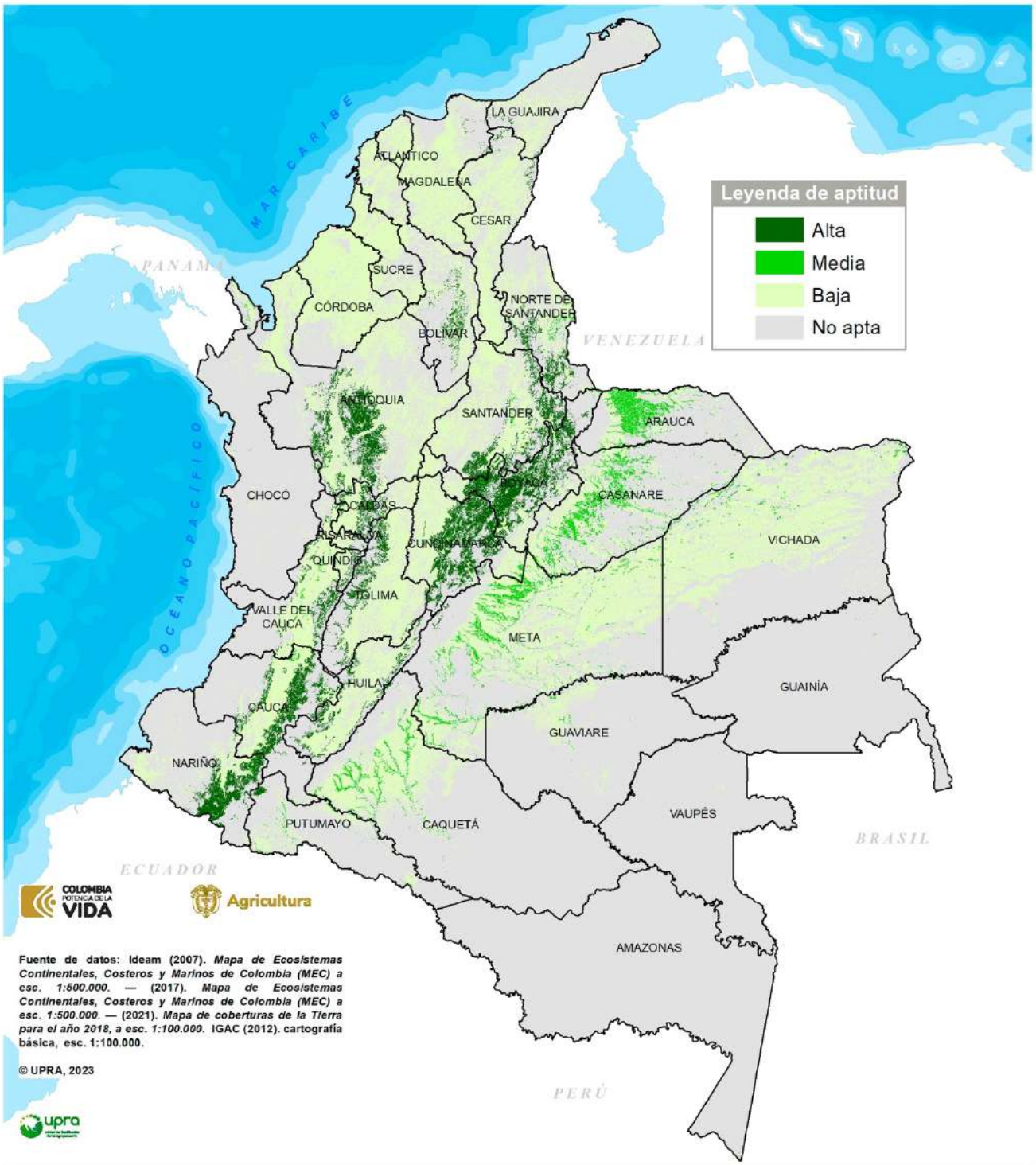
Chhabra, A. & Geist, H. (2006). Multiple impacts of land-use/cover change. En Lambin, E.F. & Gesit, H. (2006). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts* (pp. 71-115). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Di Gregorio, A y Jansen, L.J. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra: conceptos de clasificación y manual para el usuario, versión 2 del programa*. Food and Agriculture Organizations of the United Nations (FAO), United Nations Environment Programme (UNEP), Cooperazione Italiana. https://n9.cl/ywmclp

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/23v8d

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000: memoria técnica*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/l63do

Representación cartográfica del criterio



Criterio *cambio de cobertura*

2.5. Criterio *variación del contenido estimado de carbono*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
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

Es un criterio basado en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa, cuya unidad de medida es el índice de variación del contenido estimado de carbono.

Definición

Balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa, tanto aérea como subterránea, de la cobertura vegetal actual y en el suelo, frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento de los cultivos priorizados.

Importancia del criterio

Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. Esta estimación incorpora la competitividad ambiental y económica, pues se articula a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero para disminuir la huella de carbono.

Limitantes de la evaluación del criterio

Según las metodologías empleadas, la estimación en las coberturas de la productividad neta se realizó con imágenes MODIS, cuyo mayor limitante fue la resolución espacial y la temporalidad.

Metodología de evaluación

El modelo para la estimación del contenido de carbono se fundamentó en el cálculo de carbono contenido en la biomasa vegetal aérea, subterránea y del suelo, según la siguiente metodología:

Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea. La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realizó a partir de la siguiente ecuación propuesta por Páramo (2011):

$$Biomasa = 11{,}2693 + 9{,}255\ (X)$$

donde X corresponde a la inversa de la banda 7 de imágenes MODIS conforme al rango del espectro electromagnético de infrarrojo de onda corta (SWIR).

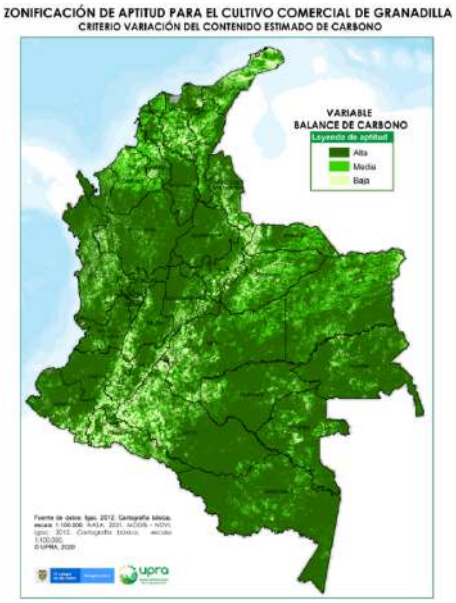
Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea. La estimación de la biomasa subterránea se efectuó de acuerdo con los fundamentos planteados por Cairns *et al*. (1997) y Brown & Lugo (1992) según la siguiente ecuación:

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

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

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

Contenido de carbono en la biomasa. Posteriormente, mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea, se elaboró el siguiente mapa de carbono total contenido en la biomasa:



Contenido de carbono en el suelo. El contenido de carbono en el suelo se estimó de la información suministrada por el ISRIC (International Soil Reference and Information Centre, 2015) a partir de las capas de porcentaje de carbono orgánico en el suelo, la densidad aparente y el porcentaje de fragmentos de más de 2 milímetros (*organic carbón*, *bulk density*, *coarse fragments* > 2 mm) a 30 centímetros de profundidad. El mapa de carbono orgánico total en el suelo se calculó con álgebra de mapas al aplicar la ecuación propuesta por la FAO (2013):

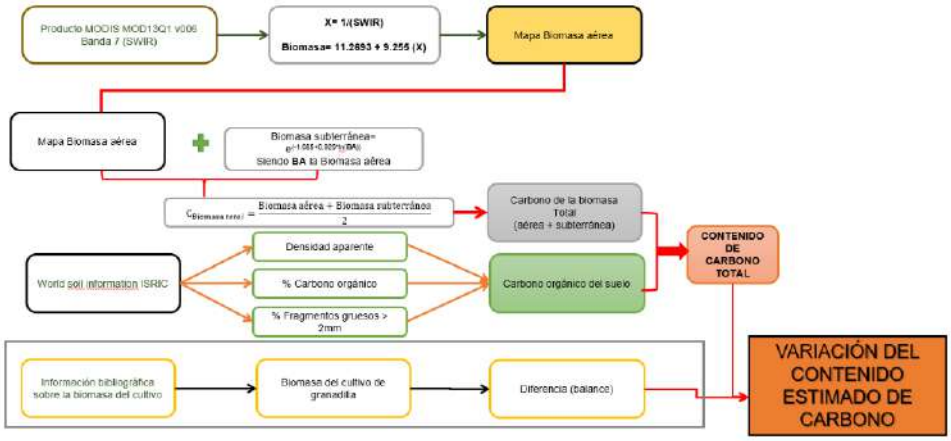
$$Carbono\ orgánico\ del\ suelo = \text{porcentaje de carbono orgánico} \times \text{densidad aparente} \times \text{profundidad de 0,3 m)} \times (1 - \text{porcentaje de fragmentos gruesos})$$

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

Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono. Para realizar el balance de carbono, se estimó que la biomasa por hectárea del cultivo de la granadilla, según lo reportado por Quintero y Quiroga (2017) y ajustada a las cifras sectoriales (2019-2020) del MADR, presentó una producción de 23,37 toneladas por hectárea por año, correspondiente a 11,68 toneladas por hectárea por año de carbono capturado. La calificación de la aptitud se realizó al comparar el 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 granadilla para obtener el mapa de diferencia en carbono total frente al cultivo según la siguiente ecuación:

$$\Delta CEC = \frac{C_{\text{cobertura}} - C_{\text{Cultivo de la granadilla}}}{C_{\text{cobertura}}}$$

Así, según la cobertura existente, establecer cultivos de granadilla representa más cantidad de carbono almacenado en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el reemplazo representa una ganancia en la captura (t de C/ha año). En otras circunstancias de cobertura actual, el reemplazo representa una cantidad capturada semejante o una menor cantidad de carbono, en cuyo caso se presenta una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura, lo que se traduce en emisiones de carbono a la atmósfera como dióxido de carbono (ver el siguiente diagrama de flujo que resume la metodología).



Rangos para la asignación de valores de aptitud

La calificación de la aptitud para el cultivo de granadilla, desde el punto de vista de este criterio, se estableció siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	<0	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre la emisión y la captura de carbono	0-0,5	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	>0,5	Baja (A3)

Fuentes de información

Brown, S. & Lugo, A.E. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia, 17*(1), 8-18. https://n9.cl/lf729

Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. & Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia, 111*(1),1-11. DOI: https://doi.org/10.1007/s004420050201

Canadell, J.G. & Raupach, M.R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science, 320*(5882),1456-1457. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1155458

Capoor, K. & Ambrosi, P. (2008). *State and trends of the carbon market 2008*. World Bank Institute. https://n9.cl/6kns5

Consorcio CUE (2012). Proyecto *"Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia ATN/JC-10826-CO y ATN/JF-10827-CO": "Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia"*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Ministerio de Minas y Energía (MME), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (MAVDT), Departamento Nacional de Planeación (DNP).

De Klein, C., Novoa, R.S., Ogle, S., Smith, K.A., Rochette, P., Wirth, T.C. ... Rypdal, K. (2006). Emisiones de N2O de los suelos gestionados y emisiones de CO2 derivadas de la aplicación de cal y urea. En Eggleston, S., Buendía, L., Miwa, K., Ngara T. y Tanabe K. (Eds). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero volumen 4: agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://n9.cl/3j5i9

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

International Soil Reference and Information Centre-World Soil Information (2013). *SoilGrids: an automated system for global soil mapping*. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)-World Soil Information.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

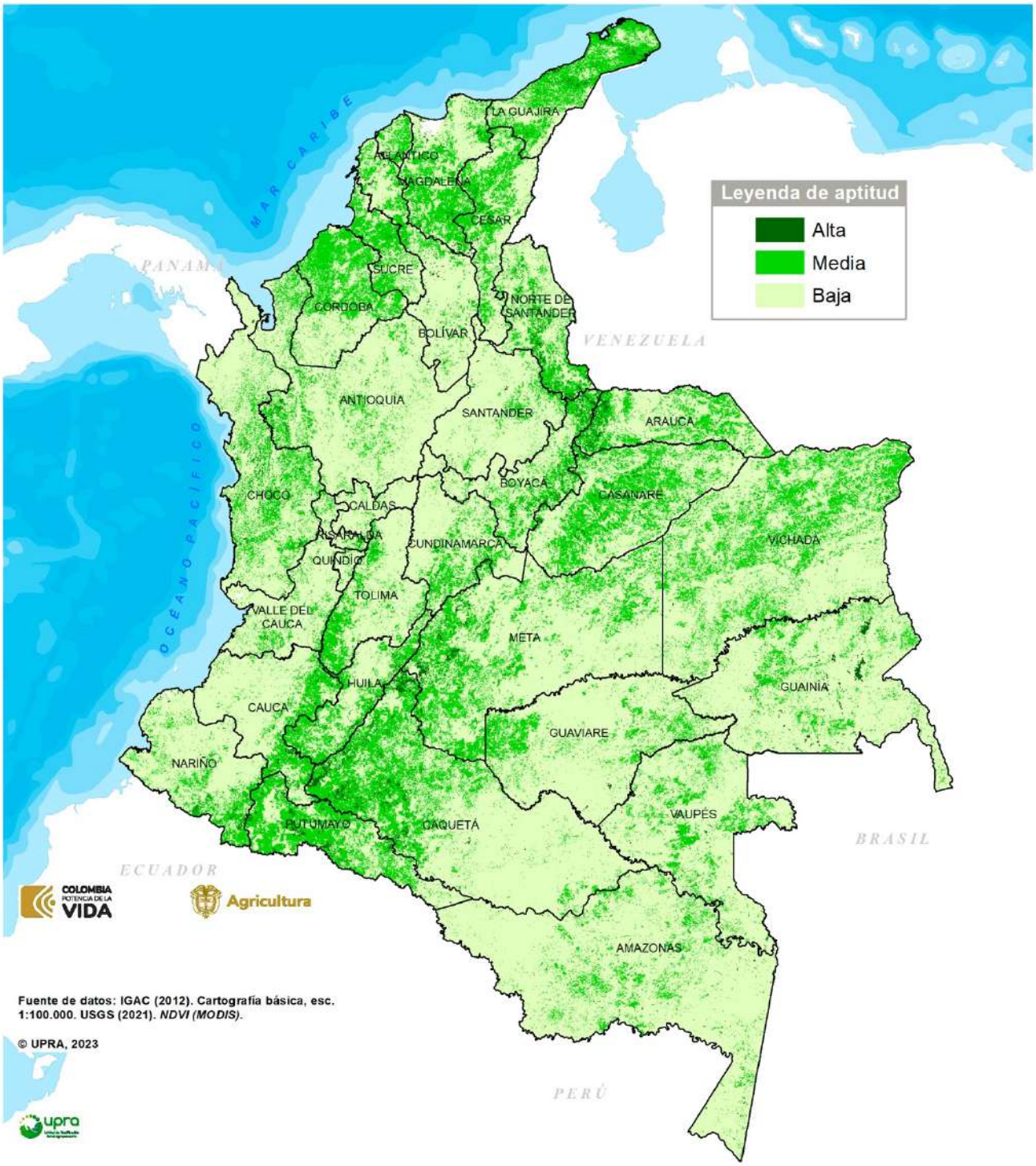
Phillips, J.F., Duque, A.J., Yepes, A.P., Cabrera, K.R., García, M.C. Navarrete, D.A., ... Cárdenas, D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/f98vk

Quintero, C.A. y Quiroga, L.F. (2017). *Estimación del potencial energético a partir de la biomasa primaria agrícola en el departamento de Cundinamarca* [trabajo de grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. http://hdl.handle.net/11349/5703

Stern, N. (2007). *The economics of climate change: stern review*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *variación del contenido estimado de carbono*

3. Fichas metodológicas del componente económico

3.1 Criterio *infraestructura y logística*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Existencia de cultivos, expresada en densidad.
Cercanía a los viveros registrados, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Cercanía a las comercializadoras y empacadoras, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Cercanía a los centros de comercialización, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Cercanía a los centros de servicios, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Cercanía a los aeropuertos, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Cercanía a los puertos marítimos, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).
Distritos de riego y drenaje, expresado en polígonos.

Definición

Conjunto de medios técnicos, bienes, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de las actividades de producción, comercialización, empaque y distribución del cultivo comercial de granadilla.

Importancia del criterio

Indica a los agentes económicos las condiciones de movilidad, acceso a centros de servicios, potencial de operaciones de comercio exterior (puertos marítimos y aeropuertos), disponibilidad de distritos de riego y existencia de cultivos que limitan o promueven la competitividad de la cadena en la interacción con los mercados tanto nacionales como internacionales. Existe una relación directamente proporcional entre la infraestructura y logística, y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios con mayores facilidades para la movilidad del aparato productivo ofrecen mejores condiciones para que la cadena productiva se desarrolle de forma eficiente.

Limitantes de la evaluación del criterio

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2020 y se estimó a partir del censo nacional de población y vivienda realizado en el año 2018. Así mismo, se tuvieron en cuenta los municipios con población mayor a 30 mil habitantes.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Metodología de procesamiento de la información

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), condensada en la matriz de comparaciones de ocho variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Existencia de cultivos*	*Cercanía a los viveros registrados*	*Cercanía a las comercializadoras y empacadoras*	*Cercanía a los centros de comercialización*	*Cercanía a los centros de servicios*	*Cercanía a los aeropuertos*	*Cercanía a los puertos marítimos*	*Distritos de riego y drenaje*
Infraestructura y logística	***Existencia de cultivos***	1							
	Cercanía a los viveros registrados	1/3	1						
	Cercanía a las comercializadoras y empaca-doras	1/3	1/3	1					
	Cercanía a los centros de comercialización	1/3	1/3	1/3	1				
	Cercanía a los centros de servicios	1/5	1/3	1/3	1/3	1			
	Cercanía a los aeropuertos	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1		
	Cercanía a los puertos marítimos	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1	
	Distritos de riego y drenaje	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo cuenta la valoración entre pares de variables, como se muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se registra en las siguientes tablas:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Infraestructura y logística	*Existencia de cultivos*	31,2
	Cercanía a los viveros registrados	22,2
	Cercanía a las comercializadoras y empacadoras	16,9
	Cercanía a los centros de comercialización	11,5
	Cercanía a los centros de servicios	7,7
	Cercanía a los aeropuertos	4,8
	Cercanía a los puertos marítimos	3,5
	Distritos de riego y drenaje	2,2
Total de la ponderación		**100,0**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura y logística	*Existencia de cultivos*	Densidad	>densidad de predios con cultivos en 5 km	<densidad de predios con cultivos en 5 km	Resto
	Cercanía a los viveros registrados	Tiempo de desplazamiento (horas)	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Cercanía a las comercializadoras y empacadoras	Tiempo de desplazamiento (horas)	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Cercanía a los centros de comercialización	Tiempo de desplazamiento (horas)	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora
	Cercanía a los centros de servicios	Tiempo de desplazamiento (horas)	<1/2 hora	1/2-2 horas	>2 horas
	Cercanía a los aeropuertos	Tiempo de desplazamiento (horas)	<1 hora	1-3 horas	>3 horas
	Cercanía a los puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento (horas)	<4 horas	4-8 horas	>8 horas
	Distritos de riego y drenaje	Polígonos	Distritos de riego activos	Distritos de riego inactivos	—

Fuentes de información

Aeronáutica Civil (2015). *Aeropuertos nacionales*. Aeronáutica Civil (Aerocivil).

Agencia de Desarrollo Rural (2018). *Base de datos de distritos de adecuación de tierras del país: adaptación UPRA 2018*. Agencia de Desarrollo Rural (ADR).

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.

Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.

Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.

Asociación Hortifrutícola de Colombia (2020). *Predios de granadilla*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2016). *Información georreferenciada de distritos de riego*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). *Censo nacional de agricultura: UPAS cultivo de hgranadilla*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda: total, cabecera por municipio 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020a). *Predios con cultivos de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras)

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020b). *Comercializadoras y empacadoras de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras)

Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.

Instituto Colombiano Agropecuario (2021). *Viveros registrados granadilla*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014a). *Mapa nacional de cobertura de la tierra: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, período 2010-2012*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014b). *Mapa de distribución de la temperatura media anual*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque V5 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra a 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Base catastral, registros 1 y 2*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 memtros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2018). *Georreferenciación de los distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020a). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020b). *Registros 1 y 2 de la base catastral rural*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (2016). *Base de datos distritos de adecuación de tierras del país*. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder).

Instituto Nacional de Vías (2020a). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Instituto Nacional de Vías (2020b). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

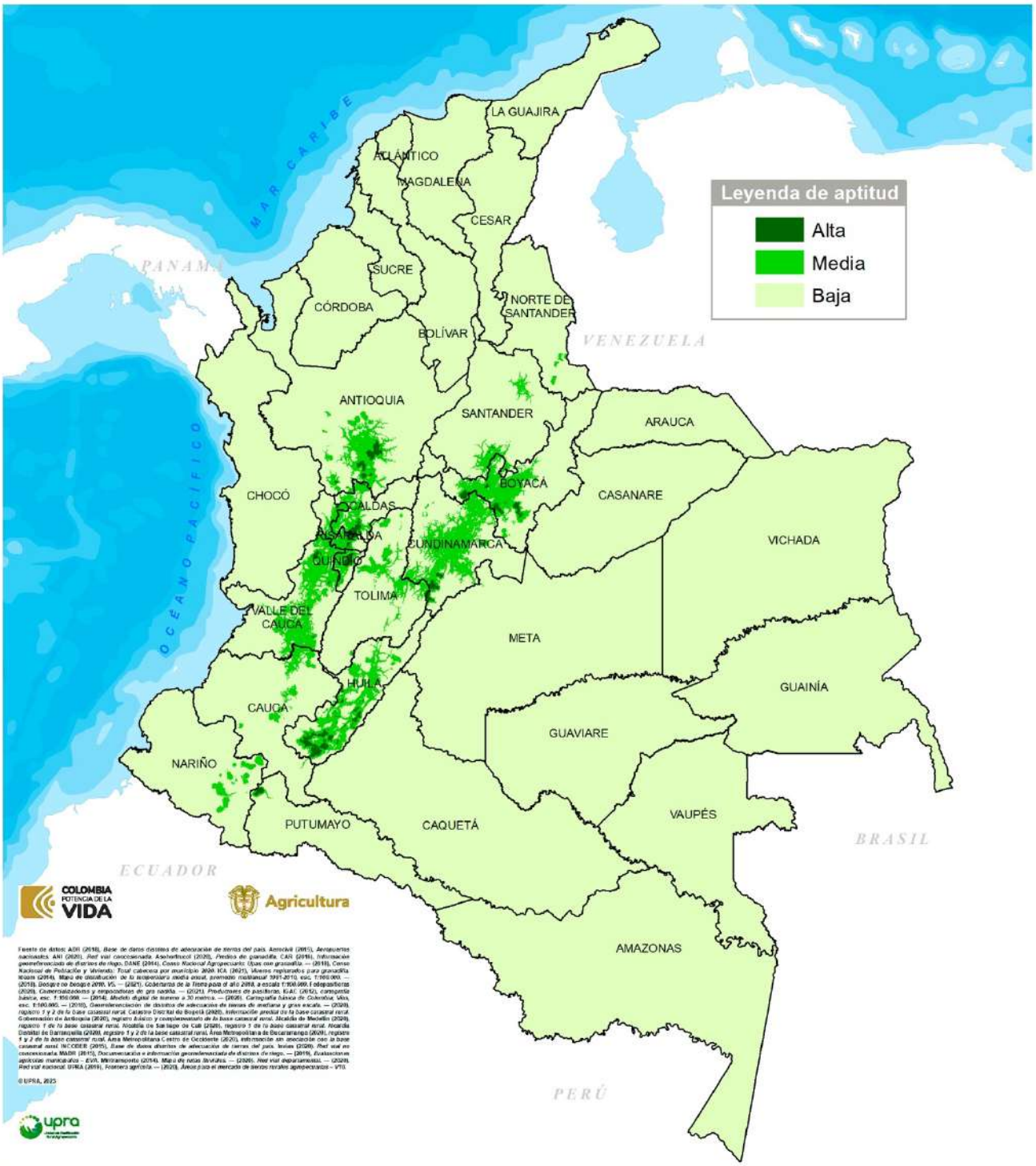
Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Unidad Administrativa de Catastro Distrital (2020). *Información predial jurídica, física y económica*. Unidad Administrativa de Catastro Distrital.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2019). *Frontera agrícola*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Tipología de condicionamientos legales del mercado de tierras V10: cancha mercado de tierras V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *infraestructura y logística*

3.1.1 Variable *existencia de cultivos*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *existencia de cultivos*	Unidad de medida: densidad	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Predios georreferenciados con áreas de cultivo de la granadilla.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos en cuanto al desarrollo de la producción como indicador de la oferta de materia prima. Las áreas que registran cultivos de granadilla se consideraron más competitivas, pues ofrecen condiciones propicias para la actividad agrícola.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

En la actualidad no existe un registro georreferenciado nacional de productores, lo que impide poder tener una identificación de la totalidad de las áreas dedicados a esta actividad.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se tomó como base la información de las UPAS del censo nacional agropecuario 2014, se ubicó cada centroide reportado en las bases catastrales rurales y se estimó que las coordenadas del centroide le corresponden al predio con el que se cruzó. Acto seguido, se cruzó con los municipios productores de granadilla reportados por las EVAS, Asohofrucol y Fedepasifloras. Al relacionar esta información con la base predial, se clasificaron como A3 los predios cuyo propietario fuera *propiedad colectiva*; los predios cuyo propietario fuera *Sin información y que estén excluidos de la cancha de MT*; los predios cuyo propietario fuera *Estado y que estén excluidos de la cancha de MT*; los predios cuyo propietario fuera *Estado*; los predios cuyo propietario fuera *null y que estén excluidos de la cancha de MT*; los predios *Sin información y que estén excluidos de la cancha de MT*; los predios marcados como *baldíos*; los predios que estén *fuera de frontera agrícola*; y los predios *con cultivo que se encuentren <14°C y >22°C*.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se tomó como fundamento la información de la Unidad Productora Agropecuaria (UPA), de Asohofrucol y de Fedepasifloras sobre los cultivos de granadilla. Luego, reportaron las coordenadas se asociaron a la base predial nacional, vigencia 2019, con el fin de realizar las precisiones de información. Para poder afinar más la información, se empleó el mapa de distribución de temperatura media anual promedio multianual del Ideam, lo cual se asoció a unos rangos de temperatura determinados por el experto climatólogo del grupo de trabajo, que permiten el desarrollo apropiado de la producción, para calificar con *aptitud baja* los cultivos que se encuentran a menos de 14 °C y más de 22 °C.

Tan pronto se identificaron estos puntos, se procedió a representar la información con la metodología de densidad de Kernel, la cual marcó con mayor aptitud las áreas donde se concentran los predios con cultivos de granadilla en un rango de 5 kilómetros y con una clasificación por intervalos geométricos de los tres rangos de aptitud. Con ello, se garantiza que en cada corte se tenga aproximadamente el mismo número de valores al crear un equilibrio entre los grandes cambios en los valores centrales y en los valores extremos, para que la división entre los rangos de aptitud sea muy coherente.

Clasificación por aptitud

Los rangos de aptitud quedaron definidos de la siguiente manera: *aptitud alta* (A1), para la mayor densidad de cultivos en 5 kilómetros; *aptitud media* (A2), para la menor densidad de cultivos en 5 kilómetros; y *aptitud baja* (A3), para el resto de cultivos o que cumplen con las condiciones ya mencionadas en “Precisiones de la información”.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de la variable *existencia de cultivos* para el cultivo de la granadilla se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se registra en la siguiente tabla:

Densidad	Aptitud
Mayor densidad de cultivos en 5 km	Alta (A1)
Menor densidad de cultivos en 5 km	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis

Densidad.

Fuentes de información

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.

Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.

Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.

Asociación Hortifrutícola de Colombia (2020). *Predios de granadilla*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol)

Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2014). *Censo nacional de agricultura: UPAS cultivo de granadilla*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Registros 1 y 2 de la base catastral rural*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

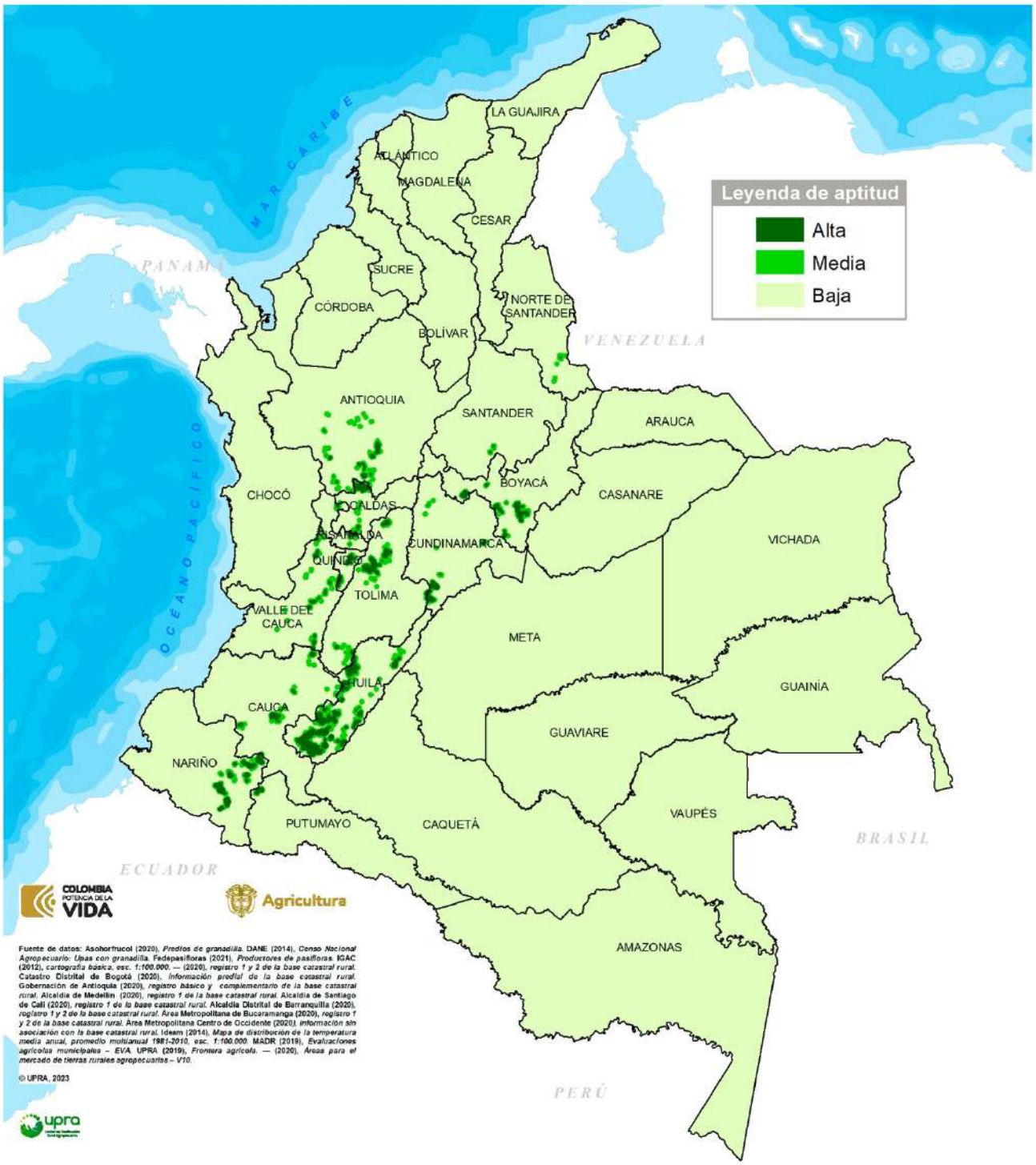
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2021). *Predios con cultivos de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras)

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2019). *Frontera agrícola*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Tipología de condicionamientos legales del mercado de tierras V10: cancha mercado de tierras V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *existencia de cultivos*

3.1.2 Variable *cercanía a los viveros registrados*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a los viveros registrados*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, los viveros registrados que garanticen un buen material vegetal certificado por entidades fitosanitarias nacionales. Es el conjunto de instalaciones cuyo propósito consiste en crear material vegetativo, lo cual constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar plántulas sanas y de buena calidad.

Importancia de la variable

Tener cerca a los predios cultivados los viveros certificados ante el ICA es un aporte a la competitividad de los cultivos de granadilla, pues permite disponer de material sano certificado para el buen desarrollo inicial de la plantación de este tipo de pasifloras.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento no incluyó los costos de transporte a través de la red vial.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Los viveros registrados se hallan localizados en las cabeceras municipales, a partir de las cual se estimó el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a los viveros registrados, a partir de lo cual se consideró que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a ellos. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los viveros registrados que se encuentran a menos de una hora; con *aptitud media* (A2), los que se encuentran entre una y dos horas; y con *aptitud baja* (A3), los que se encuentran a más de dos horas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de la variable *cercanía a los viveros registrados* para el cultivo de la granadilla se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3, como se muestra en la siguiente tabla:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Colombiano Agropecuario (2021). *Viveros registrados granadilla*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra a 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

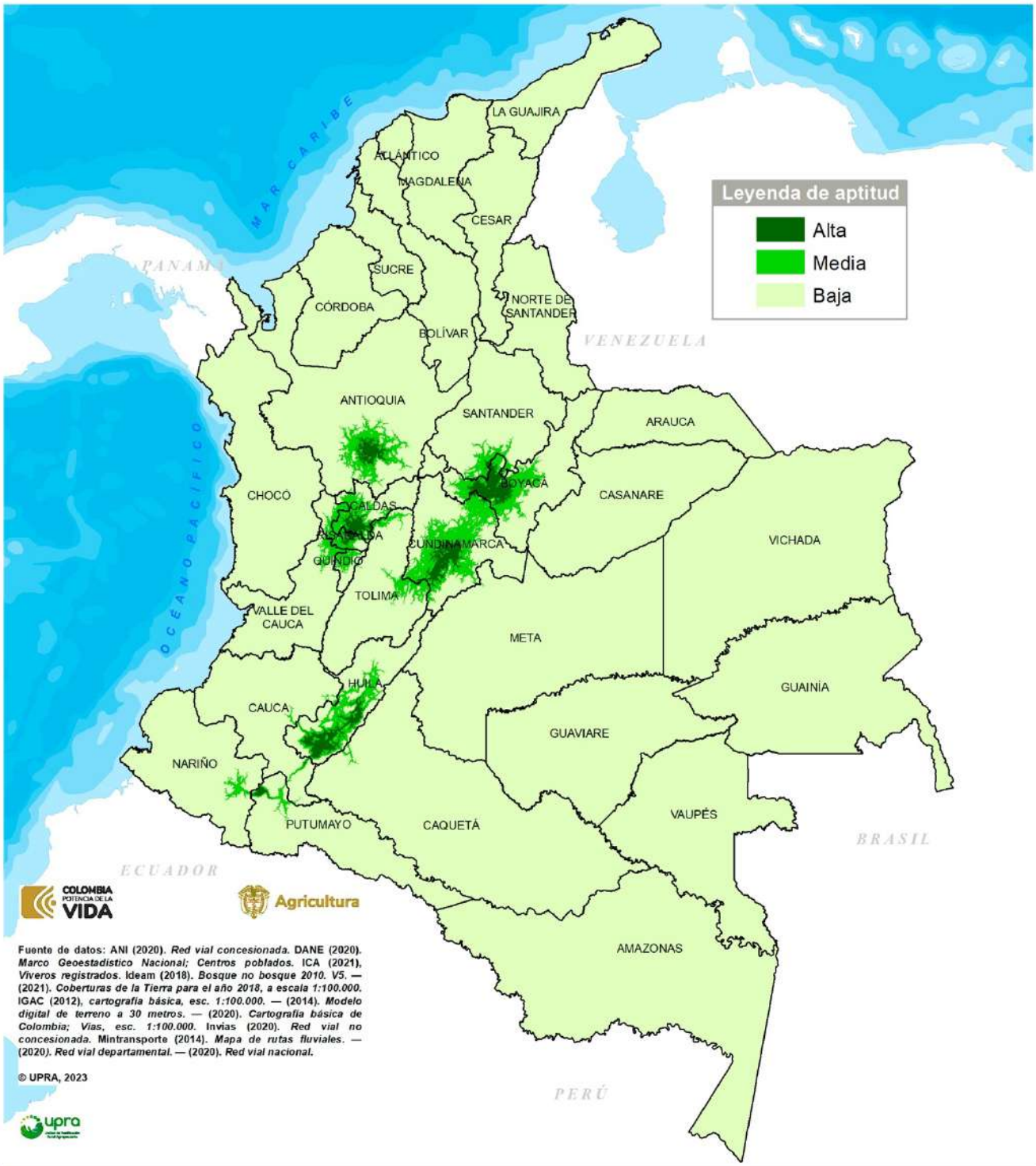
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a los viveros registrados*

3.1.3 Variable *cercanía a las comercializadoras y empacadoras*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a las comercializadoras y empacadoras*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se accede, desde un punto del territorio, a una planta comercializadora o empacadora donde se apareja el producto fresco o procesado en pulpa para su comercialización nacional e internacional. Este tipo de compañías ejecutan funciones de compra, acopio, selección, clasificación, envasado, embalaje, almacenamiento, conservación, transporte y venta de la fruta.

Importancia de la variable

Las comercializadoras y empacadoras son de gran relevancia en la cadena de las pasifloras, ya que gestionan la adquisición de la fruta y le otorgan un valor agregado en las ventas a nivel nacional e internacional. Además, brindan la oportunidad de agrupar a varios proveedores de un mismo sector y sirven de canal para buscar nuevas oportunidades de negocios. La variable incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la comercialización de la producción agrícola. Los municipios más cercanos a las comercializadoras y empacadoras cuentan con mayores oportunidades y costos más competitivos para comercializar el producto.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocieron limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se utilizó la información suministrada por el gremio Fedepasifloras, la cual se relaciona tanto con las comercializadoras como con las empacadoras, de acuerdo con la siguiente tabla:

Departamento	Municipio	Razón social
Antioquia	Apartadó	Fruit Colombian Service SAS
Antioquia	El Santuario	Soluciones Agroindustriales Golden Business SAS
Antioquia	Guarne	Green West SAS
Antioquia	Guarne	Oro Verde Hass SAS
Antioquia	Jardín	Jardín Exotics SAS
Antioquia	Rionegro	Verdeex SAS
Antioquia	Rionegro	Flogamy Co SAS
Antioquia	Sonsón	Comercializadora Internacional Westpoint Co SA
Bogotá	Bogotá	Unimas Exportadora e Importadora SAS
Bogotá	Bogotá	Frutas Comerciales SA (en reorganización)
Bogotá	Bogotá	Ci Dorado Ltda.
Bogotá	Bogotá	Comercializadora Internacional Henry Galindo Mayorga Trading Ltda. HGM Trading CI Ltda.
Bogotá	Bogotá	Nieto y Milevcic Ltda.
Bogotá	Bogotá	Interfruits Colombia SAS
Bogotá	Bogotá	Colombian Aromatic Herbs EU
Bogotá	Bogotá	CI Colombian Commerce Ltda.
Bogotá	Bogotá	Internacional Fresh Produce SAS
Bogotá	Bogotá	CI de la Granja Colombian SAS
Bogotá	Bogotá	Sibco SAS
Bogotá	Bogotá	Ace Exotic Fruit Colombian SAS
Bogotá	Bogotá	Fax Traders SAS
Bogotá	Bogotá	CFC SAS
Bogotá	Bogotá	Origen Fruits SAS
Bogotá	Bogotá	Comercializadora Internacional Disant SAS
Bogotá	Bogotá	Bonesta Colombia SAS
Bogotá	Bogotá	Dorado SAS
Bogotá	Bogotá	Farms to go SAS
Bogotá	Bogotá	Comercializadora Siembra SAS
Bogotá	Bogotá	Natural International Company SAS
Bogotá	Bogotá	Global Agricultural Trading SAS
Bogotá	Bogotá	Daza Food Company SAS
Bogotá	Bogotá	Industrias de Alimentos Daza
Bogotá	Bogotá	Practical Colombia SAS
Bogotá	Bogotá	Paraíso Andino SA
Bogotá	Bogotá	Exotic Fruit World SAS
Bogotá	Bogotá	Ocati SA
Bogotá	Bogotá	Comercializadora Internacional Disfruta Geralia SAS
Bogotá	Bogotá	Isashii SAS
Bogotá	Bogotá	Comercializadora Quiwe SAS
Bogotá	Bogotá	Colombian Special Fruit SAS/Fruescol SAS
Bogotá	Bogotá	Tropigold SAS

Bogotá	Bogotá	CI Verdefresh SAS
Bogotá	Bogotá	CI Frutireyes SAS
Bogotá	Bogotá	Superfruit SAS
Bogotá	Bogotá	Étnico Company Colombia SAS
Bogotá	Bogotá	Colombian Exports Fruits SAS
Bogotá	Bogotá	Frumag SAS
Bogotá	Bogotá	Bron Fruit Colombia SAS
Bogotá	Bogotá	Frutexpo Ltda.
Bogotá	Bogotá	Dehoy SAS
Bogotá	Bogotá	Mapaseb SAS
Bogotá	Bogotá	Rans SAS
Bogotá	Bogotá	Agro Yariguies SAS
Bogotá	Bogotá	Heaven's Fruits SAS
Bogotá	Bogotá	Juan Matas SAS
Bogotá	Bogotá	Sociedad de Comercialización Internacional Inversiones Martinez Pérez Ltda.
Bogotá	Bogotá	Nuticol SAS
Bogotá	Bogotá	Bioterra Comercializadora SAS
Boyacá	Cómbita	CI Andes Export Company SAS
Boyacá	Tunja	Novacampo SA Sci
Boyacá	Zetaquirá	Asociación Municipal de Usuarios Campesinos de Zetaquirá (ANUC)
Cundinamarca	Chía	Ocati SA
Cundinamarca	Cota	Nativa Produce SAS
Cundinamarca	Facatativá	Botanic Republic SA
Cundinamarca	Facatativá	Natural Farms SAS
Cundinamarca	Granada	CI Frutos Naturales de Colombia Ltda/CI Frunacol
Cundinamarca	Madrid	Aglion Farms Company SAS
Cundinamarca	Silvania	Colombia Paradise SAS
Cundinamarca	Silvania	CI Aldea Produce SAS
Cundinamarca	Silvania	CI Exotic SAS
Cundinamarca	Silvania	Colombian Tropic SAS
Cundinamarca	Silvania	Exótica Fruits SAS
Cundinamarca	Zipaquirá	Sci Vivasvan SAS
Huila	Neiva	Comercializadora Yume SAS
Quindío	Armenia	Comercializadora Cooltropy SAS
Quindío	Armenia	Comercializadora Paz y Flora SAS
Quindío	Armenia	CI Enelagro SAS
Quindío	La Tebaida	Arcángel Miguel International SAS
Risaralda	Dosquebradas	CI Flp Colombia SAS
Risaralda	Santa Rosa De Cabal	This Fruta SAS
Santander	Chipatá	Ideas Asociadas Suramericanas SAS

Santander	Rionegro	Comercializadora Internacional Caribbean Exotics SAS
Tolima	El Espinal	Pro Fruits and Fruits SAS
Tolima	Guamo	Lemon Fresh Exportadora SAS
Tolima	Ibagué	Colombian Green SAS
Valle del Cauca	Dagua	Capso SAS
Valle del Cauca	La Unión	Calima Farms SAS
Valle del Cauca	La Unión	Etatech SAS
Valle del Cauca	Roldanillo	Asociación de Productores y Comercializadores de Productos Agropecuarios
Valle del Cauca	Roldanillo	Gonzalo Humberto López Londoño
Valle del Cauca	Roldanillo	Frugol SAS
Valle del Cauca	Roldanillo	Frutas Selectas del Valle Ltda.
Valle del Cauca	Santiago de Cali	CI Sweet Eden SAS
Valle del Cauca	Santiago de Cali	Tropical Benefits SAS
Valle del Cauca	Santiago de Cali	Inteligent Importex SAS

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Las comercializadoras y empacadoras se localizan en las cabeceras municipales, a partir de lo cual se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las comercializadoras y empacadoras, a partir de lo que se consideró que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a ellos. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) las comercializadoras y empacadoras que se encuentran a menos de una hora para entregar el producto; con *aptitud media* (A2), las comercializadoras y empacadoras que se ubican entre una y dos horas de distancia para entregar el producto; y con *aptitud baja* (A3), las comercializadoras y empacadoras que se hallan a más de dos horas para entregar la fruta.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se expone a continuación:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020). *Comercializadoras y empacadoras de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

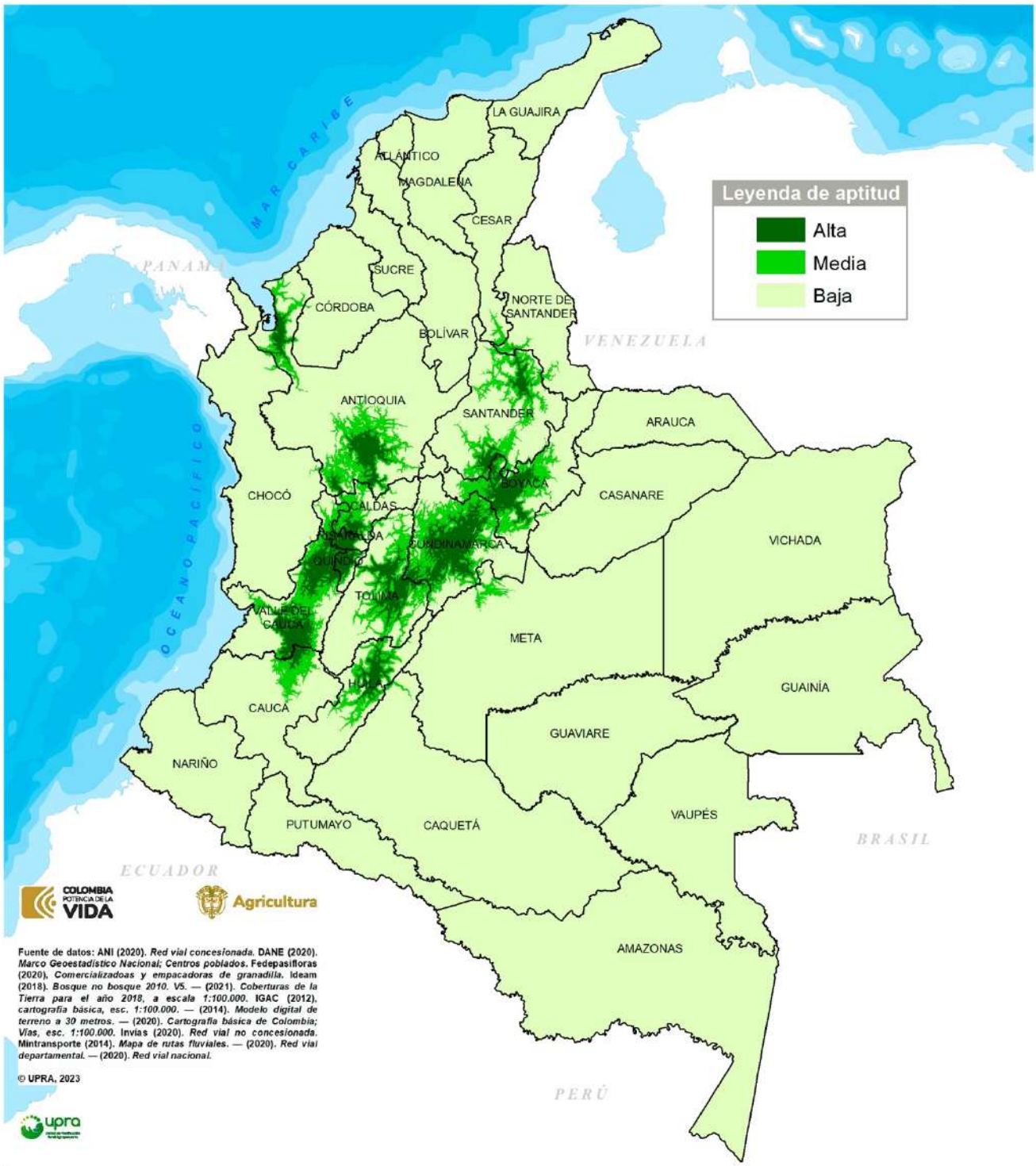
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a las comercializadoras y empacadoras*

3.1.4 Variable *cercanía a los centros de comercialización*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a los centros de comercialización*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede acceder, desde otros puntos en el territorio, a las plazas de mercado de los centros urbanos, como capital departamental, centros poblados o corregimientos con menos de 30.000 habitantes. Al ser un centro de abastecimiento, cultural y social que conecta el campo y el productor, la mayoría de los productos que se venden en las plazas de mercado son cosechados recientemente, es decir: son frescos.

Importancia de la variable

Los centros de comercialización son la principal forma de abastecimiento de todo tipo de alimentos y de productos que en ella se encuentran. Facilitan al pequeño productor el acceso desde cualquier punto de las zonas rurales del país a los centros poblados como una forma de estimar la venta de sus productos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

La selección de los centros de comercialización se llevó a cabo con base en las proyecciones de la población que fueron realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2020. Del mismo modo, la variable se estimó a partir del censo de población y vivienda del año 2018.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se consideró, como punto de referencia, la cabecera municipal, que cuenta con una población menor a 30.000 habitantes para el año 2020. Se abarcaron solamente los municipios productores reportados en las EVA.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron según los tiempos de desplazamiento desde los centros de comercialización. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los centros de comercialización que se ubican a media hora de distancia para acceder a los servicios; con *aptitud media* (A2), los centros de comercialización que se encuentran entre media hora y una hora de distancia para acceder a los servicios; y con *aptitud baja* (A3), los centros de comercialización que se hallan a más de una hora para acceder a los servicios.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se expone en la siguiente tabla:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda: total, cabecera por municipio 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

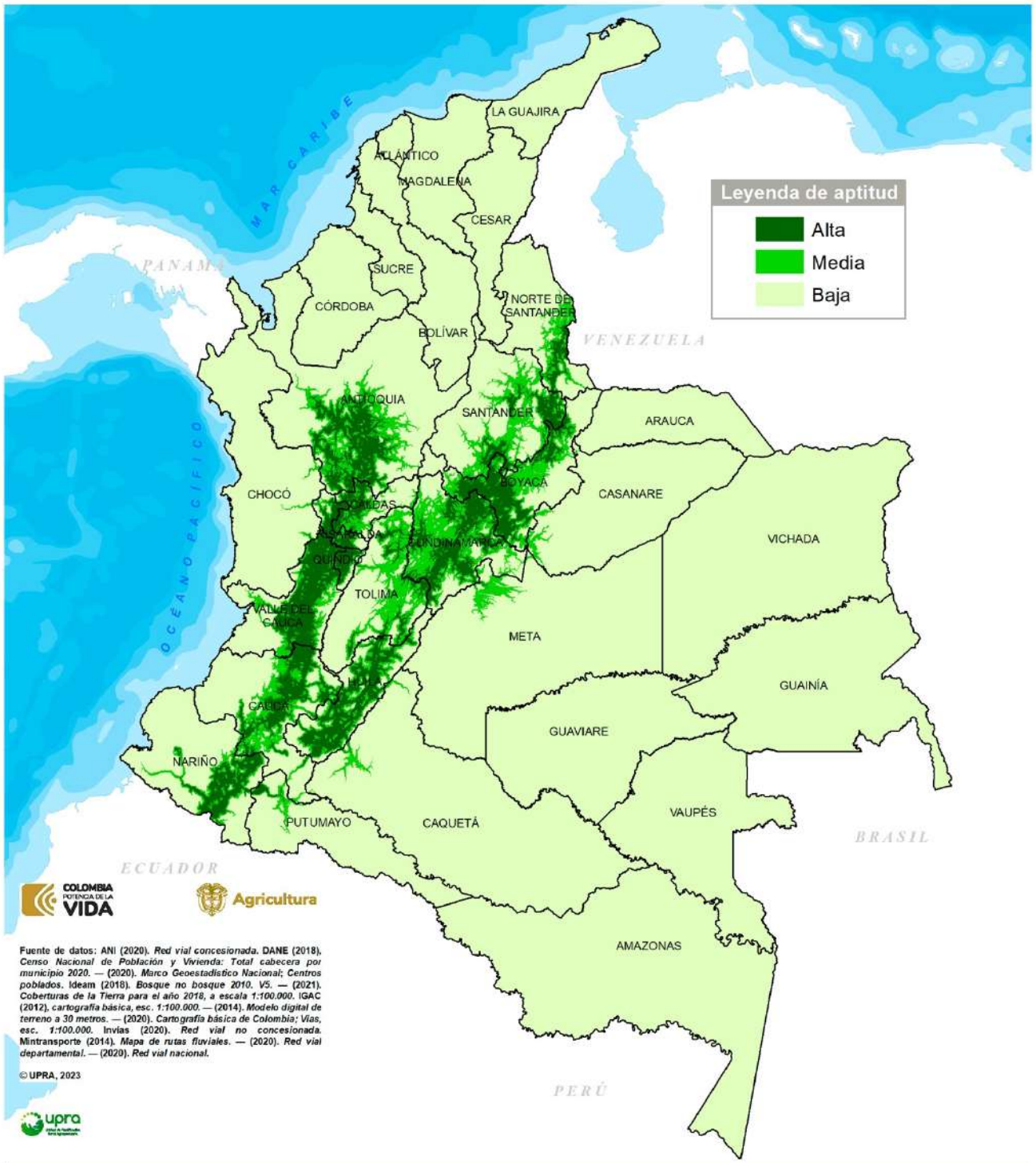
Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a los centros de comercialización*

3.1.5 Variable *cercanía a los centros de servicios*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a los centros de servicios*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se pueden alcanzar, desde otros puntos en el territorio, áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de los cultivos de granadilla. Los centros de servicios se entienden como las zonas con poblaciones de más de 30.000 habitantes, a quienes se les otorga oportunidades de contacto e interacción.

Importancia de la variable

Incide en la competitividad para el desarrollo del cultivo al facilitar el acceso a insumos y servicios necesarios para el productor. La accesibilidad se refiere al tiempo de desplazamiento, el cual es determinado por la oferta y el estado de las redes de transporte vial, fluvial y de la distancia entre dos puntos, uno de los cuales es el centro de servicios, tomando como referencia la cabecera municipal. Las zonas más cercanas a los centros de servicios son más competitivas que las más distantes, con vías en mal estado o sin vías de acceso.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

La selección de los centros de servicios se llevó a cabo con base en las proyecciones de la población realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2020. La variable se estimó a partir del censo nacional de población y vivienda del año 2018. Existen centros de servicios importantes que podrán omitirse por no contar con más de 30.000 habitantes.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para la zonificación del cultivo comercial de la granadilla, los centros de servicios se definen como los municipios que cuentan con una población mayor a 30.000 habitantes para la proyección del DANE en el año 2020.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los centros de servicios. De este modo, se calificaron con aptitud alta (A1) los centros de servicios que se encuentran a media hora para acceder a sus servicios; con *aptitud media* (A2), los centros de servicios que se hallan entre media hora y dos horas de distancia para acceder a sus servicios; y con *aptitud baja* (A3), los centros de servicios que se ubican a más de dos horas para acceder a sus servicios.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda: total, cabecera por municipio 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

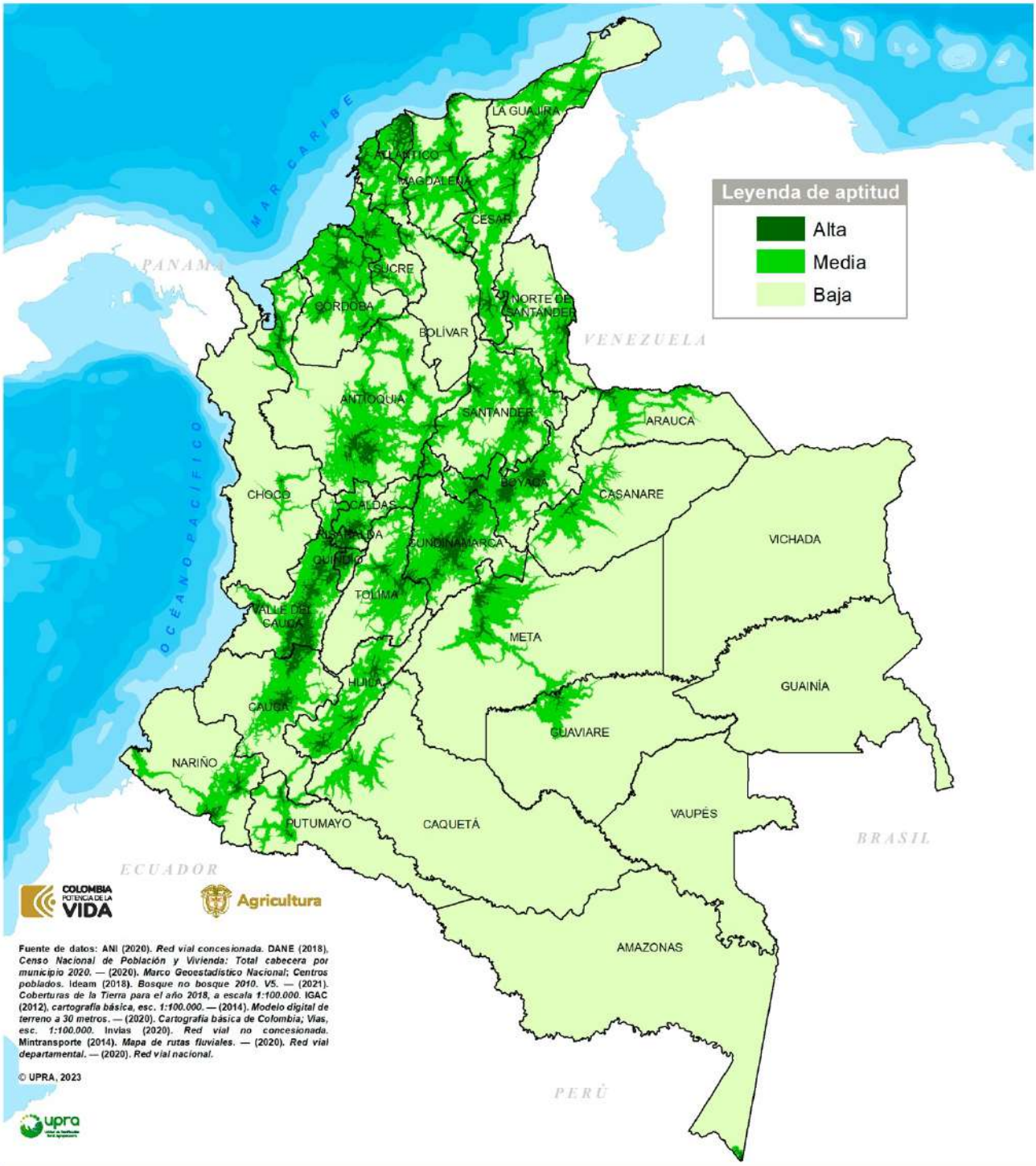
Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA)*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a los centros de servicios*

3.1.6 Variable *cercanía a los aeropuertos*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a los aeropuertos*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Facilidad con la que se puede acceder a un aeropuerto desde las zonas de cultivo de la granadilla. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorporó como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) desde los aeropuertos.

Importancia de la variable

Incide en la competitividad para la explotación comercial de la granadilla frente a las alternativas de movilidad y acceso, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios (insumos) como para la comercialización de los productos que componen la cadena, en especial, para la exportación a mercados internacionales. Un municipio con aeropuertos es más competitivo, dado que ofrece al productor una opción de transporte principal para satisfacer la demanda del producto en los mercados internacionales.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No se identificaron limitantes para evaluar esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La localización de los aeropuertos son puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. De acuerdo con ello, los aeropuertos se clasifican en *clase 1*: Bogotá-Aeropuerto El Dorado, Rionegro-Aeropuerto José María Córdoba, Cali-Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, Barranquilla-Ernesto Cortizos; y en *clase 2*: Medellín-Aeropuerto Olaya Herrera, Cartagena-Aeropuerto Rafael Núñez, Pereira-Aeropuerto Matecaña, Bucaramanga-Aeropuerto Palonegro, Cúcuta-Camilo Daza y Santa Marta-Simón Bolívar.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento desde los aeropuertos. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los aeropuertos que se hallan a menos de una hora para acceder a los servicios de comercio nacional e internacional; con *aptitud media* (A2), los aeropuertos ubicados a entre una hora y tres horas para acceder a los servicios de comercio nacional e internacional; y con *aptitud baja* (A3), los aeropuertos que se encuentran a más de tres horas para acceder a los servicios de comercio nacional e internacional.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se puede observar en la tabla siguiente:

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
<1 hora	Alta (A1)
1-3 horas	Media (A2)
>3 horas	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Aeronáutica Civil (2015). *Aeropuertos nacionales*. Aeronáutica Civil (Aerocivil).

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda: total, cabecera por municipio 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

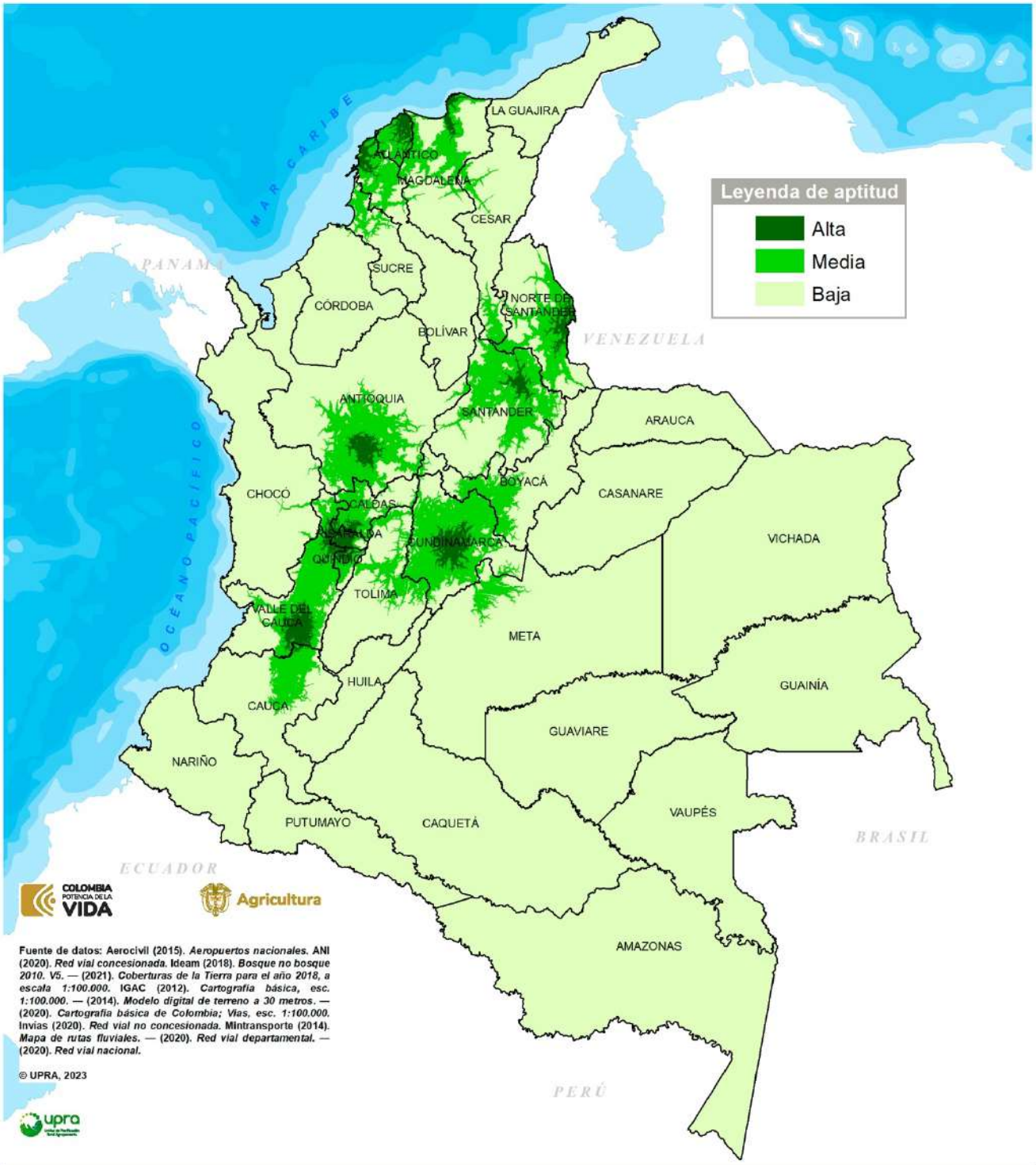
Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a los aeropuertos*

3.1.7 Variable *cercanía a los puertos marítimos*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *cercanía a los puertos marítimos*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede acceder a los puertos marítimos desde las zonas productoras de granadilla para la operación de comercio internacional. Para efectos de la presente zonificación, esta variable se incorporó como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) desde los puertos marítimos. Cuanto más cerca se encuentre la zona que siembra y cosecha granadilla a un puerto marítimo, tanta mayor aptitud se obtendrá, dados los menores costos que implica llevar el producto al puerto, lo cual se traduce en mayor competitividad para la granadilla producida en el país.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de comercio internacional que impactan la competitividad de la cadena. En este sentido, los cultivos más cercanos a los puertos marítimos tendrán mayor aptitud competitiva para interactuar en los procesos de integración con socios comerciales (actuales y potenciales) en lo referente a la exportación del producto.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como no apta (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La localización de los puertos marítimos fueron los puntos de referencia a partir de los cuales se estimó el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los puertos marítimos que se ubican a menos de cuatro horas para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional; con *aptitud media* (A2), los puertos marítimos que se encuentran entre cuatro horas y ocho horas de distancia para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional; y con *aptitud baja* (A3), los puertos marítimos que se hallan a más de ocho horas para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se presenta a continuación:

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
<4 horas	Alta (A1)
4-8 horas	Media (A2)
>8 horas	Baja (A3)

La región caribe mostraron la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos, ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. El puerto de Buenaventura y el puerto de Tumaco reflejaron una gran incidencia para la región andina; mientras que regiones como la Orinoquia y la Amazonia tuvieron el menor grado de aptitud competitiva por su lejanía a los puertos marítimos.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda: total, cabecera por municipio 2020*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

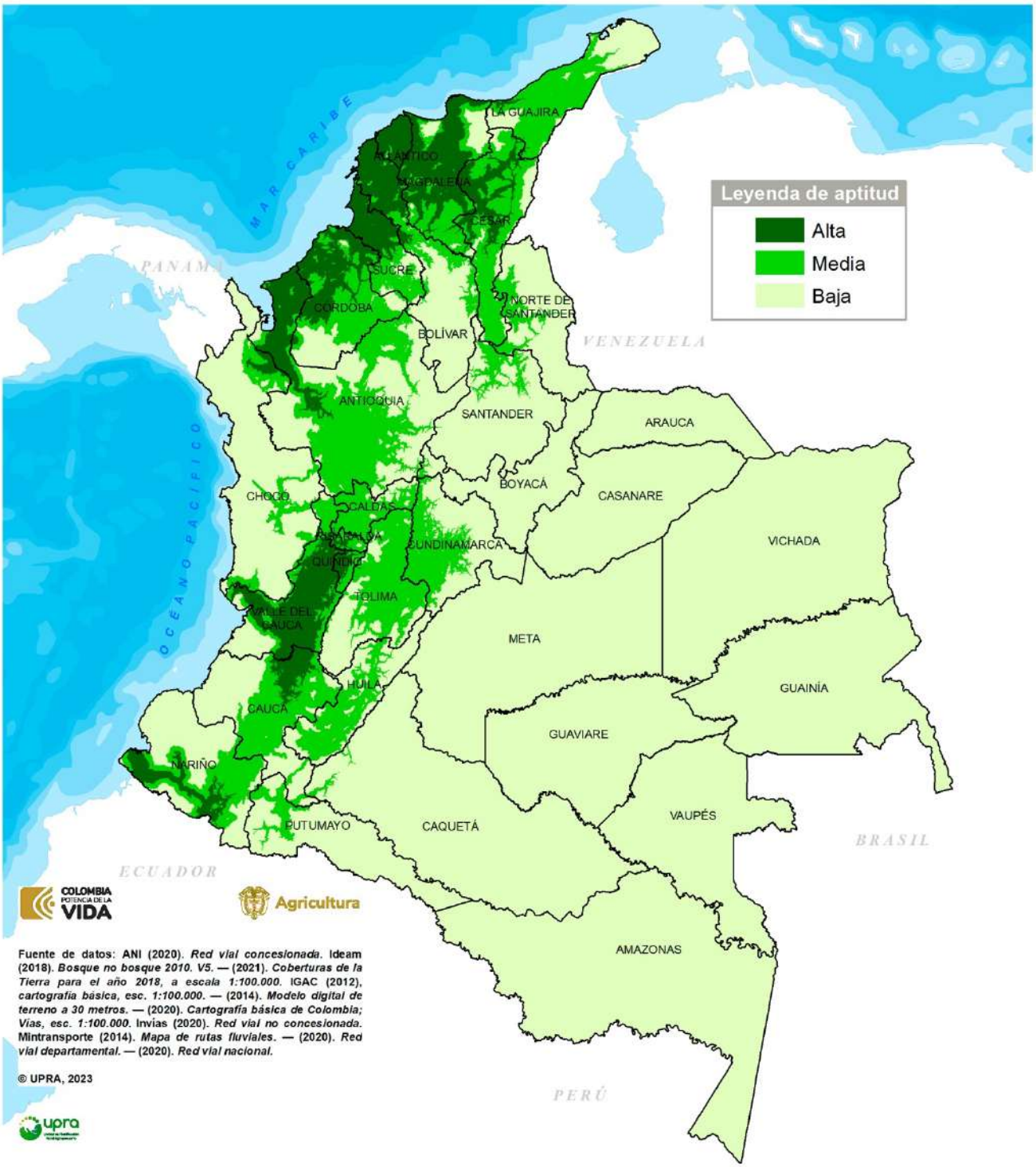
Instituto Nacional de Vías (2020a). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *cercanía a los puertos marítimos*

3.1.8 Variable *distritos de riego y drenaje*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *infraestructura y logística*		
Variable: *distritos de riego y drenaje*	Unidad de medida: polígonos	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Zonas que presentan influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar de riego, drenaje o protección ya sea contra las inundaciones, ya sea para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Importancia de la variable

Incide en la toma de decisiones de los agentes económicos con respecto a la posibilidad de disponer de infraestructura de riego suplementario que mejore las condiciones del uso eficiente del suelo y del agua para la producción de la granadilla.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

En el análisis de la variable, no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

La información sobre distritos de riego no permitió identificar zonas con riego suplementario como parte del manejo agronómico que aumenta la productividad del cultivo de la granadilla.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Registro de polígonos activos y no activos de distritos de riego de usuarios del Incoder.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Clasificación de los distritos.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron de la siguiente manera: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los distritos de riego y drenaje activos; con *aptitud media* (A2), los distrito de riego y drenaje inactivos; y con *aptitud baja* (A3), los polígonos sin distritos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se muestra en al siguiente tabla:

Polígonos	Aptitud
Distrito de riego activos	Alta (A1)
Distrito de riego inactivos	Media (A2)
Sin distritos	Baja (A3)

Unidad de análisis

Polígonos.

Fuentes de información

Agencia de Desarrollo Rural (2018). *Base de datos de distritos de adecuación de tierras del país: adaptación UPRA 2018*. Agencia de Desarrollo Rural (ADR).

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2016). *Información georreferenciada de distritos de riego*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

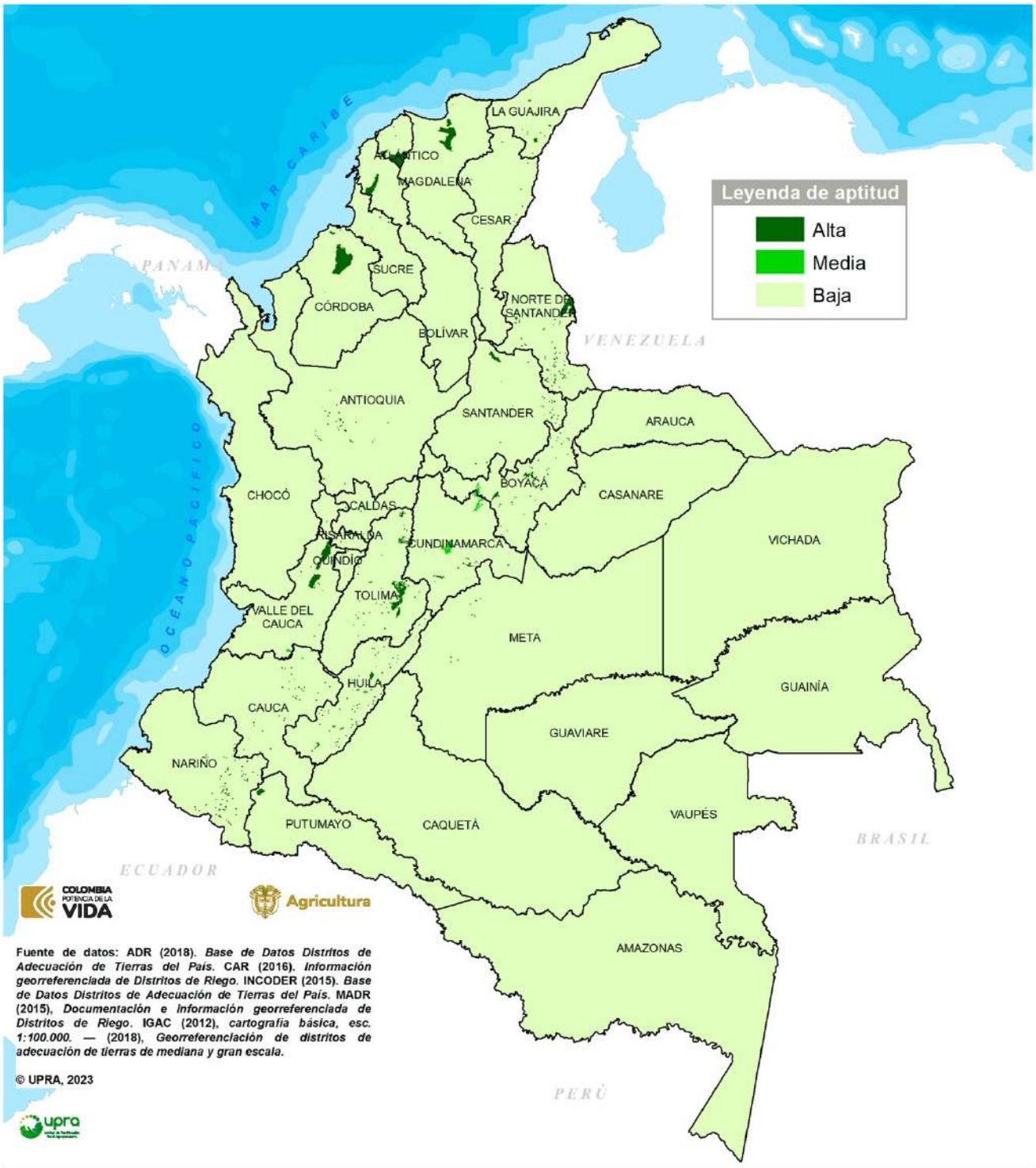
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2018). *Georreferenciación de los distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (2016). *Base de datos distritos de adecuación de tierras del país*. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015). *Documentos e información georreferenciada de distritos de riego*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *infraestructura y logística*
Variable *distritos de riego y drenaje*

3.2 Criterio *asociatividad e institucionalidad*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio: *asociatividad e institucionalidad*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Cercanía a las asociaciones, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).

Cercanía al gremio, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).

Cercanía al ICA, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).

Cercanía a Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).

Cercanía a las EPSEA, expresada en tiempo de desplazamiento (horas).

Definición

Presencia gremial, institucional o de organizaciones de base de la cadena productiva, cuyo apoyo estimula la competitividad. Identifica las condiciones internas y externas a la cadena en cuanto a la oferta institucional y de consolidación del sector agrícola.

Importancia del criterio

Refleja oferta institucional público-privada municipal y la articulación de productores con instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector agrícola. Una mayor oferta institucional nacional y asociatividad permiten el acceso a la investigación, al control fitosanitario, a la formación técnico-tecnológica y al fortalecimiento organizacional del sector. A nivel municipal, una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios público-sociales proyectos productivos ofrece mejores condiciones para fortalecer el aparato productivo. La oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad del cultivo de granadilla.

Limitantes de la evaluación del criterio

Las variables se calcularon con base en isócronas, ya que es la cercanía la que determina la accesibilidad a los servicios. Los algoritmos para estimar los tiempos de desplazamiento no incluyeron los costos.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Metodología de evaluación

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process) condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Cercanía a las asociaciones*	*Cercanía al gremio*	*Cercanía al ICA*	*Cercanía a Agrosavia*	*Cercanía a las EPSEA*
Asociatividad e institucionalidad	*Cercanía a las asociaciones*	1				
	Cercanía al gremio	1/3	1			
	Cercanía del ICA	1/3	1/3	1		
	Cercanía a Agrosavia	1/5	1/3	1/3	1	
	Cercanía a las EPSEA	1/5	1/5	1/3	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo en cuenta la valoración entre pares de variables, como muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable en el criterio según la calificación de los municipios y las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor así de alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Asociatividad e institucionalidad	*Cercanía a las asociaciones*	44,8
	Cercanía al gremio	26,1
	Cercanía al ICA	15,2
	Cercanía a Agrosavia	8,8
	Cercanía a las EPSEA	5,1
Total de la ponderación		**100,0**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociatividad e institucionalidad	*Cercanía a las asociaciones*	Tiempo de desplazamiento (horas).	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento (horas).	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Cercanía al ICA	Tiempo de desplazamiento (horas).	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora
	Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento (horas).	<1/2 hora	1/2-2 horas	>2 horas
	Cercanía a las EPSEA	Tiempo de desplazamiento (horas).	<1/2 hora	1/2-2 horas	>2 horas

Fuentes de información

Agencia de Desarrollo Rural (2020). *Registro de las entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)*. Agencia de Desarrollo Rural (ADR).

ANI (2020). Red vial concesionada

Asociación Hortifrutícola de Colombia (2019). *Revista Frutas y hortalizas, sedes, gremios*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol)

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020). *Asociaciones*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras)

Instituto Colombiano Agropecuario (2020). *Oficinas del ICA*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

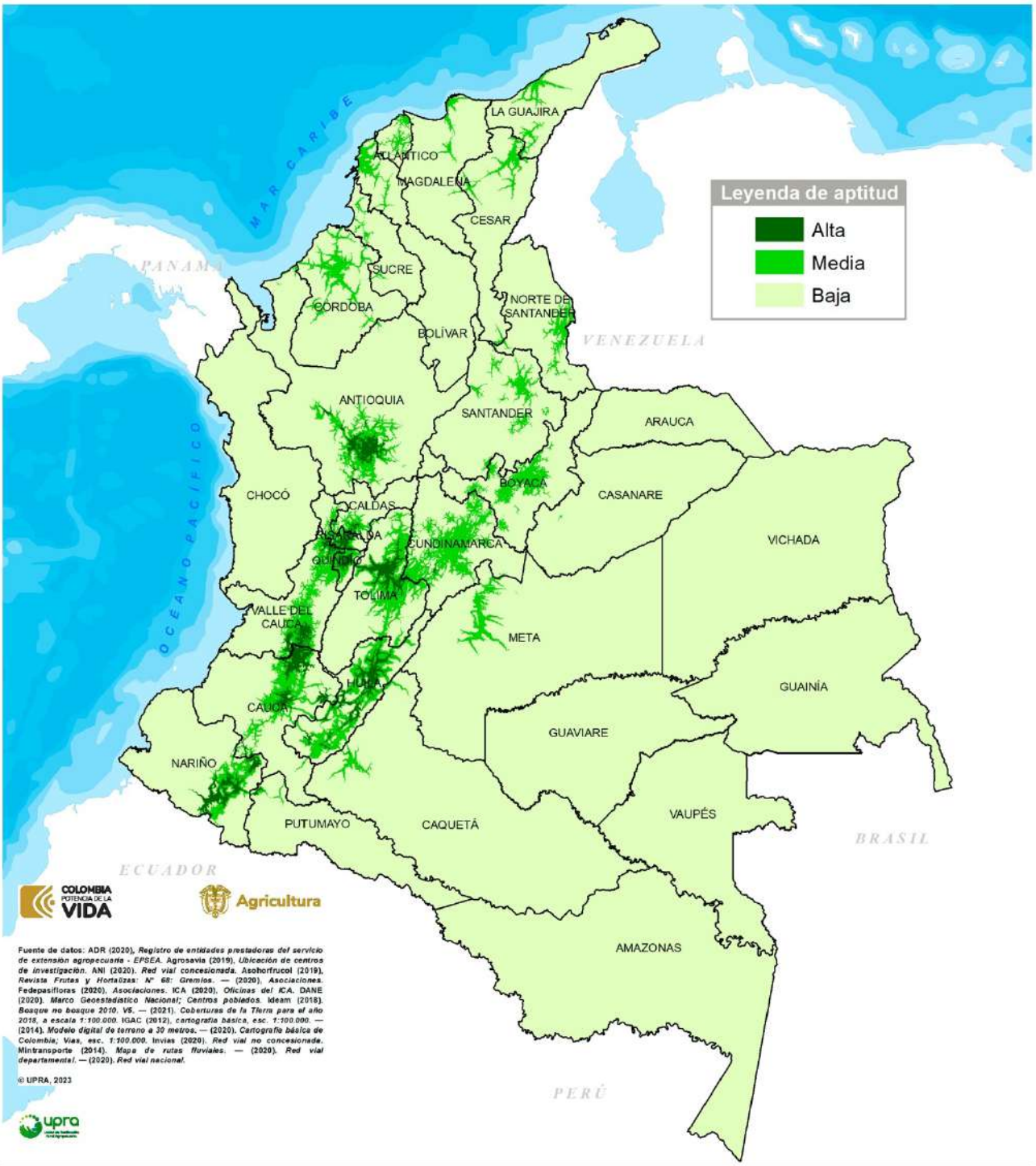
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020b). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *asociatividad e institucionalidad*

3.2.1 Variable *cercanía a las asociaciones*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico.	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *asociatividad e institucionalidad*		
Variable: *cercanía a las asociaciones*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde las zonas productoras, una asociación de representación de las pasifloras. Ofrecen a los productores oportunidades de mercado y servicios de formación en gestión y acceso a la información, tecnologías, innovaciones y servicios de extensión de calidad sobre prácticas agrícolas más productivas y sostenibles. Así mismo, ofrecen oportunidades que los productores no pueden alcanzar de forma individual en los mercados.

Importancia de la variable

La asociatividad garantiza a los productores reunir sus activos y competencias para superar las barreras de los mercados y otras limitaciones, como precios más reducidos en la compra de insumos y equipos. Las asociaciones se ubican en buena parte en los municipios donde se ubica la producción del cultivo de granadilla.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No se contó con una amplia información.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación en la cabecera municipal donde se encuentra la asociación.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se determinaron con base en los tiempos de desplazamiento a las asociaciones, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a ellas. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) las asociaciones cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de una hora; con *aptitud media* (A2), las asociaciones cuyo tiempo de desplazamiento toma entre una y dos horas; y con *aptitud baja* (A3), las asociaciones cuyo tiempo de desplazamiento toma más de dos horas.

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), como se puede observar en la tabla siguiente:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Asociación Hortifrutícola de Colombia (2020). *Asociaciones de granadilla*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020b). *Asociaciones de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

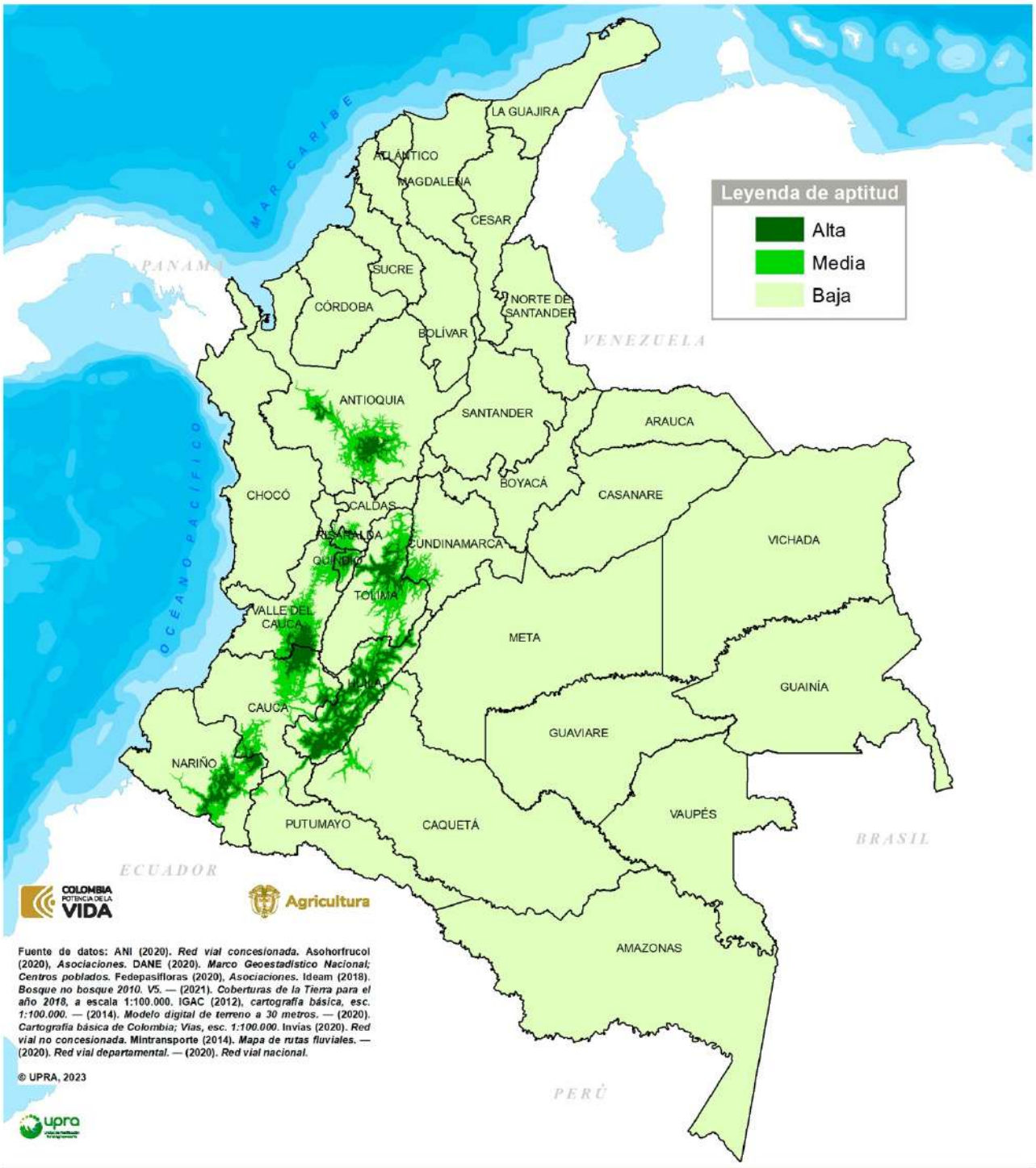
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *asociatividad e institucionalidad*
Variable *cercanía a las asociaciones*

3.2.2. Variable *cercanía al gremio*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *asociatividad e institucionalidad*		
Variable: *cercanía al gremio*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede de Fedepasifloras o de Asohofrucol.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto de la institucionalidad sectorial presente en el municipio. La organización gremial Fedepasifloras representa a los productores del país y permite orientar hacia el mejoramiento del nivel de vida de los productores que laboran en el sector de la granadilla y en las pasifloras. El propósito consiste en hacer competitiva y rentable la actividad; defender los intereses colectivos; y contribuir al desarrollo tecnológico, social, comercial y ambiental del sector rural nacional.

Valor de restricción o ango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como no apta (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Aunque se trata de dar cobertura a todas las sedes de Fedepasifloras y de Asohofrucol, éstas no están presentes en todo el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación de las sedes de Fedepasifloras y de las sedes de Asohofrucol.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a cada una. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los gremios cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de una hora; con *aptitud media* (A2), los gremios cuyo tiempo de desplazamiento toma entre una y dos horas; y aptitud baja (A3), los gremios cuyo tiempo de desplazamiento toma más de dos horas.

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), como se expone abajo:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Asociación Hortifrutícola de Colombia (2020). *Sedes*. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (2020). *Predios con cultivos de granadilla*. Federación Colombiana de Productores de Pasifloras (Fedepasifloras).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

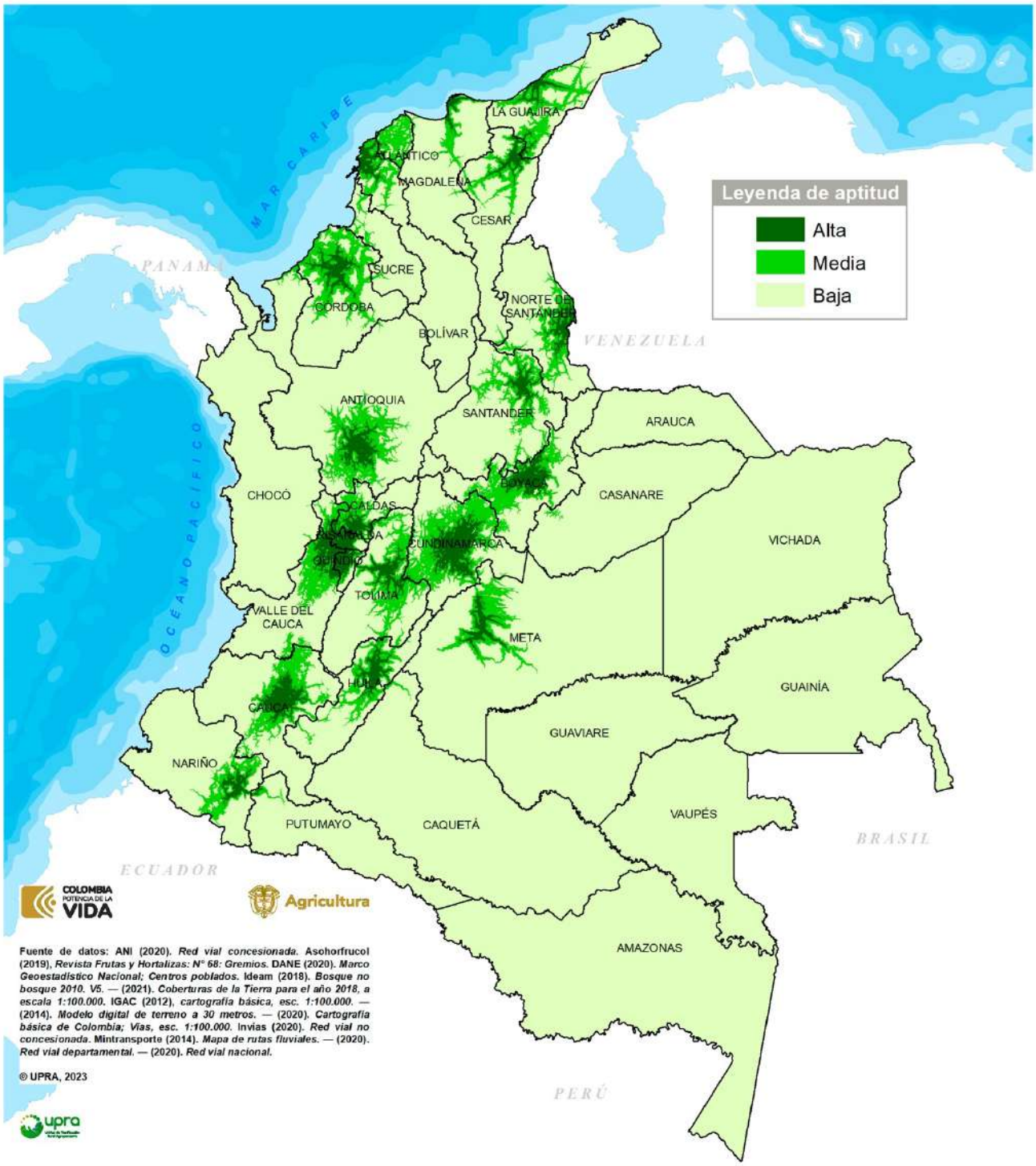
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020a). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *asociatividad e institucionalidad*
Variable *cercanía al gremio*

3.2.3 Variable *cercanía al ICA*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *asociatividad e institucionalidad*		
Variable: *cercanía al ICA*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede del ICA. La función de esta entidad oficial consiste en elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional; aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias; y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional de asesoría, control y manejo fitosanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agropecuaria. El control y manejo de plagas ayuda a reducir las pérdidas en la producción del cultivo de la granadilla. Los productores con posibilidades de acceso a la asesoría para el manejo y control fitosanitario de sus cultivos pueden obtener mayores productividades, lo cual se traduce en la oportunidad para desarrollar un cultivo más competitivo.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No hay limitantes en la variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se tuvo en cuenta la ubicación de las sedes del ICA.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a la sede del ICA, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a una sede de la entidad oficial. De tal modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) las sedes del ICA cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de media hora; con *aptitud media* (A2), las sedes del ICA cuyo tiempo de desplazamiento toma entre media y una hora; y con *aptitud baja* (A3), las sedes del ICA cuyo tiempo de desplazamiento toma más de una hora.

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), como se registra en la tabla siguiente:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

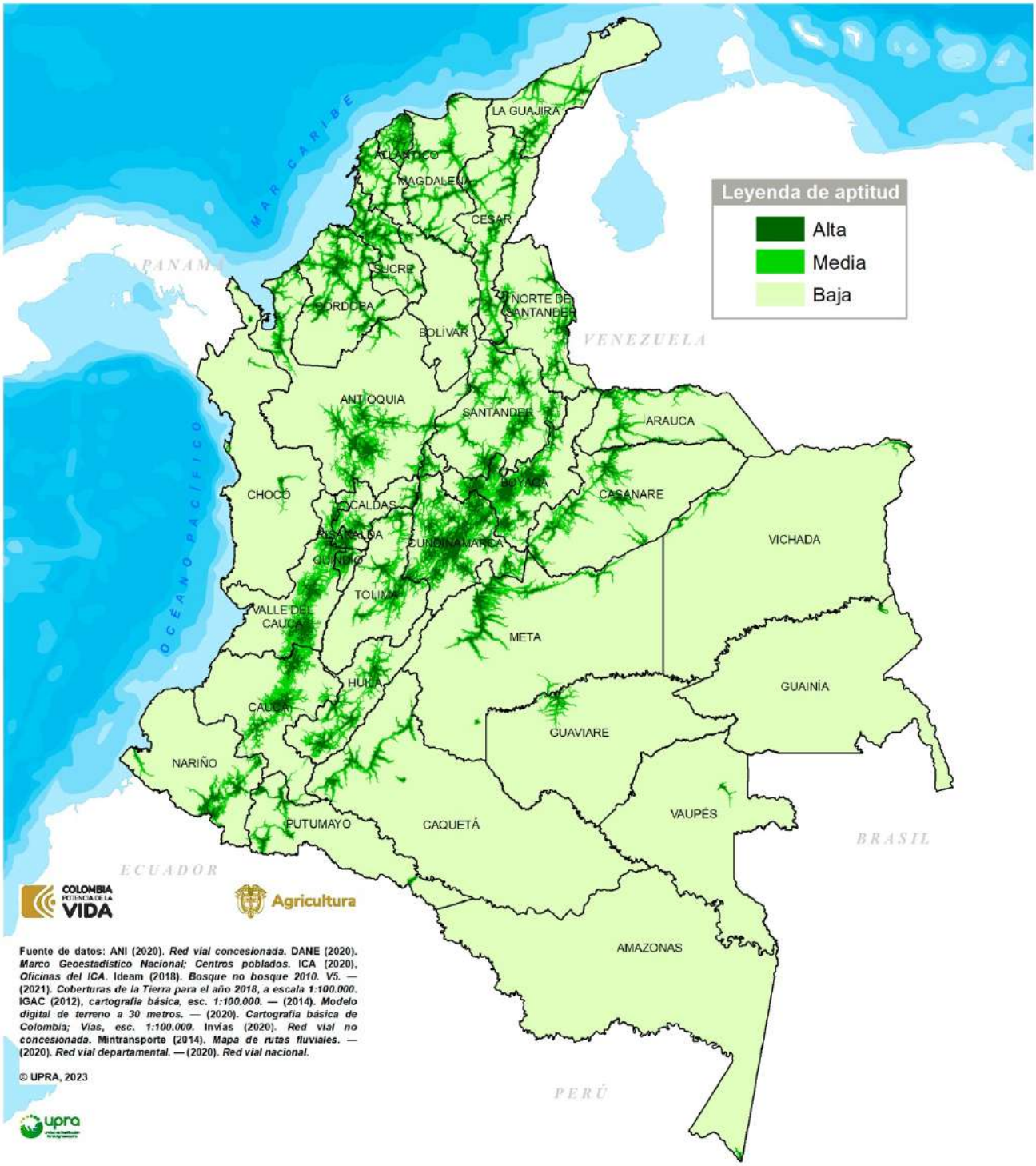
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *asociatividad e institucionalidad*
Variable *cercanía al ICA*

3.2.4 Variable *cercanía a Agrosavia*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *asociatividad e institucionalidad*		
Variable: *cercanía a Agrosavia*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede acceder, desde otros puntos en el territorio, a un centro de Agrosavia. Esta entidad se encarga de llevar a cabo 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 sobre la oferta institucional de innovación y transferencia de conocimiento y tecnologías para mejorar la competitividad de la producción de la granadilla. Cuanto más cerca una sede de Agrosavia, mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para los procesos productivos del cultivo. Los productores con acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para manejar sus cultivos y los servicios de la corporación pueden llegar a obtener cultivos más competitivos.

Valor de restricción 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 cobertura de Agrosavia es nacional, por lo que los puntos de referencia de las sedes limitó el análisis de la variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se tuvo en cuenta la ubicación de las sedes de Agrosavia.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes de Agrosavia, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a una de ellas. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) las sedes de Agrosavia cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de media hora; con *aptitud media* (A2), las sedes de Agrosavia cuyo tiempo de desplazamiento toma entre media y dos horas; y *con aptitud baja* (A3), las sedes de Agrosavia cuyo tiempo de desplazamiento toma a más de dos horas.

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), como se puede colegir de la siguiente tabla:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

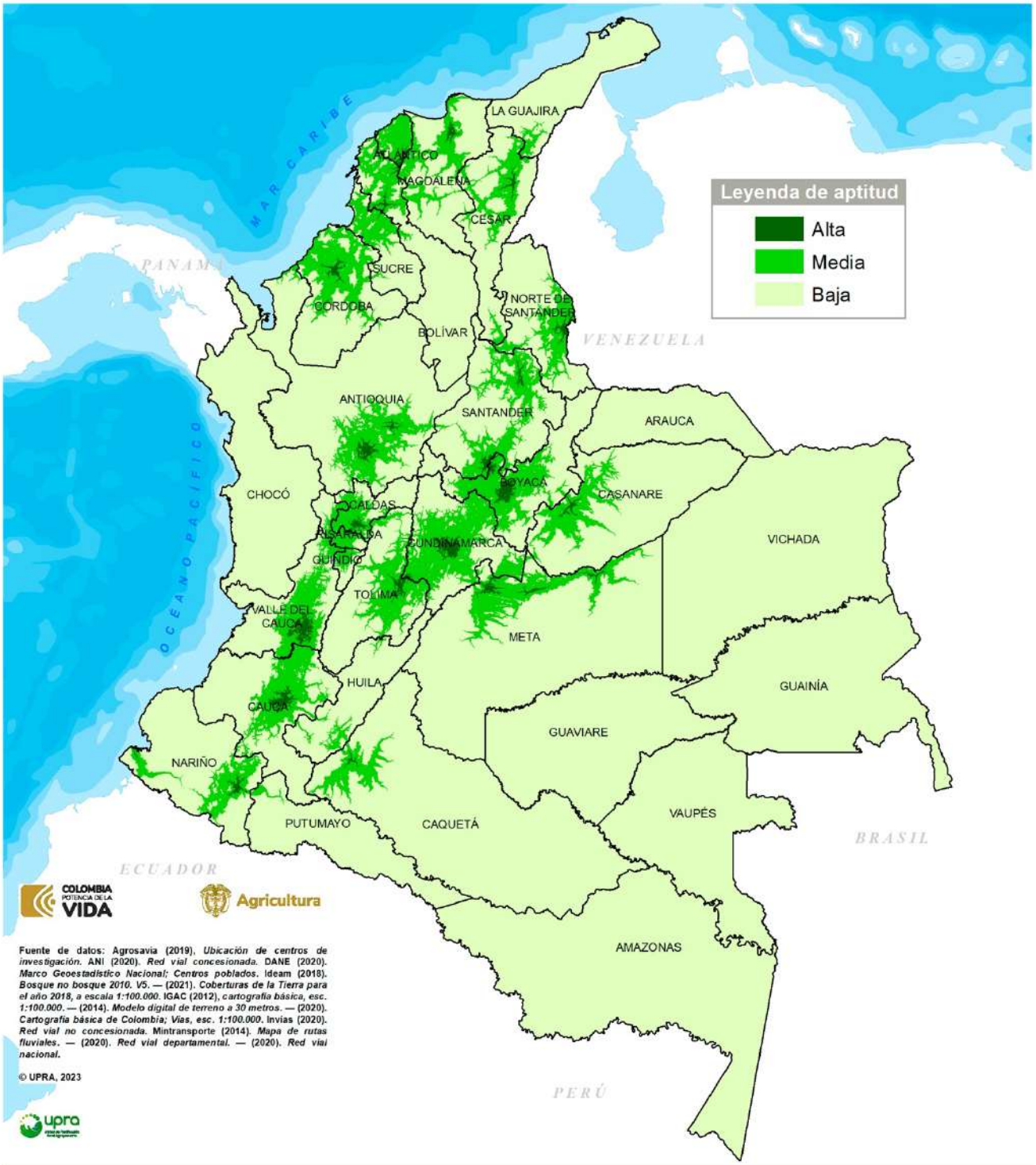
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020b). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *asociatividad e institucionalidad*
Variable *cercanía a Agrosavia*

3.2.5. Variable *cercanía a las EPSEA*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico.	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *asociatividad e institucionalidad*		
Variable: *cercanía a las EPSEA*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una entidad prestadora de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA). Son entidades que prestan servicios de extensión o asistencia técnica agropecuaria, a saber: unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (Umata); centros provinciales de gestión agroempresarial (CPGA); gremios agropecuarios; empresas privadas o mixtas; asociaciones de profesionales, universidades e instituciones de educación superior; agencias de desarrollo local (ADL) y entidades sin ánimo de lucro, colegios agropecuarios, cooperativas, organizaciones o asociaciones de productores.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre los servicios de asistencia técnica agropecuaria desarrollando actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y forestales. Acompañan integralmente a los productores, pues facilitan incrementar la productividad y la competitividad.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

No hay limitantes en la variable.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para el cálculo de las isócronas, se tuvo en cuenta la ubicación de las 133 entidades prestadoras habilitadas por la Agencia de Desarrollo Rural (ADR) y que se encuentran en 59 municipios.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes de la EPSEA, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a una de ellas. De tal forma, se calificaron con *aptitud alta* (A1) las sedes de las EPSEA cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de media hora; con *aptitud media* (A2), las sedes de las EPSEA cuyo tiempo de desplazamiento toma entre media y dos horas; y con *aptitud baja* (A3), las sedes de las EPSEA cuyo tiempo de desplazamiento toma más de dos horas.

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), como se puede consultar en la siguiente tabla:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia de Desarrollo Rural (2020). *Registro de las entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)*. Agencia de Desarrollo Rural (ADR).

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

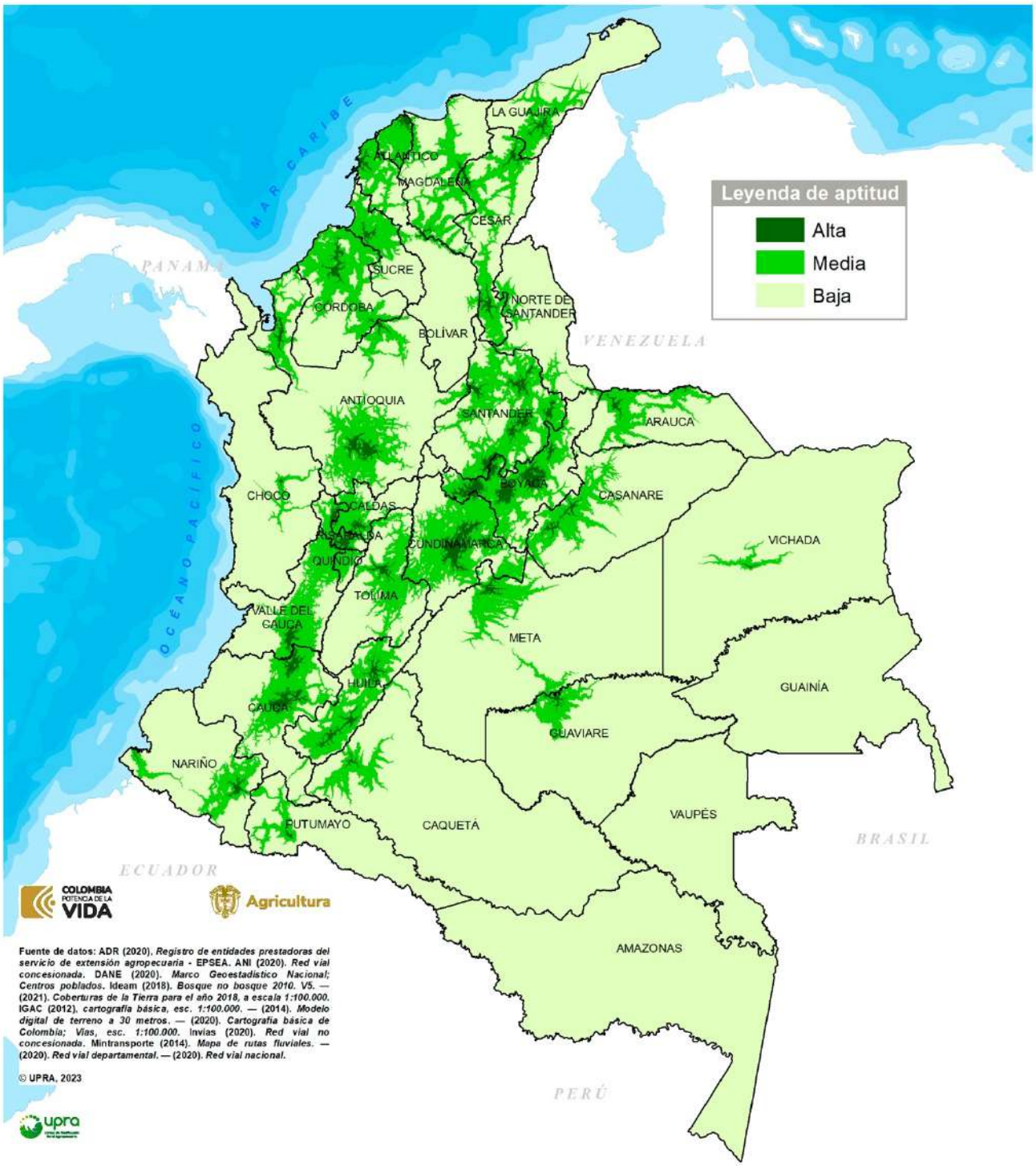
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial departamental y nacional*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *asociatividad e institucionalidad*
Variable *cercanía a las EPSEA*

3.3. Criterio *disponibilidad de mano de obra*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *disponibilidad de mano de obra*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Densidad de la población rural en edad de trabajar, expresada como el número de habitantes rurales en edad de trabajar por kilómetro cuadrado.

Oferta educativa técnica y tecnológica, expresada en tiempo de desplazamiento.

Oferta educativa universitaria, expresada en tiempo de desplazamiento.

Definición

Identifica las condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra rural. Para ello, se valora el nivel de cualificación y las posibilidades de acceso a programas de formación académica, según las necesidades de los productores de pasifloras, en especial, de granadilla.

Importancia del criterio

Brinda información sobre la disponibilidad de mano de obra rural de un municipio en función del número de habitantes en edad productiva y de la capacidad para dotarlos de habilidades y conocimientos para actividades del sector agrícola y acceder a programas académicos. Esto permite que las unidades productivas de granadilla incrementen la productividad y competitividad al implementar procesos técnicos limitación por la falta de personal idóneo. Los agentes económicos pueden prever el capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, lo cual determina 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 al 2020 del censo general de población y vivienda del DANE, 2018, por distribución etaria y por ubicación en las áreas urbanas o rurales de los municipios. Esto limitó la actualización de datos sobre la dinámica demográfica. 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 los conocimientos. Sin embargo, con las nuevas metodologías de la información y la comunicación, la ubicación real de los estudiantes se distancia de las cabeceras municipales donde están autorizados a funcionar.

Valor de restricción o ango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó 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 de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Densidad de la población rural en edad de trabajar*	*Oferta educativa técnica y tecnológica*	*Oferta educativa universitaria*
Disponibilidad de mano de obra	*Densidad de la población rural en edad de trabajar*	1		
	Oferta educativa técnica y tecnológica	1/3	1	
	Oferta educativa universitaria	1/5	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo cuenta la valoración entre pares de variables, como se muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se puede observar en la tabla de abajo:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Disponibilidad de mano de obra	*Densidad de la poblacional rural en edad de trabajar*	63,7
	Oferta educativa técnica y tecnológica	25,8
	Oferta educativa universitaria	10,5
Total de la ponderación		**100**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, que consiste en asignar un peso o valor en las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) para el criterio (ver tabla siguiente).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Densidad de la población rural en edad de trabajar	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	>58,3	23,2-58,3	<23,2
Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento	<1 hora	1-2 horas	>2 horas

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad con base en el «Censo nacional de población y vivienda 2018»*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2020). *Sistema de Estadísticas Territoriales TerriData*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://terridata.dnp.gov.co/#/

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra para el 2018, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

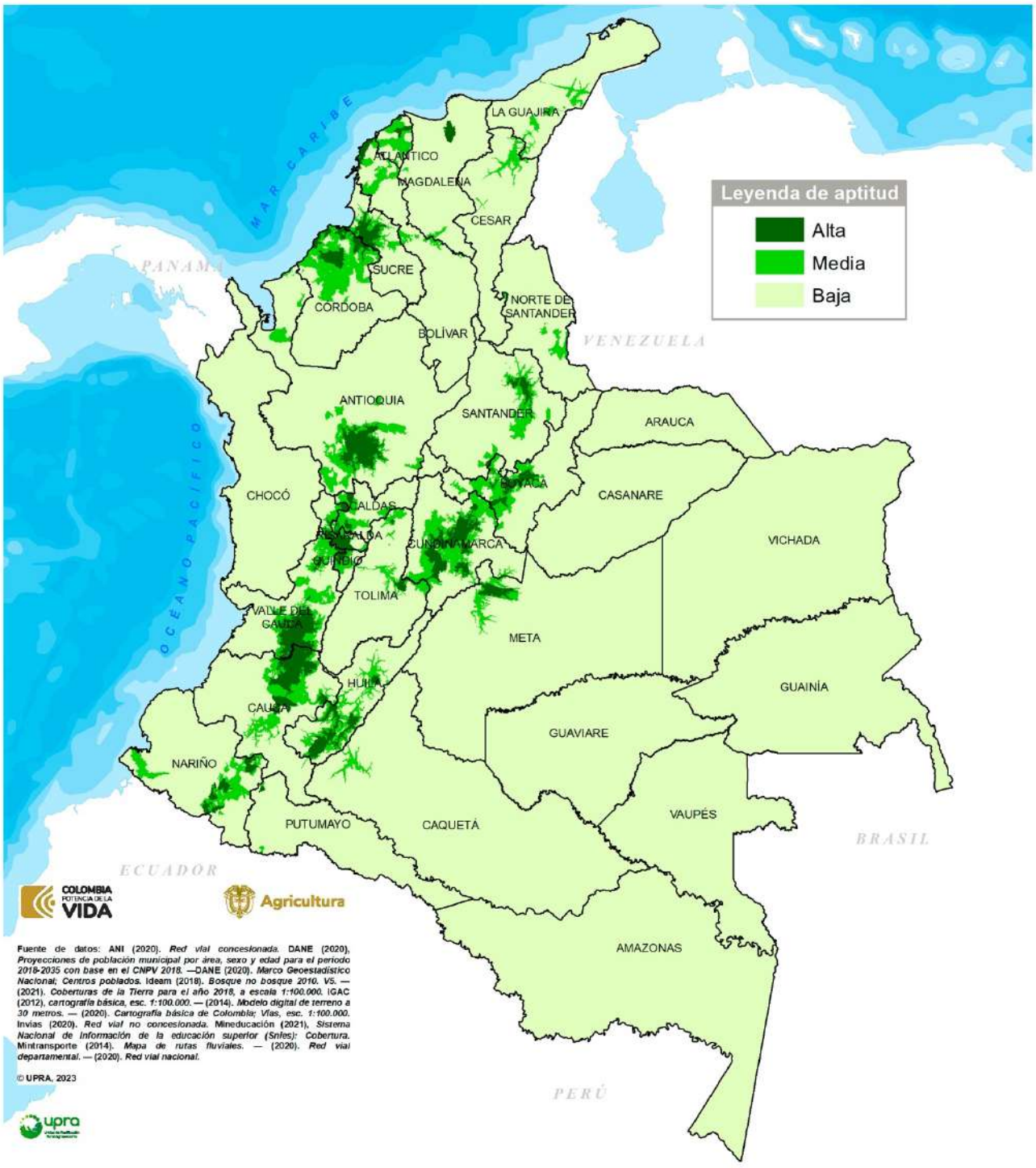
Instituto Nacional de Vías (2020b). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Educación Nacional (2021). *SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. Ministerio de Educación Nacional (Mineducación). https://snies.mineducacion.gov.co/portal/

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *disponibilidad de mano de obra*

3.3.1. Variable *densidad de la poblacional rural en edad de trabajar*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *disponibilidad de mano de obra*		
Variable: *densidad de la población rural en edad de trabajar*	Unidad de medida: número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Número de personas de las zonas rurales en edad de trabajar por kilómetro cuadrado, en función de las necesidades técnicas del cultivo para el ciclo productivo frente la disponibilidad de mano de obra en una región. El rango etario 10-62 años responde a la disponibilidad de información por edades simples, que busca medir los habitantes que se consideran en capacidad de trabajar según las series de población proyectadas por el DANE para el año 2020. Este valor se contrasta con las dimensiones físicas del municipio para aproximarse a la densidad poblacional rural en fase productiva de los municipios.

Importancia de la variable

Se establece una relación directa entre el número de personas en edad de trabajar por kilómetro cuadrado en la zona rural y la aptitud productiva del municipio, puesto que, con esta medición, se obtiene una aproximación a la capacidad potencial del suministro de mano de obra ante posibles iniciativas productivas localizadas en su territorio. Los municipios con una mayor población rural en edad de trabajar en un área relativamente pequeña tendrán altos valores de esta variable, lo que permite a los productores y agentes económicos mejores opciones en la disponibilidad de mano de obra (oferta laboral) que podría ser aprovechada para el desarrollo de las actividades agrícolas. Por el contrario, los municipios con bajos niveles de población rural en edad de trabajar pero con áreas relativamente grandes, tendrán bajos valores de esta variable, lo que reducirá la posibilidad de que los agentes económicos accedan a la mano de obra necesaria para sus iniciativas productivas. Esto permite que los potenciales productores e inversionistas identifiquen las mejores opciones en la oferta laboral según el nivel de intensidad en el uso de este factor productivo por parte de la explotación agrícola.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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, pues, 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. Además, no se cuenta con la posibilidad de distinguir a los individuos que no ofrecen su fuerza laboral por vivir de rentas o pertenecer a un régimen pensional que, aun en su fase de vida productiva, les permita recibir ingresos sin ofrecer su mano de obra. Más limitante resulta aún en el caso de la explotación de la granadilla no poder establecer el nivel de interés real de los individuos en vincularse al sistema productivo como alternativa productiva de vida.

Ahora bien: la distinción urbana y rural de la población por su residencia no excluye la posibilidad de ofrecer 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 desplazarse a otro municipio cercano. Finalmente, las áreas territoriales utilizadas para la estimación de la densidad espacial son muy sensibles a los territorios excluidos tanto de la frontera agrícola nacional como de otras limitaciones y condicionante legales físicos 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 tal supuesto no se cumple.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La fuente para la estimación de la población en edad de trabajar (PET10-62) rural se relaciona con las proyecciones de población municipal por área, sexo y edad con base *en Censo nacional de población y vivienda del DANE, 2018*. La información se procesó al abarcar a hombres y mujeres entre los 10 y 62 años, habitantes de centros poblados y áreas rurales dispersas, que se suman para estimar la población municipal rural en edad de trabajar. El resultado fue dividido en el área territorial del municipio reportada por el DANE y consolidada por el DNP en el portal TerriData.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se realizó un análisis de consistencia en la que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se ordenó de mayor a menor para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento. Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encontró 1,5 veces por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente 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 consistió en utilizar el método *k*-medias.

Clasificación por aptitud

Para definir los rangos de aptitud, se estableció un punto de corte inicial definido por el requerimiento de mano de obra por hectárea para la producción de la granadilla, en los que se evaluó la información que presenta el boletín mensual de insumos y factores asociados a la producción agropecuaria n.º 62 de agosto de 2017 generado por el DANE. En el documento se presenta como estudio de caso los costos de producción de granadilla por hectárea en el municipio de Pitalito (Huila), sobre lo que se contabilizó el número de jornales para el establecimiento en el primer año (labores de cultivo y cosecha) cuyo resultado fueron 208 jornales por hectárea-año. Del mismo documento y de manuales técnicos para la producción de granadilla se consideró un ciclo productivo de 12 meses, lo que implica una relación de jornales día por hectárea de 208/360 = 0,578.

La información anterior se pasó a la escala de kilómetros cuadrados, con lo que se estimó que la producción de granadilla demanda 58,3 personas por kilómetro cuadrado. Este punto de corte es el que definió los municipios con *aptitud alta* (A1), sobre los cuales se espera las mejores condiciones de oferta de mano de obra rural. Para la estimación de los rangos con *aptitud media* (A2) y *aptitud baja* (A3), se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que, en este caso, indican la necesidad de utilizar el método *k*-medias.

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación). Así pues, al realizar el procedimiento para la variable *densidad de la población rural en edad de trabajar*, resultaron tres grupos, a los que se les asignó la calificación de aptitud y cuyos rangos quedaron definidos de la siguiente manera: *aptitud alta* (A1), para los municipios con más de 58,3 habitantes rurales en edad de trabajar por kilómetro cuadrado; *aptitud media* (A2), para los municipios cuyos habitantes rurales en edad de trabajar por kilómetro cuadrado oscilaban entre 23,2 y 58,3; *aptitud baja* (A3), para los municipios con menos de 23,2 habitantes rurales en edad de trabajar por kilómetro cuadrado.

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) después de establecer un nivel considerado como optimo en la disponibilidad de trabajadores por kilómetro cuadrado y después de aplicar la metodología de agrupamientos de variables socioeconómicas con el método *k*-medias para los datos que no cumplieron con la condición. Los resultados de dichos agrupamientos fueron los siguientes:

Número de habitantes rurales en edad de trabajar	Aptitud
>58,3	Alta (A1)
23,2-58,3	Media (A2)
<23,2	Baja (A3)

Unidad de análisis

Número de habitantes rurales en edad de trabajar.

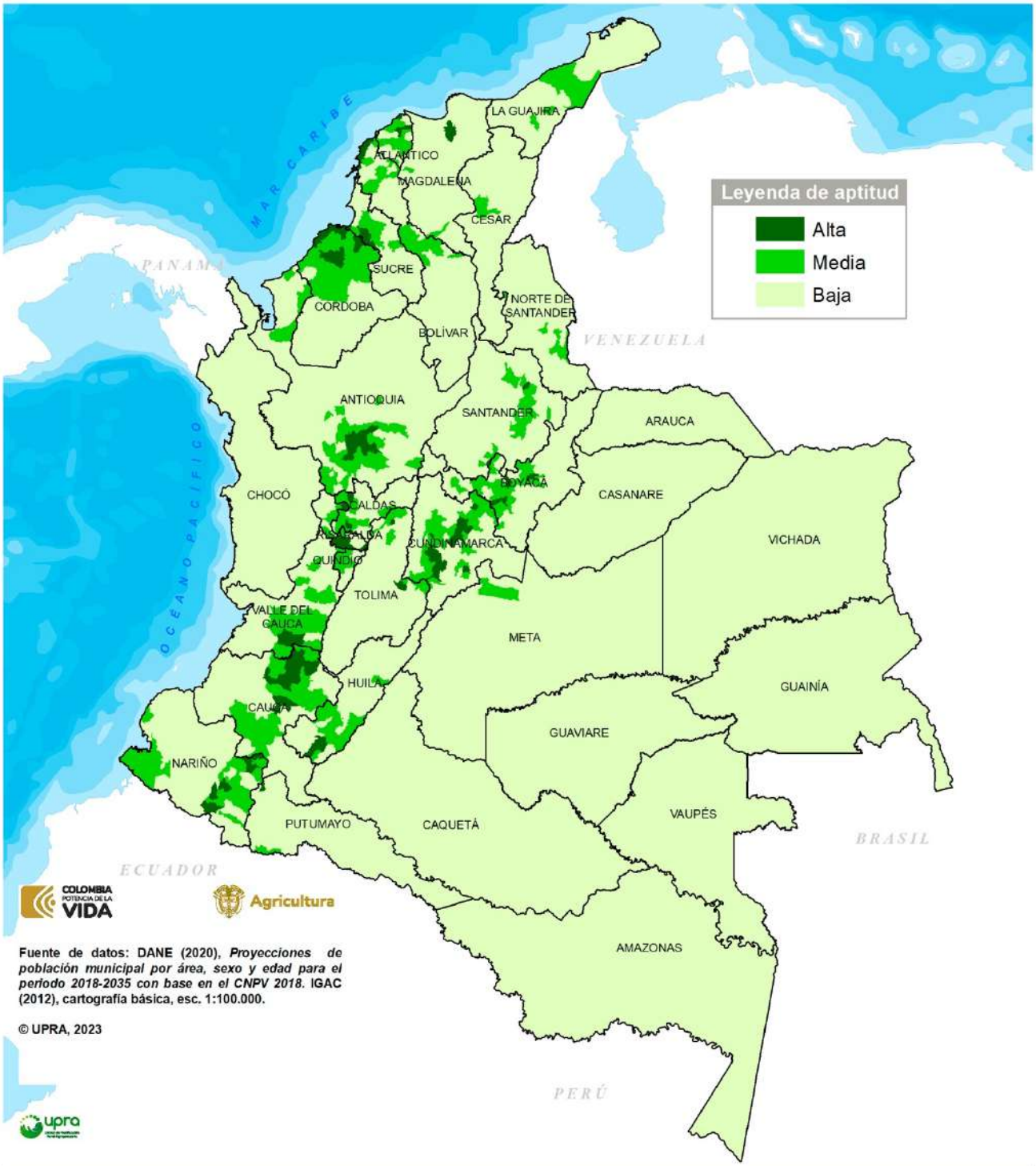
Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad con base en el «Censo nacional de población y vivienda 2018»*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2020). *Sistema de Estadísticas Territoriales TerriData*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://terridata.dnp.gov.co/#/

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de mano de obra*
Variable *densidad de la poblacional rural en edad de trabajar*

3.3.2. Variable *oferta educativa técnica y tecnológica*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *disponibilidad de mano de obra*		
Variable: *oferta educativa técnica y tecnológica*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Cercanía a los programas de educación técnica y tecnológica oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola.

Importancia de la variable

Permite a la población acceder a programas de formación técnica y tecnológica para elevar su competencia y su productividad laboral. La educación es uno de los factores más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, particularmente, la capacitación y la formación a nivel técnico y tecnológico para el trabajo, con el fin de actualizar competencias en el manejo de la información y en los procesos de innovación de las labores agrícolas. Esta dimensión tiene especial importancia en la zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los futuros inversionistas de disponer de talento humano, con destrezas y conocimientos técnico-tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción de granadilla.

En el caso de la variable *oferta educativa técnica y tecnológica*, se contempló la cobertura de los programas reportados en el Sistema nacional de información de la educación superior (SNIES), por lo que se consideró no sólo la sede principal donde se oferta el programa, sino también los centros de tutoría, los centros regionales de educación superior (CERES), los convenios en red y los programas de extensión, que amplían los registros de la oferta educativa en las zonas rurales. De este modo, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y acceso a la oferta educativa técnica y tecnológica en áreas de actividad agrícola, en general, y la producción de granadilla, en particular. Los territorios con mayor acceso presencial a los programas de formación académica son más aptos, dado que poseen mayor potencial de cualificación de mano de obra en producción agrícola, lo que fortalece las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad municipal.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 del tiempo de desplazamiento para asistir a las actividades académicas, así como del número y tamaño de los programas, la capacidad de atención de estudiantes y, sobre todo, la calidad, prestigio y nivel de formación ofrecidos. Esto permite que no necesariamente los estudiantes deban acudir a los programas de educación superior más cercanos, sino que responden a otras lógicas e intereses, lo cual no fue medido con esta variable por la falta de disponibilidad de la información actual.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Programas académicos ofertados relacionados con la producción agrícola por municipio, reportados en el SNIES. Se abarcó todos los programas asociados a las áreas agrícolas con formación técnica, y tecnológica, filtrando los programas activos para el año 2021. Los programas identificados fueron los siguientes:

- Técnica Profesional en Agropecuaria.
- Técnica Profesional en Producción Agroecológica de Cultivos.
- Técnica Profesional en Producción Agropecuaria.
- Técnica Profesional en Producción Agrícola.
- Tecnología Agropecuaria.
- Tecnología en Administración Agropecuaria.
- Tecnología en Administración y Mercadeo Agropecuario.
- Tecnología en Gestión Agropecuaria.
- Tecnología en Gestión de Empresas Agropecuarias.
- Tecnología en Gestión de Insumos Agropecuarios.
- Tecnología en Gestión de la Producción Agrícola.
- Tecnología en Gestión de Proyectos Agroecológicos.
- Tecnología en Producción Agrícola.
- Tecnología en Producción Agroecológica.
- Tecnología en Producción Agropecuaria.
- Tecnología en Producción Agropecuaria Ecológica.
- Tecnología en Producción de Agrocultivos.
- Tecnología en Producción y Gestión Agropecuaria.

En tal sentido, se construyó una base de datos en la que se identificaron los municipios donde al menos existe un programa activo o cualquiera de las otras formas de cobertura. Luego se partió del casco urbano y se estimaron las isócronas según los rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos con registro formal de formación técnica o tecnológica vinculados a la actividad productiva agrícola, sobre los cuales se construyeron las isócronas.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a los centros educativos, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder con regularidad a las actividades académicas presenciales exigidas para la obtención de títulos formales. De este modo, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los centros educativos cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de 1 hora; con *aptitud media* (A2), los centros educativos cuyo tiempo de desplazamiento toma entre 1 y 2 horas; y con *aptitud baja* (A3), los centros educativos cuyo tiempo de desplazamiento toma más de 2 horas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la especialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se describe en la siguiente tabla:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2020). *Sistema de Estadísticas Territoriales TerriData*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://terridata.dnp.gov.co/#/

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra a 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

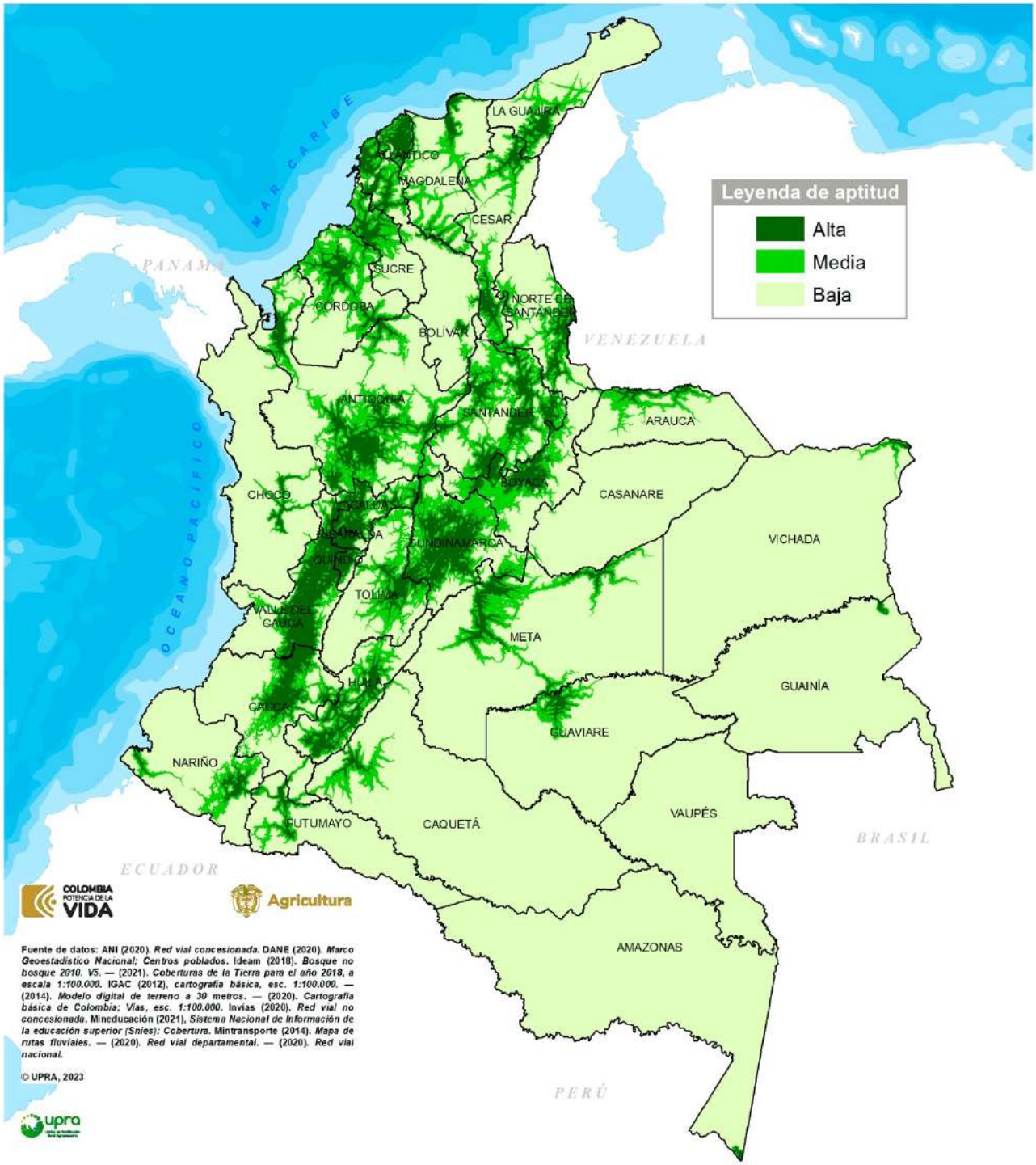
Ministerio de Educación Nacional (2021). *SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. Ministerio de Educación Nacional (Mineducación). https://snies.mineducacion.gov.co/portal/

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de mano de obra*
Variable *oferta educativa técnica y tecnológica*

3.3.3. Variable *oferta educativa universitaria*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: social	
Criterio asociado: *disponibilidad de mano de obra*		
Variable: *oferta educativa universitaria*	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento (horas)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Cercanía a los programas de educación universitaria oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola.

Importancia de la variable

Permite a la población acceder a programas de formación universitaria para elevar sus competencias y la productividad del sector. El proceso de educación es uno de los factores más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, particularmente, la formación a nivel universitario, pues se enfoca no sólo en la construcción de procesos, sino también en la sistematización de las experiencias, al indagar, conceptualizar y poner énfasis en la teoría y la investigación. Esta dimensión representa especial importancia en la presente zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los futuros inversionistas de disponer del talento humano, con destrezas y conocimientos para dirigir equipos de trabajo y resolver problemas con el fin de incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción de granadilla.

Para el caso de la variable *oferta educativa universitaria*, se consideró la cobertura de los programas reportados en el SNIES, de forma que se estimó no sólo la sede principal donde se oferta el programa, sino también los centros de tutoría, los centros regionales de educación superior (CERES), los convenios en red y los programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa, especialmente, en las zonas rurales. Por lo tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel universitario en los programas Agroecología, Agronomía, Ingeniería Agroecológica, Ingeniería Agrícola e Ingeniería en Agroecología. Los territorios con mayor acceso presencial a estos programas de formación académica son más aptos por poseer mayor potencial de cualificación de mano de obra a nivel de dirección y planificación estratégica, lo cual fortalece las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad territorial.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 del tiempo de desplazamiento que los estudiantes deben recorrer para asistir a las actividades académicas, así como del número y tamaño de los programas, la capacidad de atención de estudiantes y, sobre todo, la calidad, el prestigio y el nivel de formación impartidos. Esto implica que no necesariamente los estudiantes deban acudir a los programas de educación superior más cercanos, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas dimensiones no fueron medidas con la variable por la falta de disponibilidad de información actual.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Programas académicos ofertados a nivel universitario, relacionados con la producción agrícola y reportados en el SNIES. Se consideraron los programas universitarios Agroecología, Agronomía, Ingeniería Agroecológica, Ingeniería Agrícola e Ingeniería en Agroecología, filtrando los programas activos para el año 2021. Se abarcó la cobertura de los programas reportados en el SNIES, la sede principal donde se oferta el programa, los centros de tutoría, los centros regionales de educación superior (CERES), los convenios en red y los programas de extensión. Se construyó una base de datos para identificar los municipios con al menos un programa activo. Se partió del casco urbano y se estimaron las isócronas según los rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calculó el tiempo de desplazamiento sobre los ejes viales, como vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carreteras angostas, vías sin pavimentar, carreteras o senderos, cuyas pendientes fueron medidas por el método de elevación digital de 30 metros. Así mismo, se midió su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para el año 2014. Los tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas fueron los siguientes:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determinó la existencia o no de programas activos con registro formal de formación universitaria vinculados a la actividad productiva agrícola y sobre los que se construyeron las isócronas.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento de los estudiantes para llegar a los centros educativos, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder con regularidad a las actividades académicas presenciales exigidas para la obtención de títulos formales. De tal suerte, se calificaron con *aptitud alta* (A1) los centros educativos universitarios cuyo tiempo de desplazamiento toma menos de una hora; con *aptitud media* (A2), los centros educativos universitarios cuyo tiempo de desplazamiento toma entre una y dos horas; y con *aptitud baja* (A3), los centros educativos universitarios cuyo tiempo de desplazamiento toma más de dos horas.

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 competitiva alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se registra en la tabla de abajo:

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

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento (horas).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Infraestructura (2020). *Red vial concesionaria*. Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Marco geoestadístico nacional: centros poblados*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2020). *Sistema de Estadísticas Territoriales TerriData*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://terridata.dnp.gov.co/#/

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Bosque no bosque 2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2021). *Cobertura de la tierra a 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Modelo digital de elevación de 30 metros*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

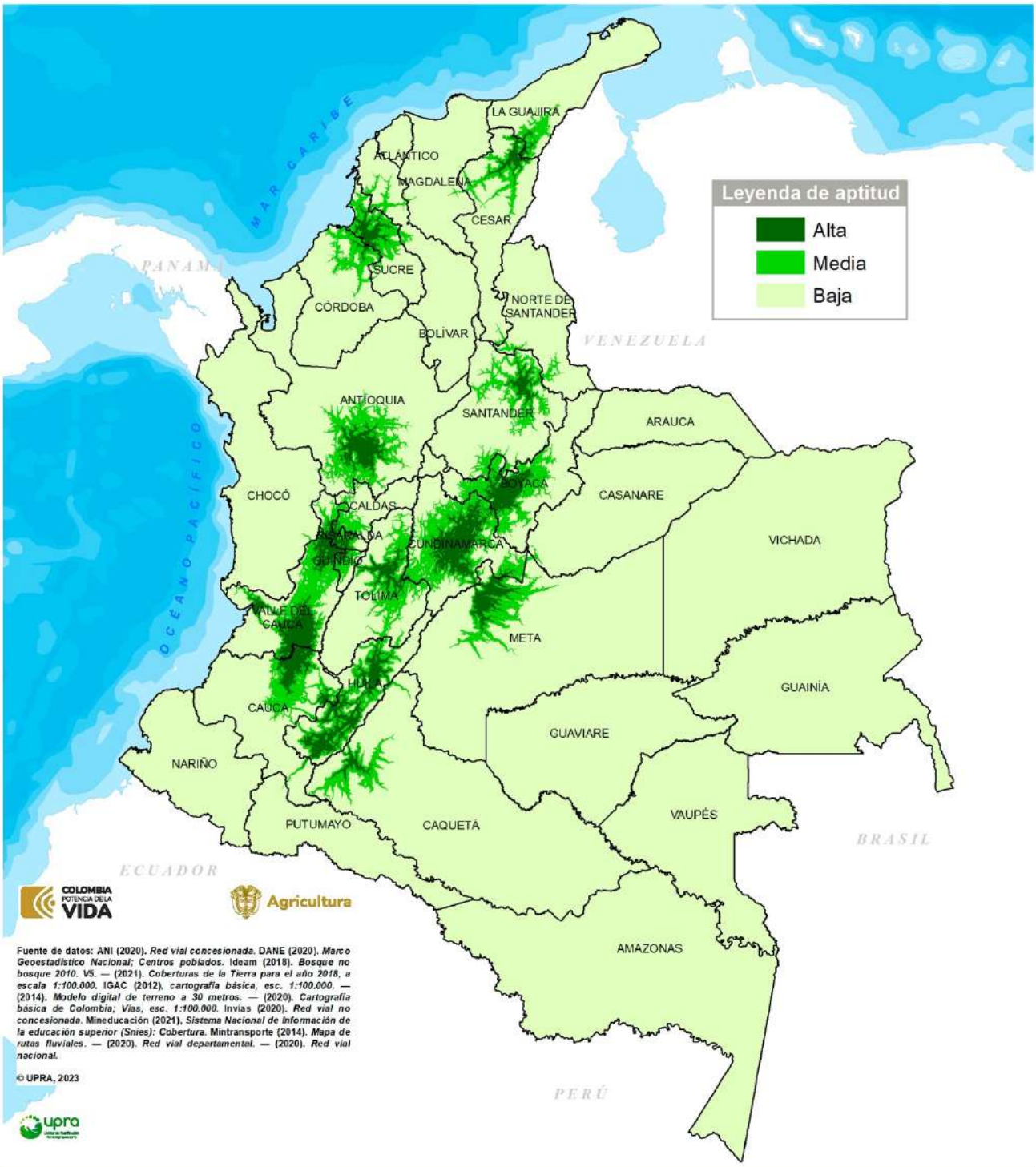
Instituto Nacional de Vías (2020). *Red vial no concesionada*. Instituto Nacional de Vías (Invías).

Ministerio de Educación Nacional (2021). *SNIES: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior*. Ministerio de Educación Nacional (Mineducación). https://snies.mineducacion.gov.co/portal/

Ministerio de Transporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Ministerio de Transporte (2020). *Red vial departamental y nacional*. Ministerio de Transporte (Mintransporte).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *disponibilidad de mano de obra*
Variable *oferta educativa universitaria*

3.4 Criterio dinámica del mercado de tierras

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *dinámica del mercado de tierras*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Tamaño predial rural, expresado en hectáreas.

Arriendo rural, expresado en pesos por hectárea.

Tendencia a la formalidad, expresada en predios.

Avalúo catastral rural, expresado en pesos por hectárea.

Definición

Busca mostrar el impacto del tamaño, la formalidad, el arriendo rural y el precio de los predios mediante el avalúo catastral como un *proxi* de su tendencia en la actividad agrícola, con el fin de focalizar las inversiones en este sector. Además, permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra, a través de compra o arriendo, no sólo para el desarrollo rentable de la actividad productiva, sino también para entregar una presunción de predios que puedan brindar seguridad al acceso de derechos de propiedad. El criterio expone el comportamiento de los municipios en torno a la dinámica de la tierra desde cuatro variables que permiten comprender la capacidad y limitantes de la tierra para la producción agropecuaria, por excelencia, para el desarrollo del cultivo de la granadilla.

Importancia del criterio

Permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra a través de la compra o el arriendo para el desarrollo rentable de la actividad productiva. Además, otorga una presunción de predios que puedan brindar unidad al acceso de derechos de propiedad, pues orienta a un nuevo actor sobre las posibilidades de acceso a la tierra o a los ya propietarios para que amplíe las áreas productivas y ser más competitivos. Un productor busca predios económicos, de un tamaño óptimo para la actividad, con formalidad jurídica y que no tenga la presión del cambio de uso a usos urbanos, lo cual disminuye la posibilidad de incurrir en mayores costos de acceso a la tierra para desarrollar la actividad agrícola.

Limitantes de la evaluación del criterio

En Colombia no hay información sobre precios comerciales del suelo, por lo que se debe acudir al avalúo catastral como un *proxi* que, a pesar de haber sido indexado para todos los municipios al año 2019, parte de información desactualizada. Así mismo, 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 (SNR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y la Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAE-GRTD). Una limitación también se encontró en la existencia de zonas del país donde aún no se cuenta con procesos de formación catastral, por lo que no hay información física, económica, ni jurídica. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos. Actualmente, tampoco se cuenta con suficiente información de arriendos compilada, organizada y georreferenciada a nivel nacional.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Metodología de procesamiento de la información

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process) condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Tamaño predial rural*	*Arriendo rural*	*Tendencia a la formalidad*	*Avalúo catastral rural*
Dinámica del mercado de tierras	*Tamaño predial rural*	1			
	Arriendo rural	1/3	1		
	Tendencia a la formalidad	1/3	1/3	1	
	Avalúo catastral rural	1/5	1/5	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo en cuenta la valoración entre pares de variables, como se muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se describe en la tabla de abajo:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Dinámica del mercado de tierras	*Tamaño predial*	49,9
	Arriendo rural	28,8
	Tendencia a la formalidad	14,7
	Avalúo catastral rural	6,6
Total de la ponderación		**100,0**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Tamaño predial rural	Predios	Predios con más de 3 ha y con menos de 20	Predios de entre 1 y 3 ha	Predios con menos de 1 ha y con más de 20
Arriendo rural	Pesos/ha	<$1.000.000	$1.000.000-$2.000.000	>$2.000.000
Tendencia a la formalidad	Predios	Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	—	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.
Avalúo catastral rural	Pesos/ha	<$10.000.000	$10.000.000-$20.000.000	>$20 millones, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.

Fuentes de información

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.

Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.

Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.

Agencia Nacional de Tierras (2020). Predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Sistema de información de precios (SIPSA): datos de arriendo para actividades pecuarias*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2014). *Categorías de ruralidad de municipios y ciudades de Colombia*. Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *ICARE: Interrelación catastro-registro*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2016). *Base catastral, registros 1 y 2*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Base catastral, registros 1 y 2*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (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*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Superintendencia de Notariado y Registro (2020). *Falsas tradiciones, presunción de informalidad*. Superintendencia de Notariado y Registro (SNR).

Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (2017). *Solicitudes de inscripción en el registro de tierras despojadas y abandonadas forzosamente*. Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD).

Unidad Administrativa de Catastro Distrital (2020). *Información predial jurídica, física y económica*. Unidad Administrativa de Catastro Distrital.

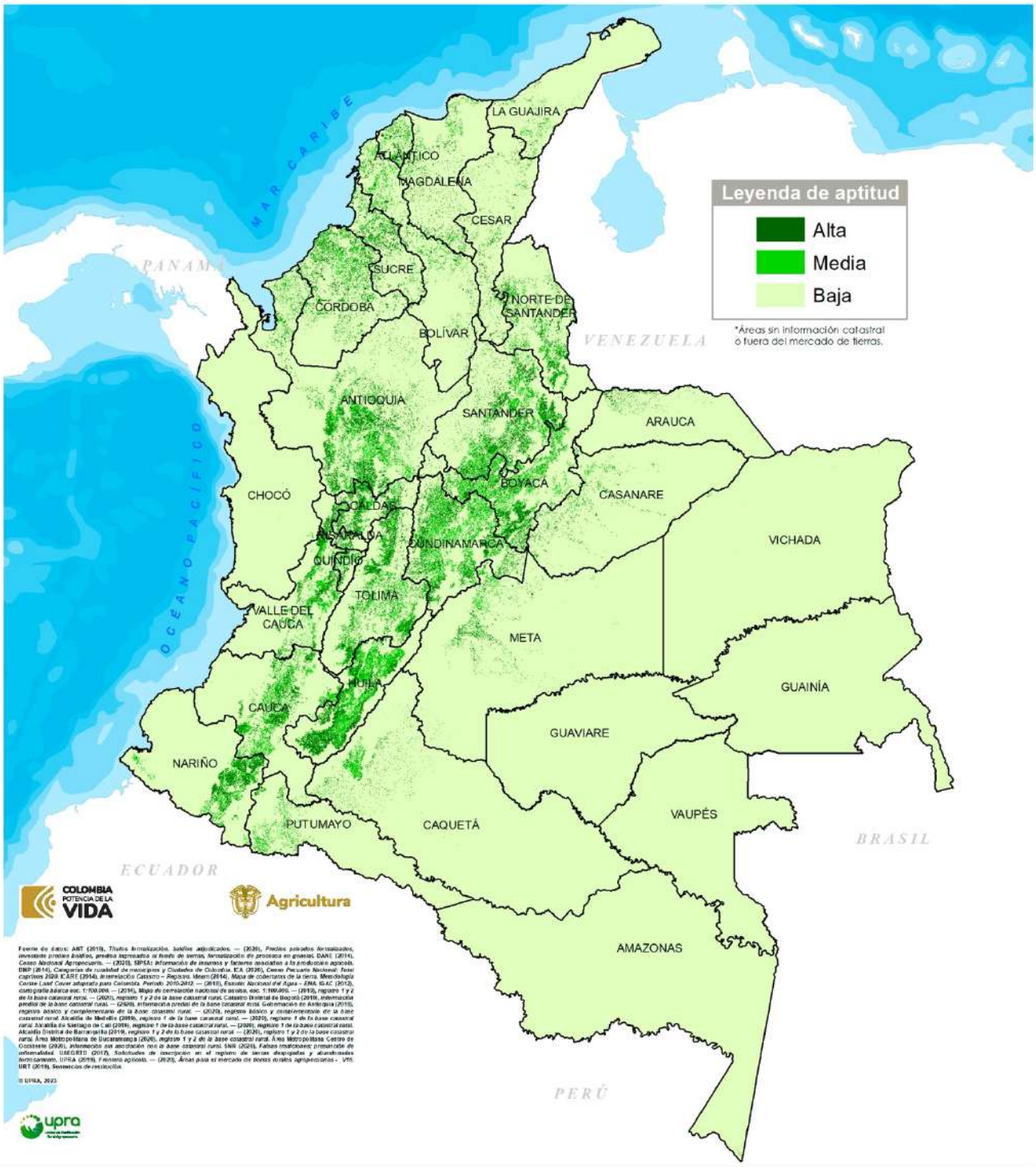
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2015). *Mercado de tierras rurales productivas en Colombia: caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2021). *Mapa de apropiación de agua para granadilla*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *dinámica del mercado de tierras*

3.4.1 Variable *tamaño predial rural*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *dinámica del mercado de tierras*		
Variable: *tamaño predial rural*	Unidad de medida: predios	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Superficie del terreno en rangos de tamaños definidos de acuerdo con las dimensiones consideradas óptimas para la productividad competitiva de la granadilla. Para efectos de la presente zonificación de aptitud, se consideró 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

La variable permite que un nuevo actor o uno con tierra insuficiente sepa en dónde los tamaños prediales podrían ser apropiados para el desarrollo de la actividad productiva de la granadilla y en dónde tendría que acceder al tamaño predial requerido. Esta actividad no requiere de grandes extensiones prediales, por lo que los actores productivos tendrían más posibilidades de oferta de predios para el acceso en zonas que cumplen con los requerimientos físicos del cultivo.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente para medir la variable fue la base predial del IGAC y de los catastros descentralizados, que en muchos municipios del país están desactualizados y en 80 no hay información catastral. Las áreas registradas en el catastro 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 el dominio o la posesión.

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

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones 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 y sin ningún condicionante legal que impida la 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 y que se comportan de manera representativa en el actual desarrollo de la actividad existente en el país. Para ello, se contó con el concepto de *profesionales vinculados* al proceso productivo y de expertos quienes realizaron un ejercicio de costos que permitió determinar un área mínima necesaria para producir dos salarios mínimos mensuales legales vigentes únicamente generados por la actividad de la granadilla; se analizaron las bases prediales que reportan cultivos para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados; y, finalmente, se realizó la propuesta de las tres categorías de aptitud a partir de integración de toda la información consultada.

Con el fin de mostrar los predios que permitan acceso eficiente, se marcaron los predios como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10 y se calificaron con *aptitud baja* (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco para facilitar la lectura del usuario. Estos condicionamientos legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales libre y autónomamente según la Constitución de Colombia y las leyes vigentes, par lo cual se definen las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias a los espacios geográficos en los que, por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias, pues se dedican a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute; o presentan restricciones legales que impiden comprarse o venderse libremente en el mercado por su carácter inalienable. En esta clasificación también se consideraron las zonas urbanas, que, si bien permiten la compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias. Los condicionantes se relacionan a continuación:

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de parques nacionales naturales (SPNN)
Parques nacionales naturales (PNN)
Área única natural
Santuario de flora
Santuario de flora y fauna
Vía parque
Reserva natural

Parque natural regional
Áreas arqueológicas
Preservación de áreas de manejo especial de la Macarena, Meta (AMEM)
Reservas forestales, Ley 2, tipo A
Páramos
Bienes de uso público
Restricciones locales
Reservas forestales protectoras

Clasificación por aptitud

El tamaño de los predios rurales se definió de acuerdo con los siguientes rangos de aptitud: con *aptitud alta* (A1), los predios con más de 3 hectáreas y menos de 20; con *aptitud media* (A2), los predios que abarcan entre 1 y 3 hectáreas; y con *aptitud baja* (A3), los predios con menos de 1 hectárea y más de 20.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se muestra a continuación:

Predios	Aptitud
Más de 3 hectáreas y menos de 20	Alta (A1)
Entre 1 y 3 hectáreas	Media (A2)
Menos de 1 hectárea y más de 20	Baja (A3)

Unidad de análisis

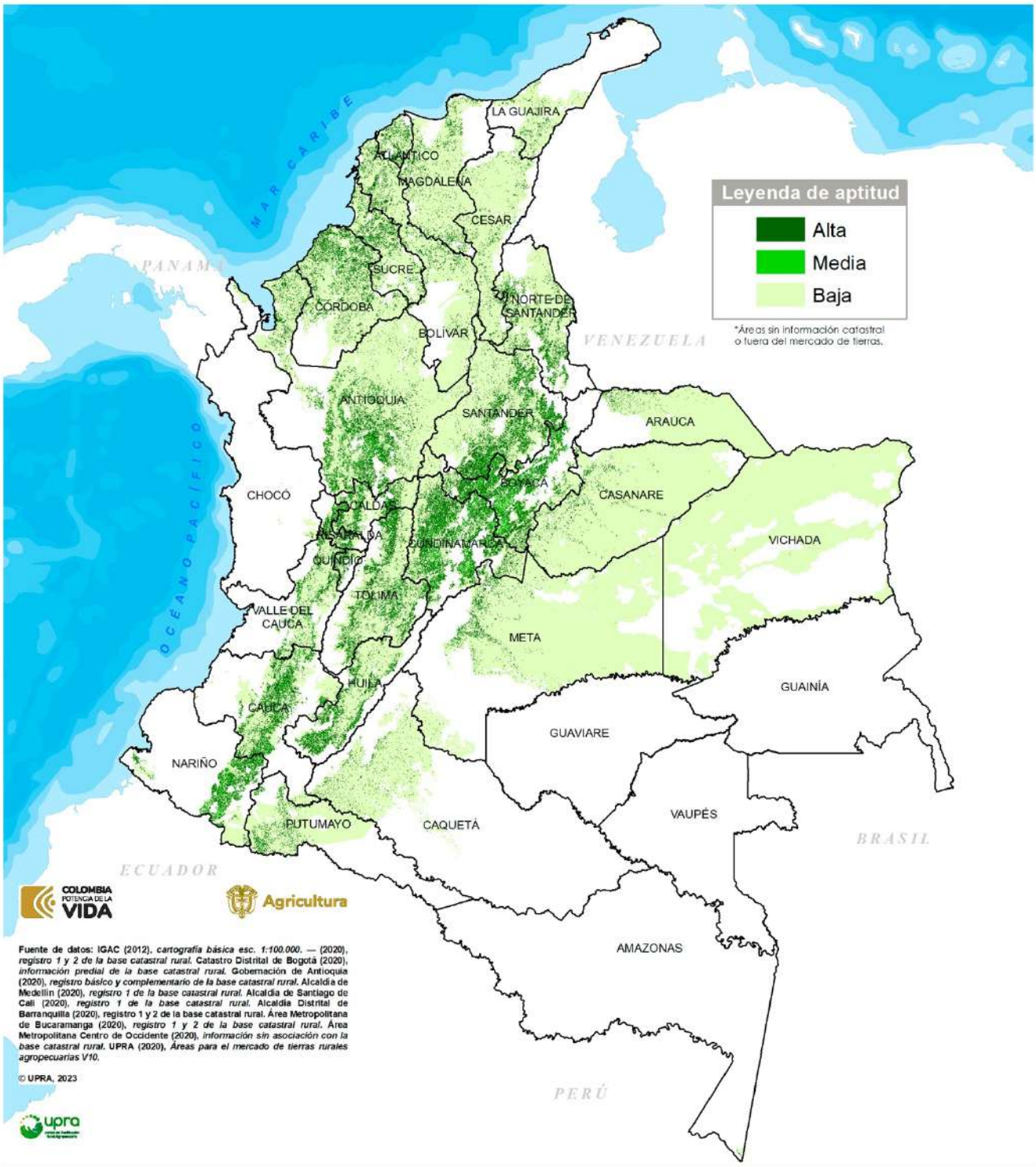
Predios.

Fuentes de información

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.
Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.
Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.
Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020b). *Registros 1 y 2 de la base catastral rural*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
Unidad Administrativa de Catastro Distrital (2020). *Información predial jurídica, física y económica*. Unidad Administrativa de Catastro Distrital.
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *dinámica del mercado de tierras*
Variable *tamaño predial rural*

3.4.2 Variable *arriendo rural*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *dinámica del mercado de tierras*		
Variable: *arriendo rural*	Unidad de medida: pesos/ha	
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 definido, y el arrendatario, quien paga por este goce un precio determinado.

Importancia de la variable

Permite estimar el valor del uso del suelo como factor de costos para el desarrollo de la actividad productiva de la granadilla. El arriendo es gran importancia por ser uno de los factores más relevantes en el desarrollo de la actividad productiva, dado que facilita el acceso a la tierra y evita invertir demasiado en la compra de predios. Los productores utilizan permanentemente suelos descansados, libres de enfermedades y con buenas condiciones físicas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

En la actualidad, Colombia no cuenta con información organizada, georreferenciada y pública de cobertura nacional, sino sólo con la información de arriendos reportada por el DANE mediante el SIPSA. En la información de factores de producción, cuenta con 5.599 datos, ubicados en 280 municipios de 24 departamentos, levantados en el periodo 2013-2020, cobertura que la mayore limitante de la variable, en ausencia de 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 se encarga de informar sobre los precios mayoristas de los productos agroalimentarios que se comercializan en el país y sobre los factores asociados a la producción pecuaria y el nivel de abastecimiento de alimentos en las ciudades.

Precisiones de la información

El método de recolección de la información del SIPSA se basó 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

Para el proceso de supervisión y análisis de la información del SIPSA_P, se detectaron comportamientos atípicos que produjeran variaciones en la información de precios para ejecutar y garantizar el control de calidad de la información. La dinámica en arriendos mostró que a mejor calidad de la tierra y menor disponibilidad para ser arrendada, el canon tiende a ser mayor. Es decir: a menor oferta y mayor calidad del suelo, mayores precios de arriendo, lo que no se relaciona con el precio de la tierra, sino con la rentabilidad del producto.

Clasificación por aptitud

Se tomó como base la información económica de los arriendos del SIPSA del año 2020 para determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades agrícolas, expresado en año por hectárea. Con la depuración de los datos, se construyeron los rangos para generar opciones de agrupación y reflejar el comportamiento para el arriendo de la producción de la granadilla. Las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3) se clasificaron según los valores de arriendo determinados con el experto del cultivo. Se tomaron de la base del SIPSA los datos de arriendos para actividades agrícolas y se unificaron a hectárea por año. Luego, se definieron los rangos para los municipios reportados en el SIPSA y se construyeron 18 rangos relacionados con los datos reportados de pendiente y agua, como se muestra a continuación:

Número	Rangos de valor de arriendo anual en pesos/ha	
1.1.1	Hasta $200.000	—
1.1.2	Mayor a $200.000	Hasta $300.000
1.2.1	Mayor a $300.000	Hasta $400.000
1.2.2	Mayor a $400.000	Hasta $500.000
2.1.1	Mayor a $500.000	Hasta $600.000
2.1.2	Mayor a $600.000	Hasta $700.000
2.1.3	Mayor a $ 700.000	Hasta $ 800.000
2.1.4	Mayor a $800.000	Hasta $900.000
2.1.5	Mayor a $900.000	Hasta $1.000.000
2.2.1	Mayor a $1.000.000	Hasta $1.200.000
2.2.2	Mayor a $1.200.000	Hasta $1.500.000
3.1.1	Mayor a $1.500.000	Hasta $2.000.000
3.1.2	Mayor a $2.000.000	Hasta $2.500.000
3.2.1	Mayor a $2.500.000	Hasta $3.000.000
3.2.2	Mayor a $3.000.000	Hasta $3.500.000
4.1.1	Mayor a $3.500.000	Hasta $4.000.000
4.1.2	Mayor a $4.000.000	Hasta $4.500.000
4.1.3	Mayor a $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 reclasificación[2] con el fin de 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	Pendientes 0-7; fases a y b
Plano inclinado	Pendientes 7-12; fase c
Inclinado ondulado	Pendientes 12-25; fase d
Quebrado pendiente	Pendiente > 25; fases e, f y g

Para los datos relacionados con el agua, se realizó una equivalencia con la clasificación de aptitud del mapa de la variable *apropiación del agua* para el cultivo de la granadilla elaborado por el equipo del componente socioecosistémico del grupo de evaluación de tierras de la UPRA (UPRA, 2021) de la siguiente manera:

Dato SIPSA	Clasificación
Con agua	A1, A2
Sin agua	A3

Para realizar la proyección de los datos existentes hacia todos los municipios que actualmente son productores de granadilla, se realizó el vínculo a través de la información por región, subregión y categoría de ruralidad del DNP (2014). Con ello, se buscó proyectar el dato económico del municipio conocido a otras características semejantes y comparables con el que tiene la información económica de arriendo (ver tabla siguiente).

Regiones	Subregiones	Categorías de ruralidad
Eje cafetero **Caribe** **Bogotá** **Centro oriente** **Centro sur** **Pacífico** **Llanos orientales**	Todas para cada región	Rural Rural disperso Intermedios Ciudades y aglomeraciones

Esta proyección se realizó dentro de la frontera agrícola y únicamente para los predios que no tenían ningún tipo de condicionante legal, información que fue tomada del mapa de *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*.

[2] La reclasificación de las pendientes de la información original del SIPSA se realizó con apoyo del experto de suelos del componente físico del grupo de zonificación de la UPRA.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se expone a contunuación:

Arriendo rural (pesos/ha)	Aptitud
<1.000.000	Alta (A1)
1.000.000-2.000.000	Media (A3)
>2.000.000	Baja (A3)

Unidad de análisis

Pesos/ha.

Fuentes de información

Congreso de los Estados Unidos de Colombia (1873). *Ley 84 de 1873, Código Civil de los Estados Unidos de Colombia*. Diario Oficial 2.867. Congreso de los Estados Unidos de Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). SIPSA: información de insumos y factores asociados a la producción pecuaria. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Departamento Nacional de Planeación (2015). *El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Misión para la transformación del campo*. Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2015). *Estudio nacional del agua 2014*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). https://n9.cl/60t80

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Mapa de correlación de suelos: fases por pendiente*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

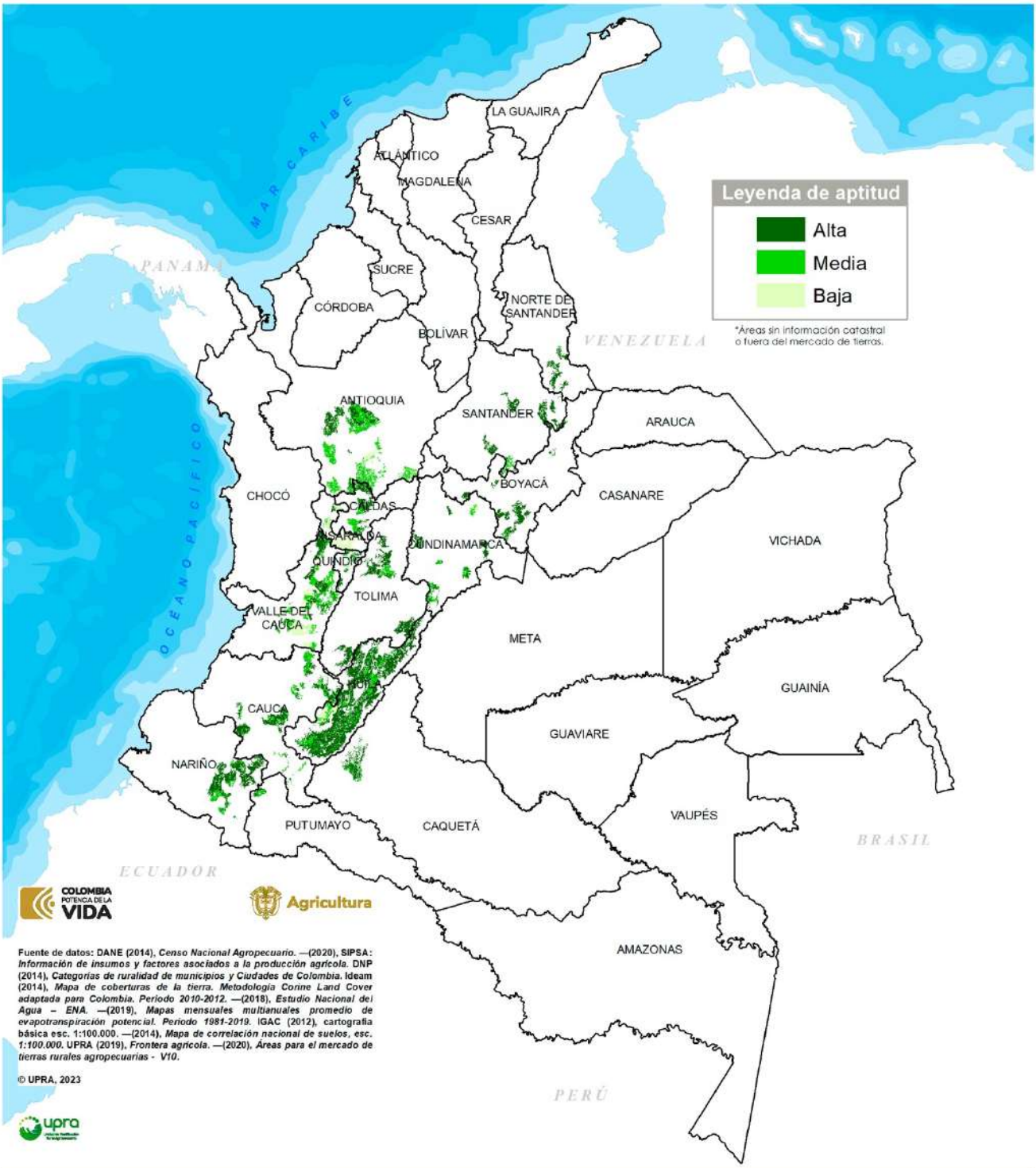
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales (EVA): municipios productores de granadilla*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2019). *Frontera agrícola*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2021). Mapa de la variable apropiación del agua anual para granadilla. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *dinámica del mercado de tierras*
Variable *arriendo rural*

3.4.3 Variable *tendencia a la formalidad*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *dinámica del mercado de tierras*		
Variable: *tendencia a la formalidad*	Unidad de medida: predios	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Conjunto de situaciones inmobiliarias técnicas y jurídicas sobre la propiedad de predios públicos y privados, que proporciona seguridad jurídica a la propiedad, de acuerdo con el 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 al indicar cuáles son los predios que garantizarían el derecho a la propiedad y cuáles presentarían algunas dificultades, no sólo al suministrar información sobre la seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad, sino también al propiciar el acceso a los incentivos de inversión, al crédito y a los beneficios agropecuarios. Los derechos de propiedad estimulan el uso de la tierra y las inversiones, porque reducen las asimetrías de la información y facilita las transacciones en los mercados financieros (Cepal, 2003).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Existen zonas del país que aún no cuentan con procesos de formación catastral ni con la información respectiva, por lo que los polígonos se representaron 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. Los municipios reportados en el SIGOT del IGAC como no formados se exponen a continuación:

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 muchos 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 el registro dificulta que los predios cuenten con la información jurídica actualizada en las bases de datos para realizar este tipo de ejercicios.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La informalidad en el país se ha registrado como ocupaciones sobre terrenos públicos, posesiones sobre predios ajenos, títulos no registrados, sucesiones ilíquidas, falsas tradiciones o posesiones. Al observar los datos del Programa de formalización de la propiedad rural del MADR, el 48 % de los 3.946.376 predios rurales que están inscritos en el catastro nacional no tiene títulos formales (UPRA, 2015). De los datos anteriores, se evidencia un alto porcentaje de predios rurales que no tienen título de propiedad válido registrado.

Las variables para determinar que los predios tuvieran una presunta formalidad fueron los predios que en las bases tienen matricula inmobiliaria, pero no cumplen ninguna de las demás variables; los predios que en la base catastral no poseen una matrícula inmobiliaria; los predios identificados en la base catastral 2014 que no tienen interrelación catastro-registro; los predios identificados con *mejoras en predio ajeno* dentro de la base catastral; los predios identificados en la base 2014_IGAC y en la información entregada por SNR_2020 que están en falsa tradición; los predios identificados como presuntos baldíos; y los predios con resolución de inscripción en el registro 1de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente. El argumento considerado para identificar dentro de la base catastral los predios con tendencia a ser informales fue que presentaran alguna de las variables descritas al principio de este párrafo; 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 la tendencia a la formalidad.

Clasificación por aptitud

Los cortes para los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta el criterio experto del grupo de formalización de la UPRA, el cual se extrajo del manejo de la información catastral dentro de los estudios realizados para la elaboración del mapa del índice municipal de informalidad y del mapa de áreas disponibles para la formalización de propiedad privada. Los predios calificados con *aptitud alta* (A1) evidencian una condición de formalidad registrada en las bases catastrales ya que tienen matricula inmobiliaria y son el resultado de excluir de las bases todas las condiciones que se citan para la siguiente aptitud. La aptitud baja (A3) corresponde a predios 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, que evidencian directamente, inconvenientes jurídicos con su titulación y, por ende, se considera más probable que tengan problemas en sus condiciones jurídicas y no garanticen seguridad jurídica.

Para este proceso, se seleccionó la base de datos empezando por los 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 —estos predios corresponden a los que se encuentran dentro marcados con estado *D* (*definitivos*) que hacen referencia a las solicitudes con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente—, ya que tiene un inconveniente en su titulación y tienen que pasar por un proceso judicial para poder volver a la formalidad. Luego, se seleccionaron los predios sin matrícula inmobiliaria y finalmente quedaron los demás predios que se presumen formales.

La dinámica del proceso de restitución de tierras que consta de varias fases definidas en los estados *G* (*georreferenciados*) son los polígonos que cuentan con trabajo de georreferenciación en campo, El proceso se realiza con la participación del solicitante o de una persona que conozca el predio y sea autorizada por el solicitante. Los polígonos en estado *D* (*definitivos*) se refieren a las solicitudes con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente. Los que tienen estado *F* (*final*) corresponden a los que se encuentran en etapa judicial y cuentan con sentencia. Con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron los predios identificados como *excluidos* del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10, clasificándolos con *aptitud baja* (A3) pero mostrándolos gráficamente en color blanco para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionamientos legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales libre y autónomamente según la Constitución colombiana y las leyes vigentes. Además, definen las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias a todos los espacios geográficos en los que, por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias, ya que están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute, o presentan restricciones legales que impiden comprarse o venderse libremente en el mercado por su carácter inalienable. En esta clasificación de áreas excluidas se incluyen las zonas urbanas, que, si bien permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias. Los condicionantes mencionados se relacionan a continuación:

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de parques nacionales naturales (SPNN)
Parques nacionales naturales (PNN)
Área única natural
Santuario de flora
Santuario de flora y fauna
Vía parque
Reserva natural
Parque natural regional
Áreas arqueológicas
Preservación de áreas de manejo especial de la Macarena (AMEM), Meta
Reservas forestales, Ley 2, tipo A
Páramos
Bienes de uso público
Restricciones locales
Reservas forestales protectoras

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), como se expone en la siguiente tabla:

Predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad.	Alta (A1)
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.	Baja (A3)

Unidad de análisis

Predios.

Fuentes de información

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.

Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.

Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.

Agencia Nacional de Tierras (2020). *Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2014). *Predios sin interrelación catastro-registro y con falsa tradición*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2017). Zonificación de la gestión catastral, actualización rural_2017. Número de municipios actualizados con posterioridad a la expedición de la ley 1450 de 2011. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (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*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Superintendencia de Notariado y Registro (2019). *Falsas tradiciones*. Superintendencia de Notariado y Registro (SNR).

Unidad de Restitución de Tierras (2017). *Puntos de los centroides de los polígonos de las solicitudes que se encuentran espacializadas a octubre 17 de 2017 de los polígonos en estado D (definitivos)*. Unidad de Restitución de Tierras (URT).

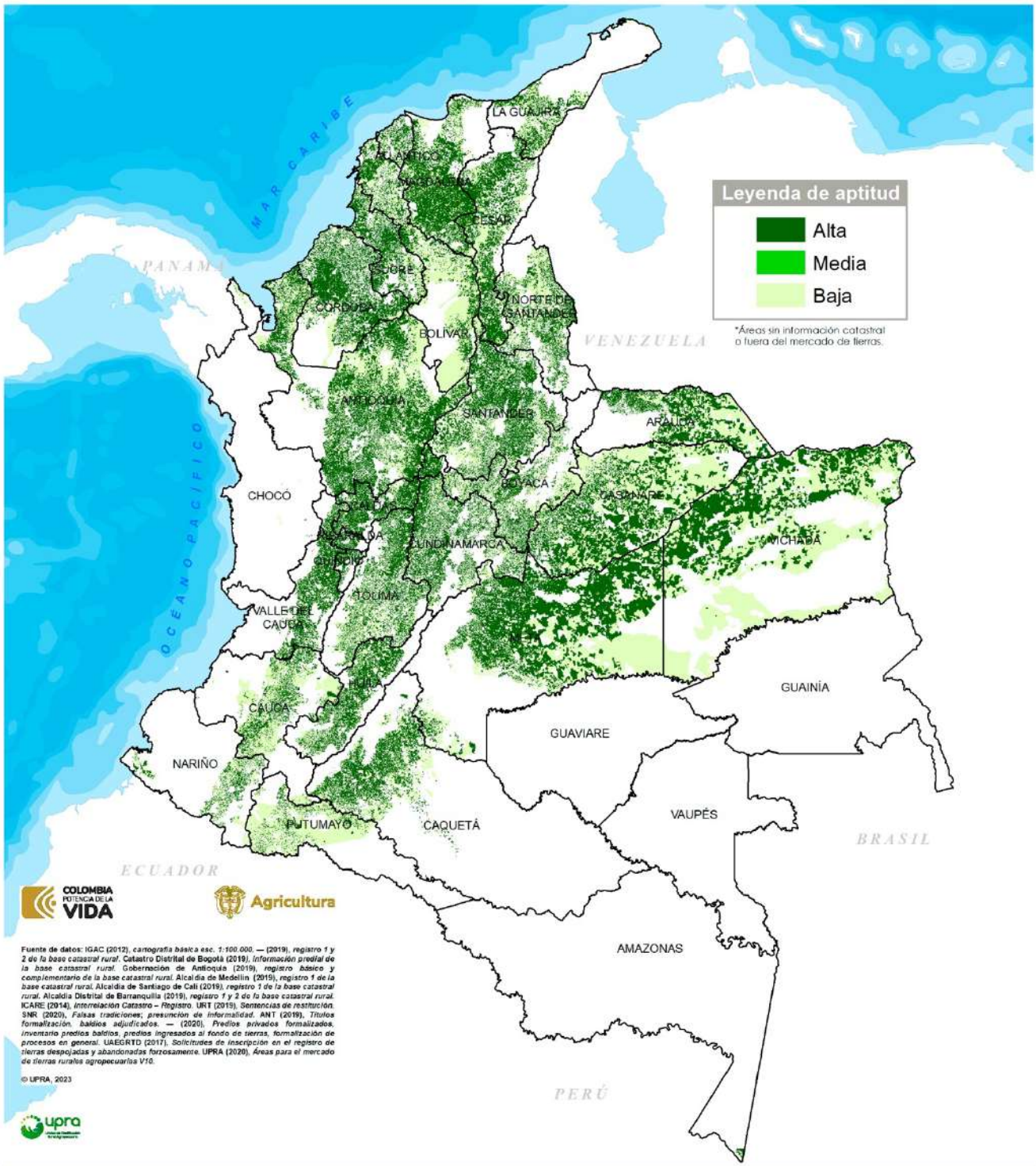
Unidad de Restitución de Tierras (2019). *Sentencias de restitución*. Unidad de Restitución de Tierras (URT).

Unidad Administrativa de Catastro Distrital (2020). *Información predial jurídica, física y económica*. Unidad Administrativa de Catastro Distrital.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2015). *Mercado de tierras rurales productivas en Colombia: caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *dinámica del mercado de tierras*
Variable *tendencia a la formalidad*

3.4.4 Variable *avalúo catastral rural*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *dinámica del mercado de tierras*		
Variable: *avalúo catastral rural*	Unidad de medida: peso/ha	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Determinación de una 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 tanto para los terrenos como para las edificaciones comprendidos en el avalúo (IGAC, 2023). Esta variable se utiliza como un *proxi* del precio comercial de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de información de precios comerciales actualizados, recientes o de fuente directa. El intercambio se define como «el conjunto de transacciones o acuerdos, libres de coerción, mediante el cual se realiza el intercambio parcial o total de alguno(s) de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios rurales que no han sido objeto de exclusiones legales» (MADR, 2017).

Importancia de la variable

Incide en cómo se accede 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 permitirá a un productor ampliar el margen de competitividad. Por el contrario, los altos precios de la tierra crean barreras a la actividad productiva, que la inversión iniciales más exigente, lo cual produce mayores costos de transacción y oportunidad, y mayores pagos por impuesto.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

A la fecha, Colombia no cuenta con información sobre precios comerciales del suelo, por lo que sólo se utilizan como un *proxi* los avalúos catastrales que, aunque no pueden dar información directa de precios, muestran una tendencia. La UPRA, al año 2021, contaba con precios comerciales de referencia a escala 1:100.000 para suelos rurales agropecuarios en 445 municipios del país, que cubren aproximadamente 12 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 sobre el porcentaje de adopción entre el uno y el otro en los municipios del país. Adicionalmente, los avalúos catastrales rurales están muy desactualizados, lo que genera mayores brechas entre estos los datos. Sin embargo, el valor catastral sí indica una tendencia del precio comercial, es decir: muestra dónde puede ser más costoso y dónde puede ser más bajo el precio de la tierra.

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 hay información económica, física y jurídica. Las 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

Precisiones 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 fue entregada y fue necesario obviar los valores de construcción y partir del supuesto según los cuales los predios rurales agropecuarios tienen un peso muy bajo, debido a la relación de área entre terreno y construcción. Teniendo en cuenta que cada municipio tiene una vigencia de actualización catastral diferente, se indexaron todos los avalúos catastrales al año 2019 con un índice departamental calculado por la UPRA a partir de las tasas de crecimiento del avalúo catastral rural municipal entre vigencias.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Con el fin de identificar el precio más favorable y el máximo que un productor de granadilla está en condición de pagar por acceder a tierra con la compra, se procedió a agrupar la información de avalúos catastrales por hectáreas y predios con reporte de cultivo de granadilla del censo nacional agropecuario y en los rangos establecidos para el mapa nacional de avalúos catastrales. Con ello, se identificó la mayor representación en cada uno de los rangos y se definieron los cortes preliminares para esta variable.

Clasificación por aptitud

Los cortes se validaron consultando a los expertos inmobiliarios y se realizaron pequeños sondeos del mercado actual. Dado que esta información tuvo que ser expresada en precios comerciales, se asumió un porcentaje de correspondencia nacional entre los mismos del 60 % para proceder a la compra, siempre con fundamento en lo indicado en el Decreto 148 de febrero de 2020. De esta forma, se establecieron los rangos de avalúos del mapa nacional, como se describe en la siguiente tabla:

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

	Menor a 0,5
	Entre 0,5 y 1
	Entre 1 y 5
	Entre 5 y 10
	Entre 10 y 15
	Entre 15 y 20
	Entre 20 y 25
	Entre 25 y 30
	Entre 30 y 35
	Entre 35 y 40
	Entre 40 y 50
	Entre 50 y 60
	Entre 60 y 70
	Entre 70 y 80
	Entre 80 y 90
	Entre 90 y 100
	Mayor a 100

Se establecen los rangos propuestos de aptitud y se calificaron con *aptitud baja* (A3) los predios que en las bases catastrales tuvieran los atributos de destino y apropiados (ver siguiente tabla). El propósito consistió en 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 y 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 de bodegas comerciales; hoteles en PH; comercio; hoteles; clubes-casinos; pensiones y residencias; centros comerciales; y vivienda recreacional.

Para mostrar los predios con una forma eficiente de acceso, se marcaron los predios identificados como *excluidos* del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10 y se calificaron con *aptitud baja* (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco para facilitar la lectura del usuario. Estos condicionantes legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones con predios rurales libre y autónomamente según la Constitución colombiana y las leyes vigentes. Para ello, se definieron como áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias los espacios geográficos en los que, por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias, ya que se dedican a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden comprarse o venderse libremente en el mercado por su carácter inalienable.

Dentro de esta clasificación también se incluyeron las zonas urbanas, que, aunque permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias. Los condicionantes se relacionan a continuación:

Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de parques nacionales naturales (SPNN)
Parques nacionales naturales (PNN)
Área única natural
Santuario de flora
Santuario de flora y fauna
Vía parque
Reserva natural
Parque natural regional
Áreas arqueológicas
Preservación de las áreas de manejo especial de la Macarena (AMEM), Meta
Reservas forestales de la Ley 2, tipo A
Páramos
Bienes de uso público
Restricciones locales
Reservas forestales protectoras

Cabe recalcar que los valores catastrales por hectárea de los predios de las zonas rurales del país no corresponden al precio comercial del cual se distancian. Por esta razón, a la información consultada con el experto e inmobiliarios se le aplicó 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 especialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se puede observar en la tabla de abajo:

Pesos/ha	Aptitud
<$10.000.000	Alta (A1)
$10.000.000-$20.000.000	Media (A2)
>$20.000.000, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos	Baja (A3)

Unidad de análisis

Pesos/ha.

Fuentes de información

Alcaldía de Barranquilla (2020). *Base catastral, registros 1 y 2*. Alcaldía de Barranquilla.

Alcaldía de Medellín (2020). *Base de datos catastral*. Alcaldía de Medellín.

Alcaldía de Santiago de Cali (2020). *Información predial rural*. Alcaldía de Santiago de Cali.

Gobernación de Antioquia (2020). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

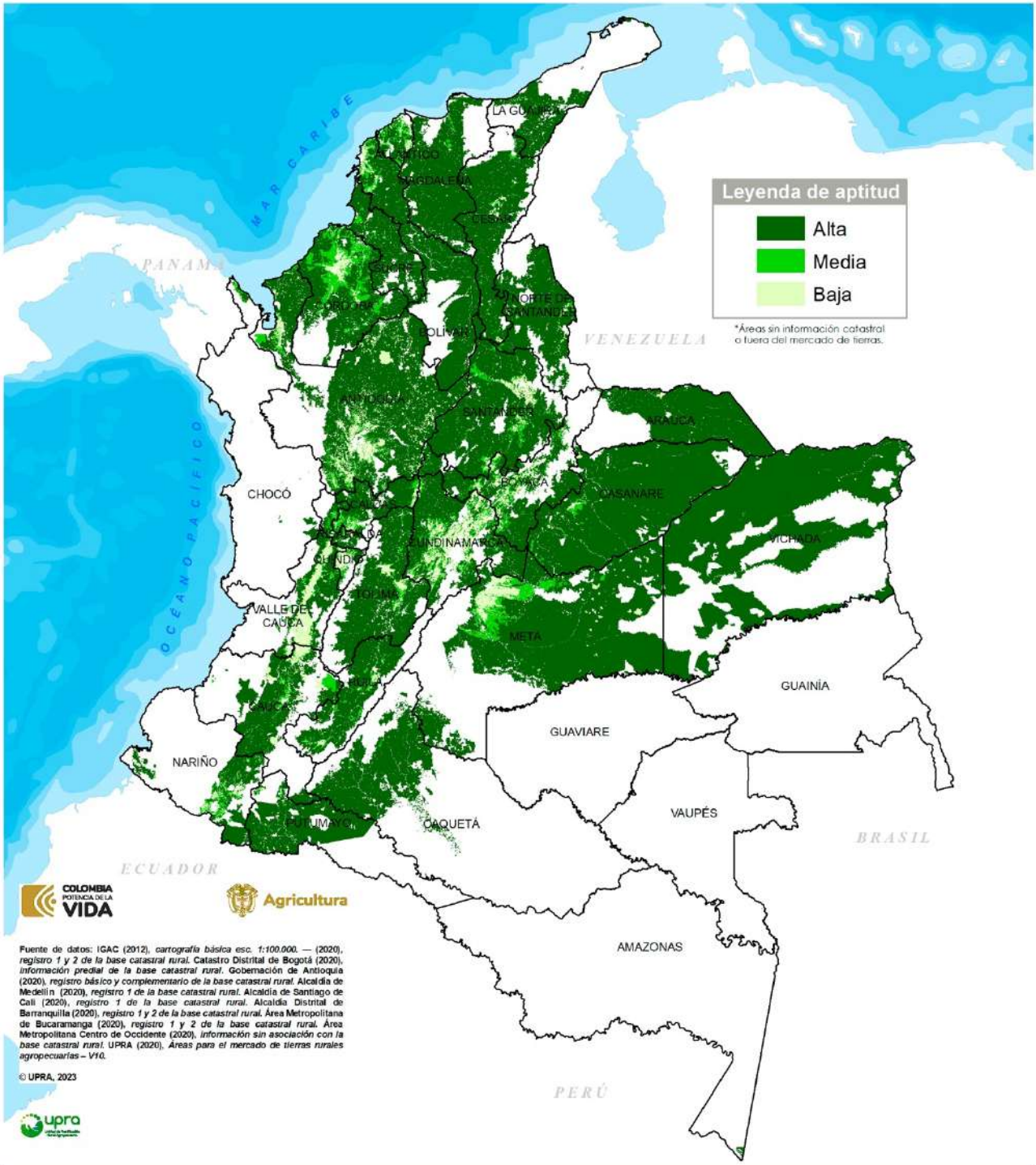
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020). *Registros 1 y 2 de la base catastral rural*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (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*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Unidad Administrativa de Catastro Distrital (2020). *Información predial jurídica, física y económica*. Unidad Administrativa de Catastro Distrital.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *dinámica del mercado de tierras*
Variable *avalúo catastral rural*

3.5. Criterio *indicadores económicos*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio: *indicadores económicos*		
Tipo de criterio	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Créditos otorgados, expresados en millones de pesos a nivel municipal.

Desempeño municipal, expresado en indicador de desempeño municipal (DNP).

Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC), expresadas en municipios

Valor agregado agrícola municipal, expresado en miles de millones de pesos.

Definición

Muestra, por un lado, el grado de endeudamiento y los incentivos tributarios de los municipios y las zonas más afectadas por el conflicto armado en Colombia; por otro lado, la contribución a la generación de valor agregado y al apalancamiento económico de la población.

Importancia del criterio

Indica a los agentes económicos la relevancia de la actividad productiva agrícola en los territorios y los beneficios recibidos por parte del Estado vía exenciones tributarias y de la gestión pública municipal como por parte del sector financiero con créditos para la producción de la granadilla. Esto condiciona la toma de decisiones de inversión al favorecer la viabilidad financiera de los proyectos productivos, el flujo de caja y la capacidad de apalancamiento. Una aptitud alta en este criterio refleja las condiciones para la actividad productiva tanto por el desempeño de lo público como por la respuesta a los estímulos privados que facilitan la proyección de la producción de la granadilla en el municipio.

Limitantes de la evaluación del criterio

Sobre los recursos de apalancamiento financiero del sector, se evidenció que los créditos otorgados se aproximan a la totalidad de los montos, aunque no se incluyeron los recursos que destina la banca comercial con recursos propios. Igualmente, es posible que muchos de los recursos de financiamiento categorizados no se ejecuten en la región donde fueron solicitados y que otros hayan se hayan destinado a otras actividades productivas. No se incluyeron todos los recursos desembolsados a agentes económicos con actividad productiva, sino únicamente los destinados a la granadilla, pese a que la actividad productiva principal fuese otra.

El nivel de discriminación de la información impidió distinguir el aporte de la producción de granadilla dentro del total del valor agregado agrícola, aunque se estima que es relevante dentro del sector primario de la economía de las zonas productoras, a pesar de que no se destacan en el contexto nacional.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Metodología de procesamiento de la información

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process) condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Créditos otorgados*	*Desempeño municipal*	*Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*	*Valor agregado agrícola municipal*
Indicadores económicos	*Créditos otorgados*	1			
	Desempeño municipal	1/3	1		
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	1/3	1/3	1	
	Valor agregado agrícola municipal	1/5	1/5	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo cuenta la valoración entre pares de variables, como se muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se registra en la siguiente tabla:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Indicadores económicos	*Créditos otorgados*	49,9
	Desempeño municipal	28,8
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	14,7
	Valor agregado agrícola municipal	6,6
Total de la ponderación		**100,0**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, que consiste en asignar un valor en las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) para el criterio, según la tabla de abajo:

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Créditos otorgados	Millones de pesos	>230	<230	Sin créditos
Desempeño municipal	Indicador desempeño municipal DNP	>55	45-55	<45
Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Municipios	Declarados ZOMAC	Resto	—
Valor agregado agrícola municipal	Miles de millones de pesos	>48,8	20,1-48,8	<20,1

Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020). *Cuentas nacionales: indicador valor agregado municipal actividad agrícola*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

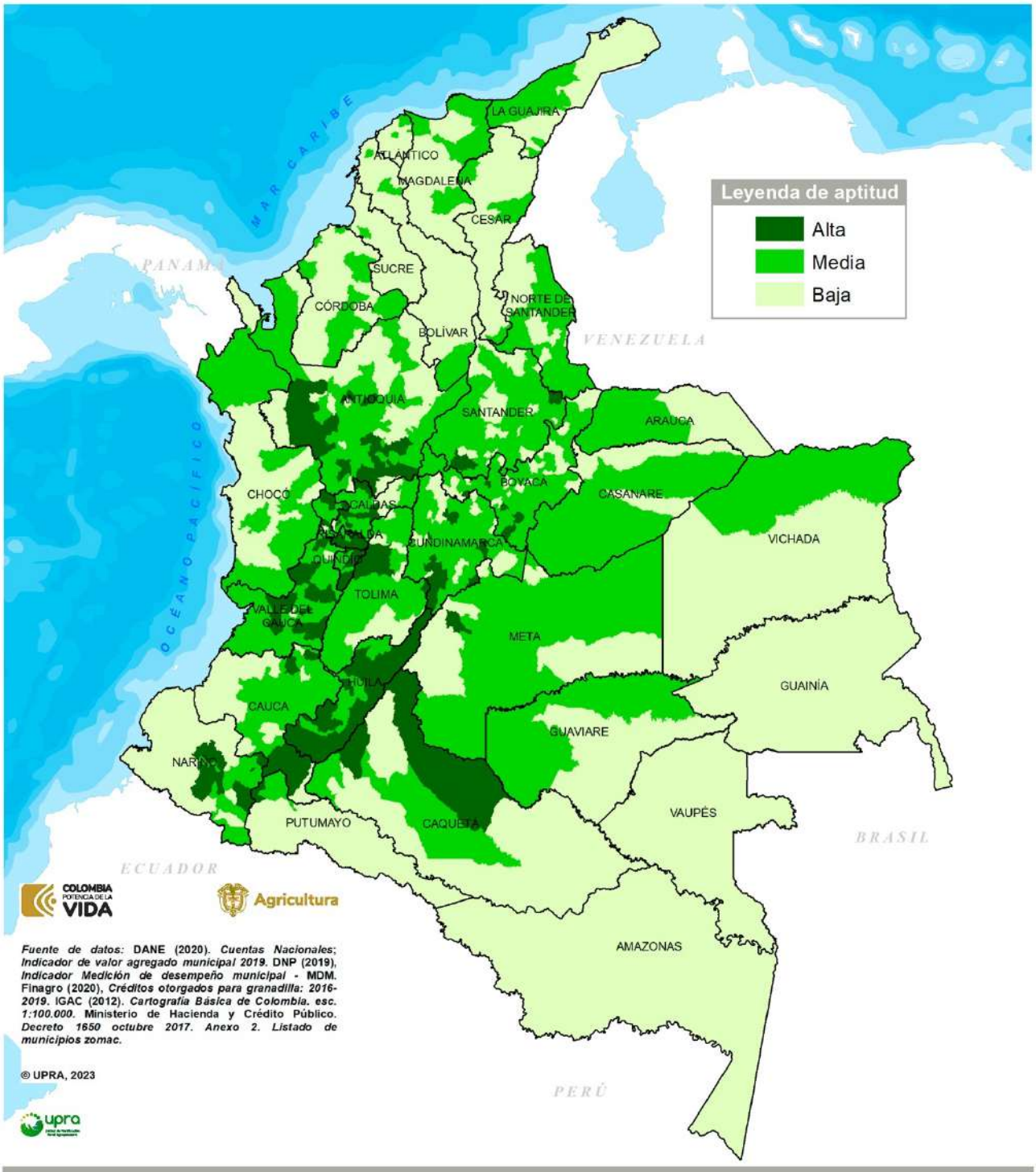
Departamento Nacional de Planeación (2019). *Resultados nueva medición de desempeño municipal 2018*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://n9.cl/bzgi1

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (2020). *Créditos y seguros otorgados para granadilla 2015-2020*. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Presidencia de la República de Colombia (2017). *Decreto 1650 de 2017, por el cual se adiciona un artículo a la Parte 1 del Libro 1; la Sección 1 al Capítulo 23 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 1 y los Anexos No. 2 y 3, al Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria, para reglamentar los artículos 236 y 237 de la Ley 1819 de 2016. Anexo 2*. Diario Oficial 50.381. Presidencia de la República de Colombia.

Representación cartográfica del criterio



Criterio *indicadores económicos*

3.5.1. Variable *créditos otorgados*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico	Subcomponente: económico	
Criterio asociado: *indicadores económicos*		
Variable: *créditos otorgados*	Unidad de medida: millones de pesos	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Valor, a precios del año 2020, de los créditos otorgados desde el 2015 a nivel municipal para el desarrollo y mejora de la producción de la granadilla. Están dirigidos a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales de Finagro, a través de la banca comercial y con presencia en los territorios. Se emplean para apalancar el capital de trabajo y los proyectos de inversión.

Importancia de la variable

Orienta a los agentes económicos sobre la inversión en donde se solicita y se aprueba un mayor monto de créditos preferenciales para producir granadilla, lo que indica una tendencia en la lógica y en la preferencia territorial de los inversionistas. Busca otorgar mayor aptitud a las zonas con mayor financiamiento con recursos de fomento para la granadilla. Esto permite dimensionar el apalancamiento financiero de una aglomeración productiva municipal como factor para los agentes económicos en la toma de decisiones sobre la inversión. Hay una relación entre los créditos otorgados y la aptitud del municipio. Los municipios con mayor valor de créditos otorgados en un periodo reflejan mejor acreditación para desarrollar la actividad, lo que permite que los nuevos emprendimientos sean más ágilmente aceptados para recibir financiamiento.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

La información de Finagro sólo contempla los créditos otorgados a la cadena productiva de los recursos para tal fin canalizados por la banca pública (Banco Agrario de Colombia) y privada (redescuento), pero no los créditos otorgados con recursos de captación de la banca privada (créditos comerciales). La información sobre el destino de los créditos puede diferir del municipio donde se inviertan y de la actividad por financiar, pues apalanca actividades conexas a las de producción de la granadilla y a las actividades de agentes económicos no especializados.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre los años 2016 y 2020 traídos a valores del 2020 para todos los municipios que reportan información en el periodo de análisis. Para llevar los valores a precios del 2020, se utilizaron los valores oficiales reportados por el DANE de inflación enero-diciembre entre el 2016 y el 2019.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se calculó la suma anual de créditos otorgados por municipio para la granadilla en millones de pesos del año 2020 para el periodo 2016-2020.

Clasificación por aptitud

Para estimar los rangos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), se utilizó el criterio asociado a la *regla de Pareto* (80/20), que indica que aproximadamente el 80 % de las consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de crédito colocado fue explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios con colocaciones de crédito. El procedimiento consistió en ordenar de mayor a menor los municipios, que, a precios constantes, sumaron mayor valor de crédito colocado. Luego, se estimaron las participaciones de cada municipio dentro del total del crédito evaluado y se elaboró una columna en la que se calculó el porcentaje acumulado de la distribución del crédito dentro de los municipios hasta que la acumulación llegó al 80 % de participación. Se verificó que el número de municipios que aportaron al 80 % del crédito representaran aproximadamente el 20 % del total de municipios. De esta forma, se definieron tres agrupamientos: el primero, formado por los municipios que aportaron al 80 % del total del crédito: el segundo, por los municipios que aportaron el 20 % restante del total de crédito, y el tercer, por los municipios que no tuvieron ninguna colocación de crédito para la granadilla durante el periodo 2016-2020. De estos grupos se infirieron los puntos de corte de la siguiente manera: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios con más de 230 millones en créditos para el cultivo comercial de la granadilla, con *aptitud media* (A2), los municipios con menos de 230 millones en créditos para el cultivo comercial de la granadilla; y con *aptitud baja* (A3), los municipios sin créditos para para el cultivo comercial de la granadilla.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se puede observar en la siguiente tabla:

Millones de pesos	Aptitud
>230	Alta (A1)
<230	Media (A2)
Sin créditos	Baja (A3)

Unidad de análisis

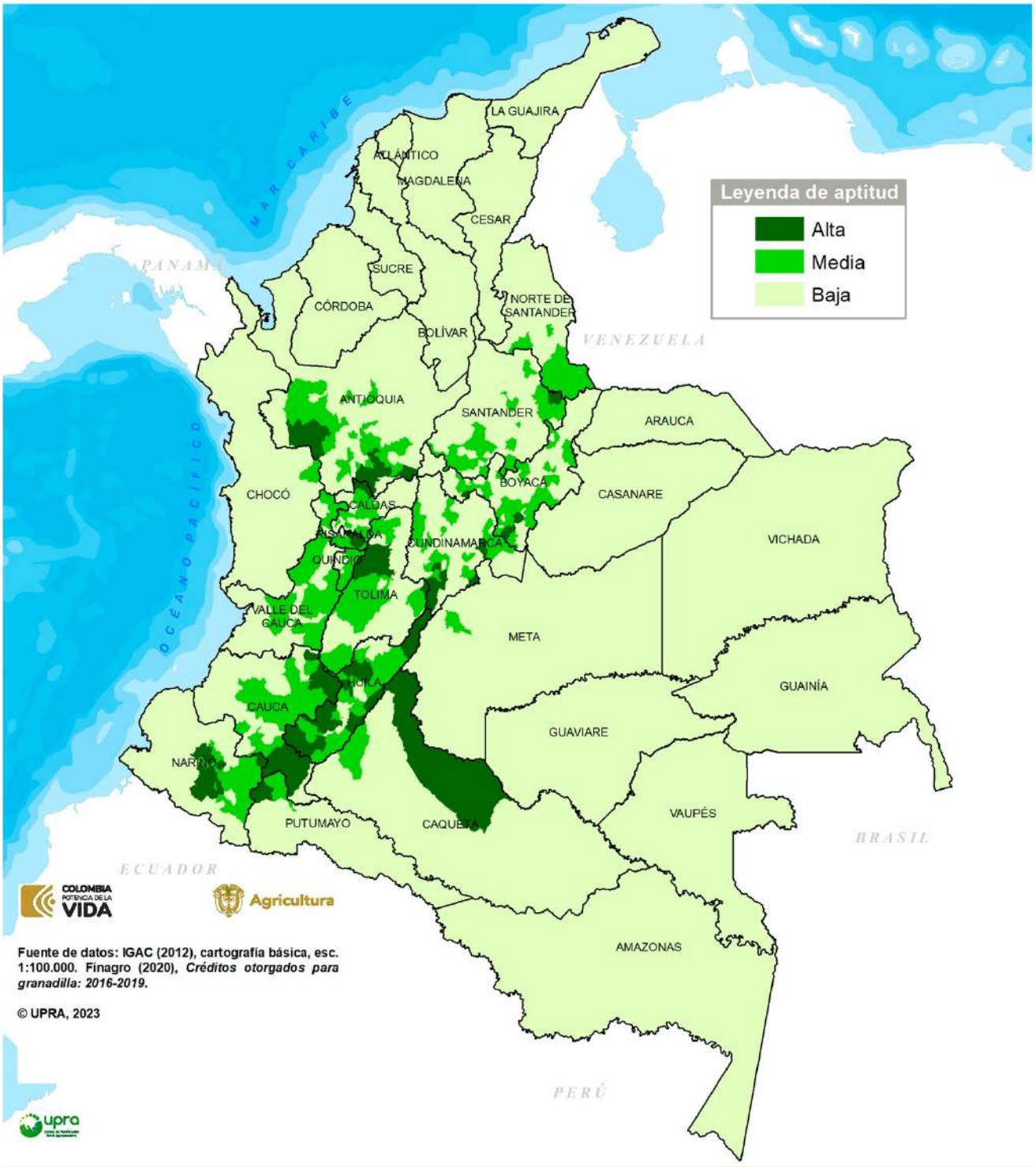
Millones de pesos.

Fuentes de información

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (2020). *Créditos y seguros otorgados para granadilla 2015-2020*. Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *indicadores económicos*
Variable *créditos otorgados*

3.5.2. Variable *desempeño municipal*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: económico		
Criterio asociado: *indicadores económicos*		
Variable: *desempeño municipal*	Unidad de medida: indicador MDM	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Mide y compara el desempeño de las entidades territoriales sobre la eficacia en el cumplimiento de las metas de los planes de desarrollo; la eficiencia en la provisión de los servicios básicos de educación, salud y agua potable; y el cumplimiento de los requisitos de ejecución presupuestal definidos tanto por la ley como por la gestión administrativa y fiscal. Esta variable es una aproximación al diseño de políticas dirigidas al fortalecimiento de capacidades y al cierre de brechas territoriales según la situación del indicador en cada municipio.

Importancia de la variable

Confirma si se cuenta con administraciones locales robustas con capacidades institucionales adecuadas para cumplir las tareas, condición necesaria para el desarrollo territorial, lo que toma especial importancia en escenarios como el actual, en el que se busca un mayor fortalecimiento de la gestión descentralizada de las entidades regionales. De acuerdo con la Departamento Nacional de Planeación, «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), afirmación significativa para dinamizar e incentivar las actividades productivas agropecuarias en las zonas rurales. 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. Por ejemplo: el índice de ambiente regulatorio para la creación de empresas (*doing business*), promovido por el Banco Mundial, tiene una correlación positiva y significativa con la nueva medición del desempeño municipal (DNP, 2017).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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

Precisiones de la información

La variable se basa en la información de la nueva medición del desempeño municipal (MDM) que elaboró el Departamento Nacional de Planeación (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 ello, se actualizaron los estándares de evaluación y se enfocó el desempeño municipal en la gestión pública orientada a resultados, que eran calculados mediante el índice de desempeño integral (IDI).

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (2018), el indicador MDM permite la comparación entre grupos de municipios más homogéneos —definidos según un componente de capacidades iniciales—al interior de los grupos. El grupo de capacidades iniciales se calcula cada cuatro años con nuevos gobiernos locales y la posición del municipio, dentro del grupo de capacidades iniciales —el último puesto es máximo 218—. Además, el indicador mide entre grupos de municipios con capacidades iniciales similares, cuyos resultados están alineados con los planes de desarrollo territorial (PDT) para rendición de cuentas, y permite realizar comparaciones al interior de grupos más homogéneos que parten de las mismas condiciones.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Esta variable contó con la información para la totalidad de los municipios del país. La consistencia interna la ofreció el DNP a partir de la construcción metodológica según la cual la MDM se dividió en dos componentes y una categoría de agrupación, como se muestra en la siguiente tabla:

Gestión	Resultados
Movilización de recursos propios (25%)	Educación (25 %)
Tributario + no tributario – recaudo por instrumentos de orden territorial (per cápita)	Cobertura de educación media
Recaudo por instrumentos de orden territorial (per cápita)	Pruebas Saber 11 en Matemáticas y Lectura Crítica
Participación de los recursos propios en la inversión	Cobertura de transición
Ejecución de recursos (25 %)	Salud (25 %)
Ejecución del sistema general de participantes	Mortalidad infantil

Ejecución de recursos propios	Cobertura de vacunación pentavalente
Ejecución de otras fuentes	Cobertura de salud
Cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos del sistema general de participantes	Servicios públicos (25 %)
Gobierno abierto y transparente (25 %)	Cobertura de energía rural
Organización de la información	Penetración de internet
Rendición de cuentas	Cobertura de acueducto y alcantarillado
Atención al ciudadano	Seguridad y convivencia (25 %)
Gestión de instrumentos de ordenamiento territorial (25 %)	Hurtos por cada 10.000 habitantes
Recaudo predial efectivo	Homicidios por cada 10.000 habitantes
Uso instrumentos de recaudo de ordenamiento territorial	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes

El primer componente se enfoca en la gestión, pues incluye las acciones y decisiones que adelanta la administración local para transformar los recursos en un mayor bienestar de la población y desarrollo. Al interior se subdivide en cuatro subcomponentes, todos con igual peso (25 %: movilización de recursos propios; ejecución de recursos; gobierno abierto y transparencia; y uso y recaudo por instrumentos de ordenamiento territorial. A su vez, este componente las siguientes doce variables:

Movilización de recursos propios

Variable	Metodología	Fuente
Ingresos tributarios y no tributarios sin recaudo por ordenamiento territorial (per cápita)	Ingresos tributarios y no tributarios* – recaudo por OT**/ población *1.1 Ingresos tributarios (código A1000-OEC) + 1,2 ingresos no tributarios (código A2000-OEC). ** Predial (TI.A.1.3.1-FUT ingresos), delineación urbana (TI.A.1.8-FUT ingresos), valorización (TI.A.2.3.1.1-FUT ingresos) y plusvalía (TI.A.2.3.2.-FUT ingresos) correspondiente a la vigencia.	Operaciones efectivas de caja (OEC) y Departamento Nacional de Planeación (DNP) Formulario único territorial (FUT) y Departamento Administrativo Nacional de

		Estadística (DANE)
Recaudo por instrumentos de ordenamiento territorial (per cápita)	Recaudo total mediante cuatro instrumentos de ordenamiento territorial: predial, delineación urbana, valorización y plusvalía*/Población *Predial (TI.A.1.3.1-FUT ingresos), delineación urbana (TI.A.1.8-FUT ingresos), valorización (TI.A.2.3.1.1-FUT ingresos) y plusvalía (TI.A.2.3.2.-FUT ingresos) correspondiente a la vigencia.	Formulario único territorial (FUT) y Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
Participación de los recursos propios en la inversión	Inversión financiada con recursos propios*/Inversión total del municipio** *"Ingresos corrientes de libre destinación, excepto el 42 % de libre destinación de propósito general" (fuente: 100-FUT inversión) + "Ingresos corrientes con destinación específica – Recursos propios" (fuente: 100-FUT inversión). El valor se toma de la columna *obligaciones* del formato *Gastos de inversión* del FUT. **Se toma el rublo "5. Gastos de capital (inversión)" de las OEC.	Formulario único territorial (FUT) y Operaciones efectivas de caja (OEC)

Ejecución de recursos

Variable	Metodología	Fuente
Ejecución del Sistema general de participaciones (SGP)	Recursos obligados en la vigencia de la fuente SGP*/Asignado total SGP para la vigencia** *Suma de las obligaciones con las fuentes descritas en la tabla *Fuentes SGP*, registradas en el formato de gastos de inversión del FUT. ** Asignaciones de la vigencia SICODIS.	Formulario único territorial (FUT) y Sistema de información y consulta de distribuciones de recursos territoriales (SICODIS)

Ejecución de recursos propios	Recursos obligados fuente propios*/Recursos presupuestados con fuente propias** *"Ingresos corrientes de libre destinación, excepto el 42 % de libre destinación de propósito general" (fuente: 100-FUT inversión) + "Ingresos corrientes de libre destinación con destinación específica – recursos propios" (fuente: 100-FUT inversión). El valor se toma de la columna *obligaciones* del formato *Gastos de inversión* del FUT. **Presupuesto definitivo del formato *Gastos de inversión* del FUT de las mismas fuentes (100 y 110).	Formulario único territorial (FUT)
Ejecución de otras fuentes	Recursos obligados otras fuentes/Recurso presupuestado con otras fuentes* *Se toman los valores de la columna *obligaciones* y de la columna *presupuesto definitivo*, correspondiente a las fuentes con código referido en la tabla *otras fuentes*, registradas en el formato de gastos de inversión del FUT.	Formulario único territorial (FUT)
Cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos de regalías (SGR)	Cumplimiento de la programación inicial de los proyectos Promedio de los cuatro trimestres del año de la vigencia del componente 10 del IGR (índice de gestión de proyectos de regalías).	Sistema general de regalías (SGR)

Gobierno abierto y transparencia

Variable	Metodología	Fuente
Organización de la información	«¿Su municipio cuenta con tablas de retención documental (TRD) elaboradas y aprobadas?»	Pregunta 1: "Gestión documental" Gestión *web*
	«Para la gestión documental, ¿su municipio aplica las tablas de retención documental (TRD) aprobadas?»	Pregunta 2: "Gestión documental" Gestión *web*
	«¿Su municipio actualiza las tablas de retención documental (TRD)?» «¿Cada cuántos meses?»	Pregunta 3: "Gestión documental" Gestión *web*

Rendición de cuentas	Promedio de calificación en los cuatro trimestres del año en el componente de transparencia del índice de gestión de proyectos de regalías (IGPR) Debe multiplicarse por 5 para que el indicador quede entre 0 y 100, pues la máxima puntuación que tiene es de 20 (sólo se mide en el caso de que el municipio tenga proyectos de regalías aprobadas).	Sistema general de regalías (SGR) e Índice de gestión de proyectos de regalías (IGPR)
	En el plan de acción anual, ¿está incluida la estrategia de rendición de cuentas?	Pregunta 1: "Rendición de cuentas" Gestión *web*
	«¿La entidad publica los resultados de la consulta del proceso de rendición de cuentas identificando las prioridades establecidas por los ciudadanos?»	Pregunta 8: "Rendición de cuentas" Gestión *web*
Atención al ciudadano	«¿La entidad cuenta con procesos o procedimientos de servicio al ciudadano documentados e implementados (peticiones, quejas, reclamos y denuncias, trámites y servicios)?»	Pregunta 11: "Servicio al ciudadano" Gestión *web*
	«¿Incluyó el componente del servicio al ciudadano en el plan anticorrupción y de atención al ciudadano?»	Pregunta 1, opción 2: "Anticorrupción" Gestión *web*

Uso y recaudo por instrumentos de ordenamiento territorial (OT)

Variable	Metodología	Fuente
Tasa efectiva de recaudo predial por mil pesos de avalúo	Recaudo predial*/Avalúo de los predios en la vigencia** × 1000 *Se toma el concepto *impuesto predial unificado vigencia actual* (TI.A.1.3.1 columna *total ingresos* – ingresos FUT). ** Avalúo catastral, reporte IGAC.	Formulario único territorial (FUT) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Uso de instrumentos de ordenamiento territorial	Número de instrumentos de ordenamiento territorial que usa la entidad territorial* *Predial (TI.A.1.3.1 – FUT ingresos), delineación urbana (TI.A.1.8 – FUT ingresos), valorización (TI.A.2.3.1 – FUT ingresos) y plusvalía (TI.A.2.3.2 – FUT ingresos) correspondientes a la vigencia. Si recaudó por tales fuentes, se considera que utilizó el instrumento (la puntuación es 1 para el instrumento). En tal sentido, el máximo valor será 4 y el menor, 0.	Formulario único territorial (FUT)

El segundo componente, el de resultados, permite conocer si las acciones realizadas en el período evaluado tuvieron incidencia en el bienestar de la comunidad y del desarrollo territorial. Mide los cambios en las condiciones de vida en relación con el acceso ciudadano a la educación, la salud, los servicios públicos, la seguridad y la convivencia familiar. Este componente reúne las siguientes catorce variables

Educación

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura en educación media neta	Estudiantes matriculados en educación media en el rango de edad aceptable/Población del municipio en tal rango de edad de la vigencia	Ministerio de Educación Nacional (MEN), disponible en TerriData
Cobertura en transición media neta	Estudiantes matriculados en transición en el rango de edad aceptable/Población del municipio en tal rango de edad de la vigencia	Ministerio de Educación Nacional (MEN), disponible en TerriData
Pruebas Saber 11 matemáticas y lectura crítica	Puntaje promedio de estudiantes residentes en el municipio en las áreas de Matemáticas y Lectura Crítica de las pruebas Saber 11 de la vigencia	Ministerio de Educación Nacional (MEN), disponible en TerriData

Salud

Variable	Metodología	Fuente
Mortalidad infantil de menores de un año	Fallecidos menores de un año por 1.000 nacidos vivos en la vigencia anterior (un año de rezago)	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), disponible en TerriData

Cobertura en vacunación pentavalente	Menores de un año en un municipio con la tercera dosis aplicada de vacuna pentavalente/Población total menor de un año a vacunarse de la vigencia	Ministerio de Educación Nacional (MEN), disponible en TerriData
Cobertura en salud	Número de afiliados registrados en la BDUA en los regímenes contributivo y subsidiado a diciembre/Proyección población DANE del municipio de la vigencia	Ministerio de Educación Nacional (MEN), disponible en TerriData

Vivienda

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura energía en la zona resto	Viviendas con acceso a la red interconectada sobre total viviendas de la vigencia anterior (un año de rezago)	Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), disponible en TerriData
Penetración de internet (Banda Ancha Residencial)	Número de suscriptores con acceso dedicado a internet sobre la población total de la vigencia	Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC), disponible en TerriData
Cobertura de acueducto y alcantarillado	Relación entre los predios residenciales que tienen servicio y el total de los predios residenciales de la vigencia (promedio de los dos indicadores)	Reporte de Estratificación y Coberturas (REC)- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), disponible en TerriData

Seguridad y convivencia

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes	Ministerio de Defensa, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), disponible en TerriData
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	

Un factor diferencial de 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 éstos, se definieron tres dimensiones: la actividad económica; las características demográficas y geográficas urbanas; y los recursos de los ingresos tributarios y no tributarios. Esto posibilitó la conformación de los siguientes seis grupos de municipios:

Grupos comparables por nivel de capacidad inicial

Municipales		
Económicas	Densidad empresarial	33,3 %
	Valor agregado (promedio 4 años)	
Urbanas	Tamaño de la población y porcentaje de la población en cabecera	33,3 %
	Densidad poblacional	
	Pertenencia al SC (economías de aglomeración)	
Recursos-Gobierno local		
Recurso	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio de 4 años)	33,3 %

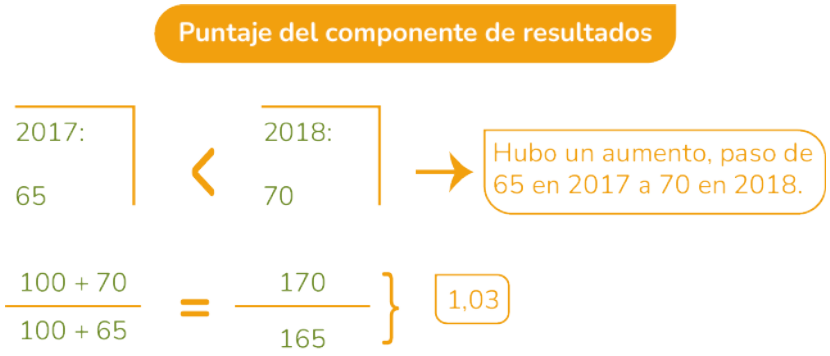
Para estimar las capacidades iniciales, se utilizó el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno saliente (2011-2015) y se estandarizaron los indicadores entre todos los municipios. Luego, se definió un índice que osciló entre 0 y 1, en el que 1 representa los municipios con mayor dinamismo económico —mayor valor agregado y mayor densidad empresarial— altamente urbanos y con los mayores recursos corrientes; y 0 para las respectivas contrapartes.

Clasificación por aptitud

Para determinar los rangos de aptitud para el ejercicio de evaluación de tierras de la presente zonificación, se asumió la calificación del indicador de desempeño municipal (MDM) que elaboró el DNP a partir de la metodología de agregación del indicador a partir de los puntajes por municipio para cada uno de los componentes de gestión y resultados de dos años comparados, como se muestra a continuación:

Municipio Y		
Componente	**Año**	**Puntaje**
Gestión	2018	50
Resultados	2017	65
	2018	70

Se calculó el cambio del año con respecto al anterior para el componente *Resultados*, que muestra el bienestar de la población, como se puede observar en al siguiente figura:



Luego, se multiplicó el resultado obtenido por el puntaje del componente de gestión del último año, así:

$$Puntaje\ comp.de\ gestión * Cambio\ comp.resultados = indicador\ MDM$$

$$50 * 1{,}03 = 51{,}1$$

Finalmente, con el valor del indicador MDM (51,1) se clasificaron los rangos de aptitud según e la siguiente manera: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios con un puntaje de más de 55 puntos; con *aptitud media* (A2), los municipios con un puntaje de entre 45 y 55 puntos; y con *aptitud baja* (A3), los municipios con un puntaje menor a 45 puntos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) según los resultados de la medición del desempeño municipal (MDM) del DNP para el año 2019 (ver siguiente tabla).

Indicador MDM	Aptitud
>55 puntos	Alta (A1)
45-55 puntos	Media (A2)
<- 45 puntos	Baja (A3)

Unidad de análisis

Indicador de la medición del desempeño municipal (MDM).

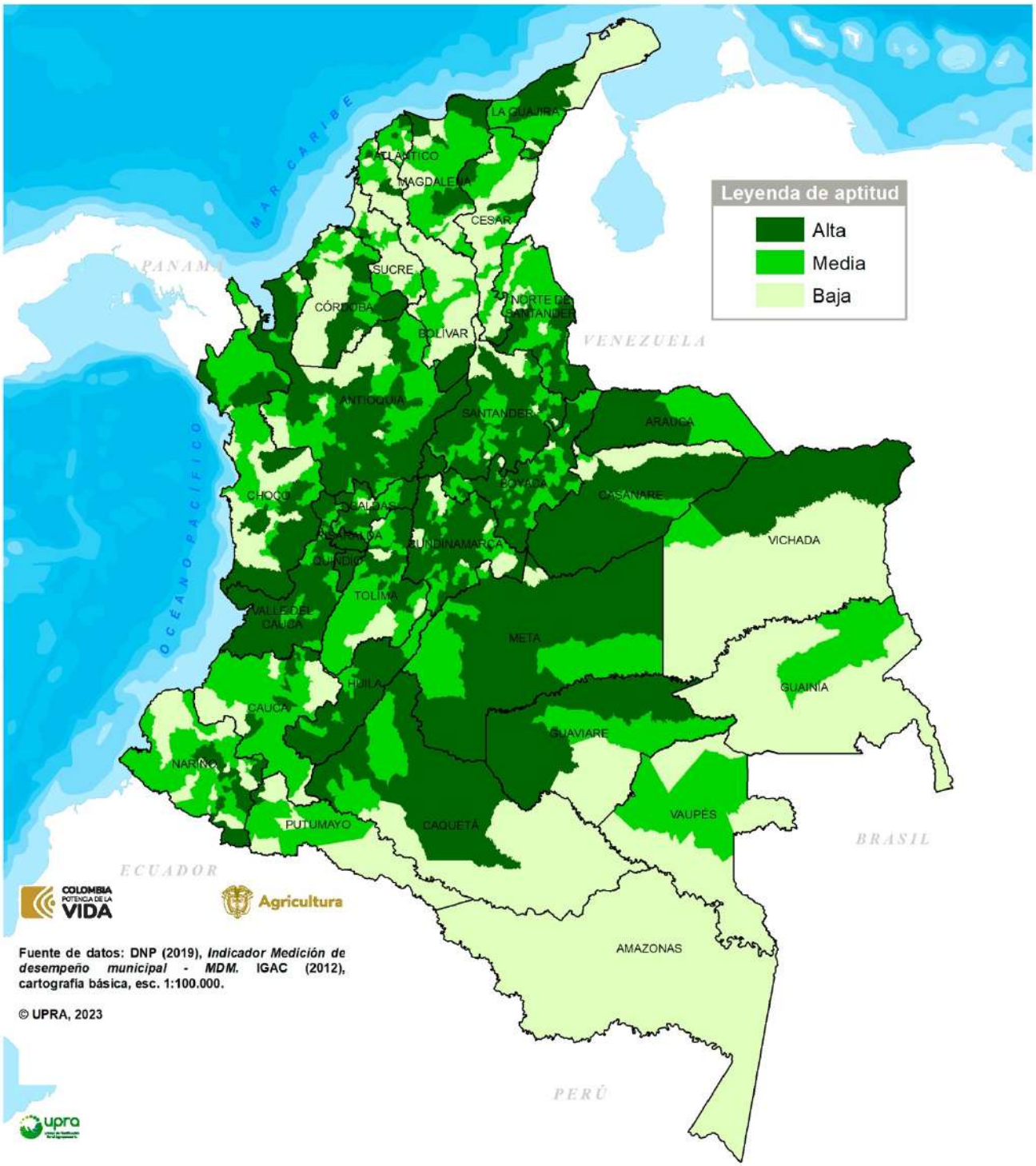
Fuentes de información

Departamento Nacional de Planeación (2020). *Medición del desempeño municipal MDM. Informe de resultados: MDM 2019*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://n9.cl/i4m22n

Departamento Nacional de Planeación (2019). *Resultados nueva medición de desempeño municipal 2018*. Departamento Nacional de Planeación (DNP). https://n9.cl/bzgi1

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *indicadores económicos*
Variable *desempeño municipal*

3.5.3. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: económico		
Criterio asociado: *indicadores económicos*		
Variable: *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*	Unidad de medida: municipios	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado constituidas por 344 municipios que son considerados como los más afectados por la violencia. Los incentivos se otorgan 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 fortalecer la productividad y la competitividad al acelerar el desarrollo con la creación de empresa y la generación de empleo a través de incentivos a los empresarios con una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para los próximos 10 años (a partir del año 2017).

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Depende de la legislación y las decisiones del 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

Precisiones de la información

Listado de municipios declarados zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC).

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se contó con la información para la totalidad de municipios del país respecto a si pertenecen o no a las ZOMAC, lo que permite realizar un análisis nacional integral. Se constituye como una base de información dicotómica.

Clasificación por aptitud

Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron así: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios declarados zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC); y con *aptitud media* (A2), el resto de municipios.

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 excluyó la posibilidad de que esta variable tomara valores de aptitud baja (A3) por considerar que sería un castigo demasiado grande en términos de aptitud para los municipios que no están en el listado (ver siguiente tabla).

Municipios	Aptitud
Municipios declarados ZOMAC	Alta (A1)
Resto	Media (A2)

Unidad de análisis

Municipios.

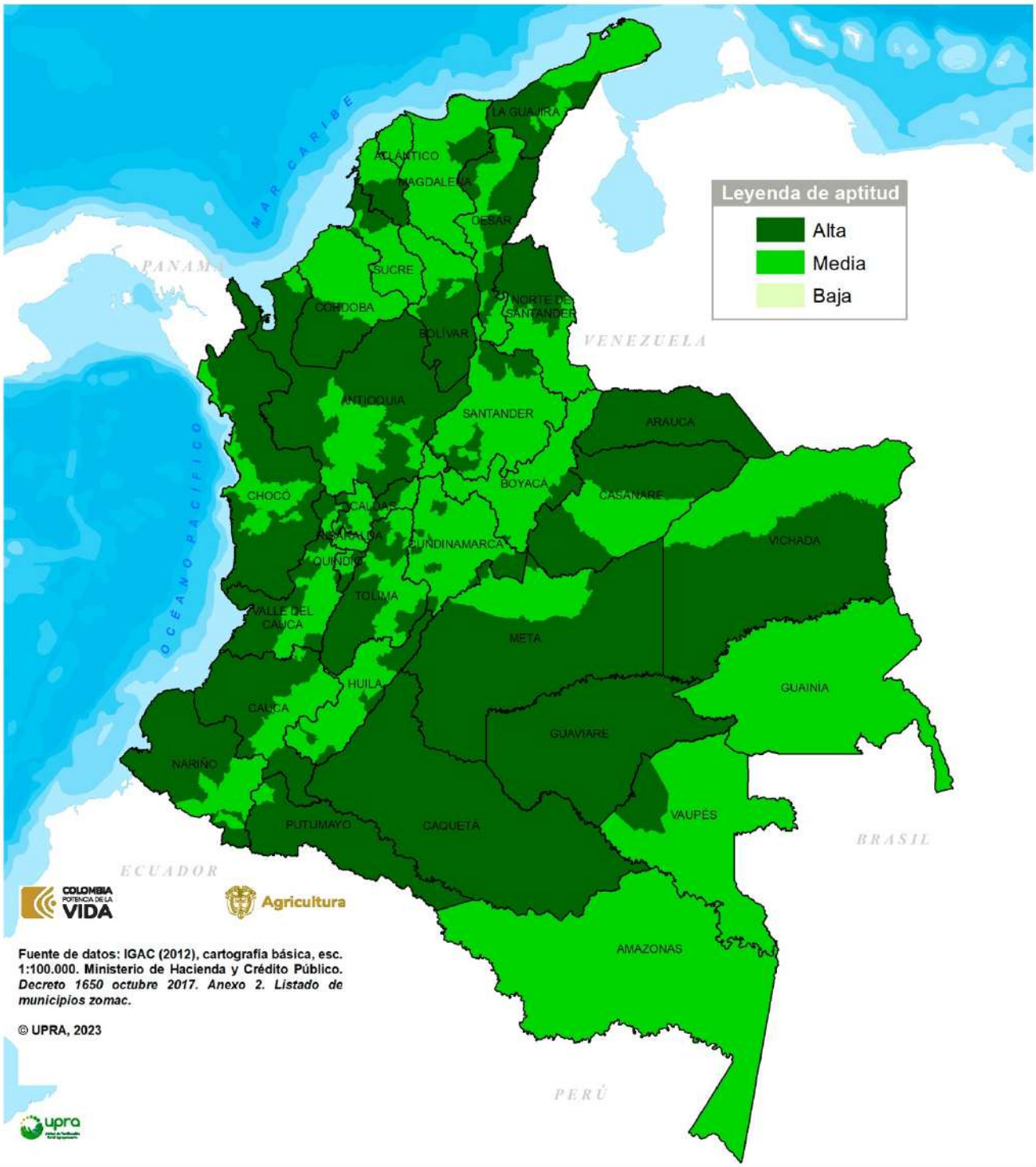
Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Presidencia de la República de Colombia (2017). *Decreto 1650 de 2017, por el cual se adiciona un artículo a la Parte 1 del Libro 1; la Sección 1 al Capítulo 23 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 1 y los Anexos No. 2 y 3, al Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria, para reglamentar los artículos 236 y 237 de la Ley 1819 de 2016. Anexo 2*. Diario Oficial 50.381. Presidencia de la República de Colombia.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *indicadores económicos*
Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*

3.5.4. Variable *valor agregado agrícola municipal*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: económico		
Criterio asociado: *indicadores económicos*		
Variable: *valor agregado agrícola municipal*	Unidad de medida: miles de millones de pesos	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio en función de su importancia relativa en el departamento. Con el fin de ser utilizado en la zonificación de aptitud, se partió de la información suministrada de manera privilegiada y confidencial por el DANE a la UPRA, que no es publicada en este nivel de desagregación, siguiendo el principio de razonabilidad en el detalle. Se busca medir indirectamente el nivel de actividad agrícola del municipio de modo que pueda ser comparado con valores nominales de otros municipios para que su evaluación, clasificación y orden jerárquico sean nacionales.

Importancia de la variable

Indica a los agentes económicos los municipios que tienen un mayor valor agregado agrícola y que es sujeto de economías a escalas sectoriales, de beneficios y estímulos estatales privilegiados respecto del tratamiento económico que se le da al municipio. Incide en la percepción de los agentes económicos respecto del desempeño económico del municipio como un todo y en particular con respecto al sector agrícola. A mayor valor agregado agrícola municipal, el municipio presenta mayor nivel de aptitud, puesto que el circuito económico local tendrá mayor dinamismo y posibilidad de encadenamiento sectorial. Aunque no es posible discriminar dentro de los valores agregados sectoriales los niveles de participación de producciones específicas (en este caso, el cultivo de la granadilla), la transversalidad sectorial refleja lo verdaderamente agrícola, es decir, que es un municipio sin dependencia de la presencia o no de otras actividades productivas, como la minería extractiva y el petróleo, que suelen distorsionar las mediciones en participación porcentual.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido que se partió de mediciones sectoriales a escala nacional y departamental, es posible que algunos municipios con gran valor agrícola se vean afectados por pertenecer a un contexto que no sea agrícola. Del mismo modo, existe la posibilidad de que un municipio sin mayor valor agrícola se sobredimensione por su ubicación regional en la que otros municipios aportan gran producción departamental. La incapacidad de discriminar el valor generado por un producto en particular, aunque resulta una limitante, también incorpora la transversalidad del análisis sectorial que beneficia a todos los productos del sector agrícola.

Los métodos de estimación del valor agregado por ramas de actividad económica consideran cualquier transformación de materia prima como agregación de valor, independientemente del nivel de complejidad, por lo que algunas cadenas productivas cuya transformación es requisito para el consumo o disfrute pueden ser contabilizadas en una rama no agrícola. Es menester aclarar que las mediciones para el 2019 pueden haber incluido condiciones climáticas adversas y tener un menor valor agregado agrícola de manera transitoria en un municipio.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se tuvo en cuenta la información del DANE.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se utilizó el criterio asociado a la *regla de Pareto* (80/20), que indica que aproximadamente el 80 % de las consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total del valor agregado agrícola municipal fue explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios. El procedimiento consistió en ordenar de mayor a menor los municipios por el valor agregado agrícola y luego se estimaron las participaciones de cada municipio dentro del total nacional. Posteriormente, se elaboró una columna en la que se calculó el porcentaje acumulado del valor agregado agrícola municipal y el porcentaje de municipios que aportan a la acumulación hasta el punto en que la suma de los dos porcentajes fue igual a 100 %. Sobre los restantes municipios, se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que, en este caso, indicó la necesidad de utilizar el método *k*-medias.

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j)$ es mayor a $d(i, k)$ significa que el objeto i es más parecido a k que a j. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio. La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación).

Clasificación por aptitud

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la variable *valor agregado agrícola municipal*, resultaron tres grupos a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios con más de 48,8 mil millones de valor agregado agrícola municipal; con *aptitud media* (A2), los municipios con entre 20,1 y 48,8 mil millones de valor agregado agrícola municipal; y con *aptitud baja* (A3), los municipios con menos de 20,1 mil millones de valor agregado agrícola municipal.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se muestra a continuación:

Miles de millones de pesos	Aptitud
>48,8	Alta (A1)
20,1-48,8	Media (A2)
<20,1	Baja (A3)

Unidad de medida

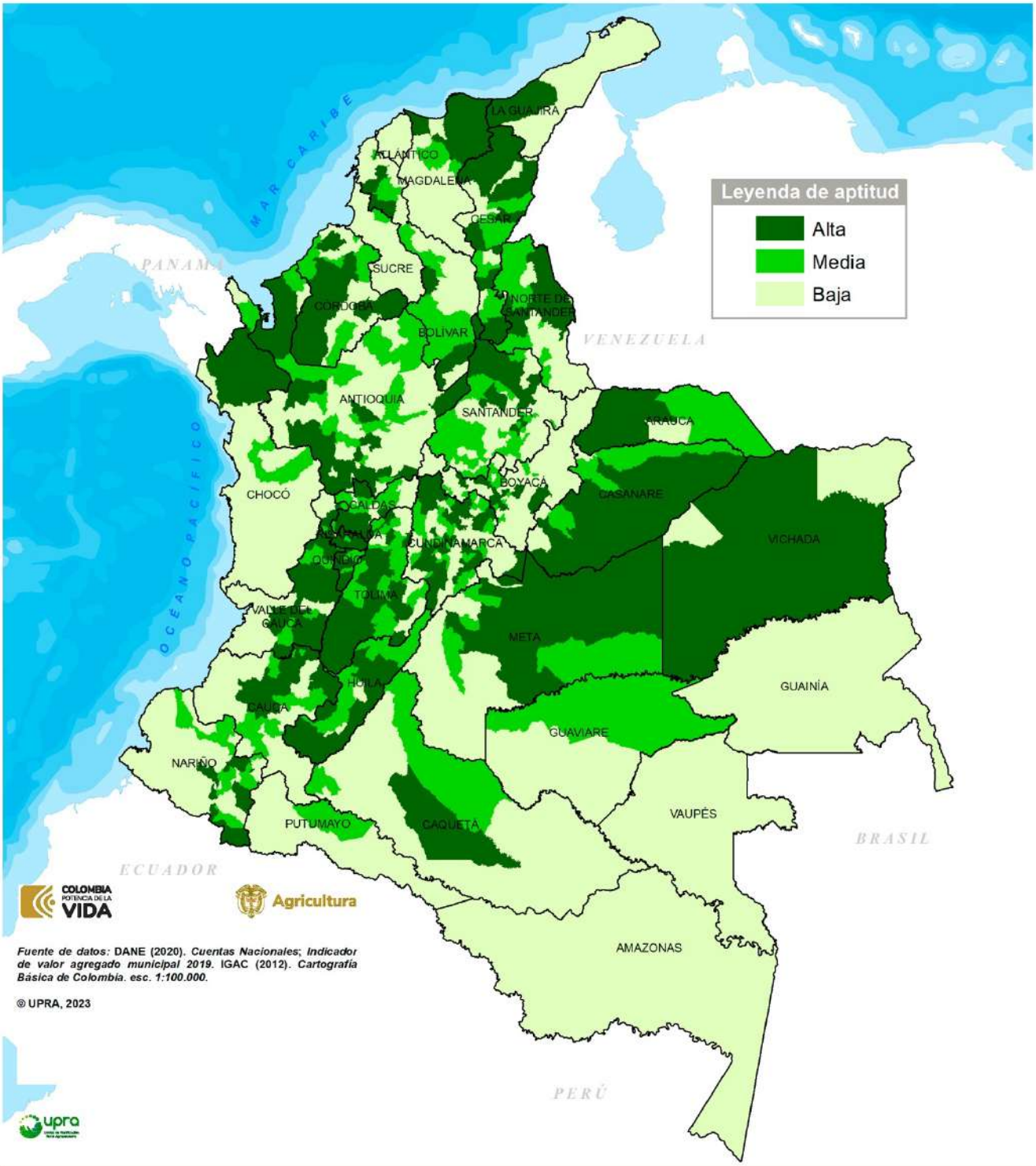
Miles de millones de pesos.

Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2021). *Cuentas nacionales: indicador valor agregado municipal actividad agrícola*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *indicadores económicos*
Variable *valor agregado agrícola municipal*

3.6 Criterio *seguridad ciudadana*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio: *seguridad ciudadana*		
Tipo de criterio	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Hurtos rurales, expresados en tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes.

Extorsiones rurales, expresados en tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes.

Secuestros rurales, expresados en tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes.

Homicidios rurales, expresados en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes.

Definición

Mide la ausencia no sólo de peligros o afectaciones a la integridad física, sino también de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas. La seguridad ciudadana produce un efecto de confianza, entendida como ausencia de peligro y daños a la vida y a la integridad física y psicológica y a la pérdida parcial o total de la libertad y del patrimonio de un individuo o de un grupo poblacional, determinada por situaciones adversas originadas por las personas.

Importancia del criterio

Refleja la información sobre los 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 las condiciones de seguridad adversas en el área rural han sido limitantes para la inversión en proyectos productivos, una caracterización de la seguridad ciudadana municipal representa particular importancia para orientar a los inversionistas privados y las políticas públicas del sector agropecuario. En las zonas donde han existido fenómenos delictivos de manera reiterada, se ven afectadas la productividad, la seguridad y la integridad física, psicológica, vida, honra y bienes de las poblaciones asentadas, quienes soportan acciones ligadas al secuestro, extorsiones, hurtos y homicidios, entre otras. Estas acciones delictivas generan un ambiente de desconfianza y ausencia de inversión en proyectos productivos que mejorarían la calidad de vida, el empleo y las oportunidades de los pobladores rurales. Como consecuencia, cuanto más frecuente se presenten estos flagelos, tanto menor será la aptitud de la zona.

Limitantes de la evaluación del criterio

En las bases de datos entregadas por la Policía Nacional de Colombia, para los delitos de secuestro, extorsión, hurtos y homicidios rurales se encontraron algunos municipios sin información.

Valor de restricción o ango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de cada una de las variables, ninguna presentó límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Metodología de procesamiento de la información

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process) condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Hurtos rurales*	*Extorsiones rurales*	*Secuestros rurales*	*Homicidios rurales*
Seguridad ciudadana	*Hurtos rurales*	1			
	Extorsiones rurales	1/3	1		
	Secuestros rurales	1/3	1/3	1	
	Homicidios rurales	1/5	1/5	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo cuenta la valoración entre pares de variables, como se muestra a continuación:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se registra en la tabla de abajo:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Seguridad ciudadana	*Hurtos rurales*	49,9
	Extorsiones rurales	28,8
	Secuestros rurales	14,7
	Homicidios rurales	6,6
Total de la ponderación		**100,0**

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consistió en asignar un peso o valor en las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) para el criterio, como se puede observar en la tabla siguiente:

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤6,464	>6,464
Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,1852	>0,1852
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,0564	>0,0564
Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,5652	>0,5652

Fuentes de información

Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. Organización de los Estados Americanos (OEA). https://n9.cl/tn8bg

Congreso de la República de Colombia (2000). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44097. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2004). *Ley 906 de 2004, por la cual se expide el Código de Procedimiento Penal*. Diario Oficial 45.658. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2018). *Ley 1944 de 2018, por medio del cual se modifica la Ley 599 de 2000 y se crean los tipos penales de abigeato y abigeato agravado*. Diario Oficial 50.820. Congreso de la República de Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018: población centro poblado y rural disperso*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2014). *Comportamiento del homicidio, Colombia, 2013*. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). https://n9.cl/qivwkx

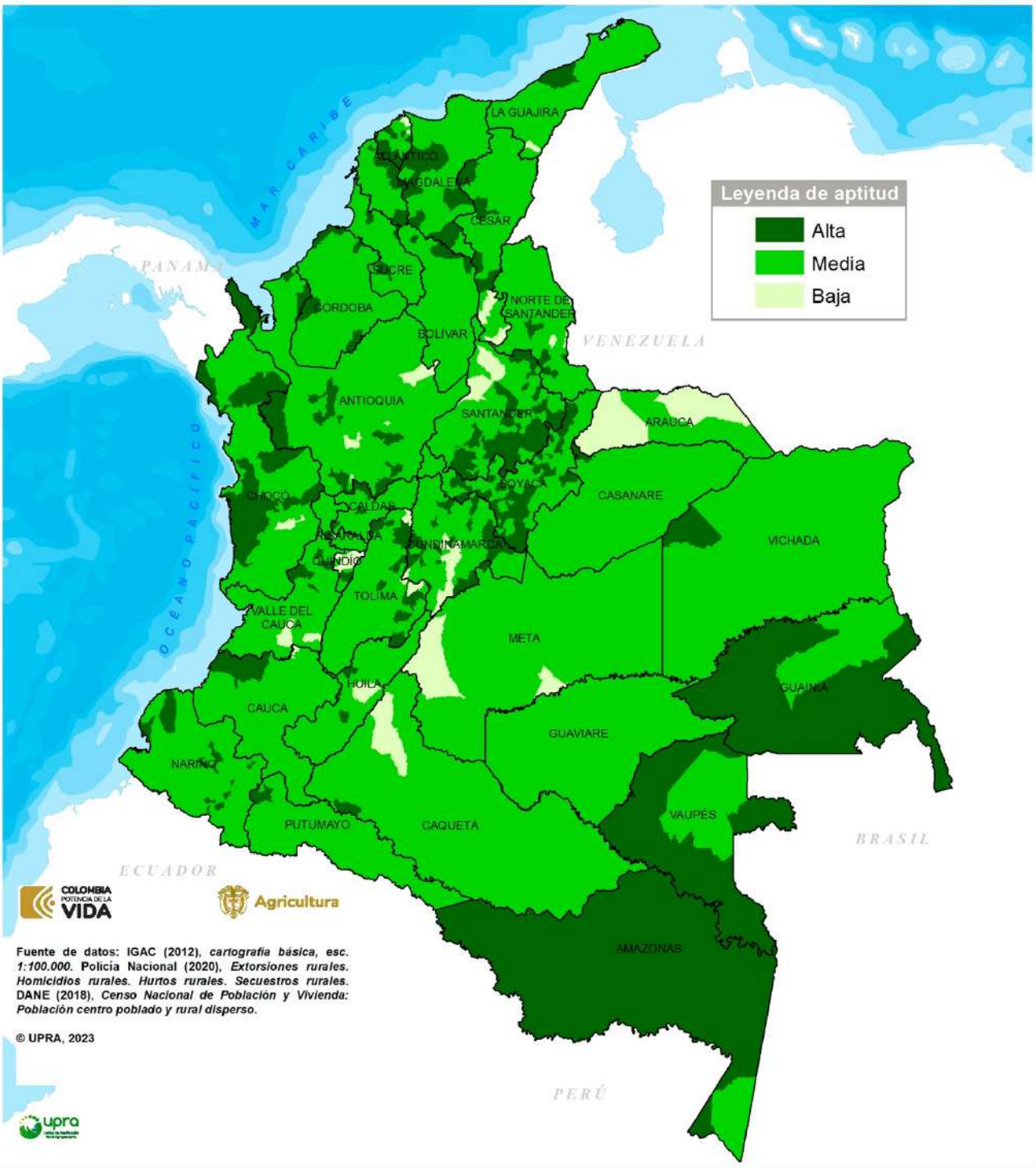
Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2018). *Homicidio: Colombia 2018*. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). https://n9.cl/b7x65

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En Le Cam, L.M. & Neyman, J. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: statistics* (pp. 281-297). Statistical Laboratory of the University of California. https://n9.cl/84in9x

Policía Nacional de Colombia (2020). *Estadística delictiva*. Policía Nacional de Colombia, Grupo Información de Criminalidad (GICRI), DIJIN. www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *seguridad ciudadana*

3.6.1 Variable *hurtos rurales*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *seguridad ciudadana*		
Variable: *hurtos rurales*	Unidad de medida: tasa de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Consiste en apoderarse de una cosa mueble ajena con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. Se estima que existe *hurto calificado* en la medida en que se realice con violencia sobre las cosas; dejando la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad; o aprovechándose de estas condiciones. Es *hurto rural* si se comete a través de la penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en un lugar habitado o en las dependencias inmediatas, aunque no se encuentren los moradores; o con escalamiento, con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar; o al violar o superar la seguridad electrónica o 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, como el hurto a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores. Por tal razón, la variable merece especial importancia, puesto que indica la vulnerabilidad o posible riesgo de los bienes muebles tanto de los pobladores como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de hurto, lo cual atenta tanto contra la seguridad como contra la integridad de los bienes muebles de la población y las dinámicas productivas establecidas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 *hurto rural* se encuentran municipios sin registros. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro 0, de modo que se clasificaron en el rango de *aptitud alta* (A1).

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se analizó el número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en zonas rurales ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional de Colombia.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La construcción de esta variable se inició al relativizar la información del número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en zonas rurales respecto a la población rural de cada municipio. Para este objetivo, se construyó el índice de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes rurales a partir de las series históricas del número de hurtos registrados en la zona rural para el período 2016-2020 remitidas por la Policía Nacional de Caolombia), luego de lo cual se realizó la sumatoria de los cinco años. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2020), de los microdatos del *Censo nacional de población y vivienda (CNPV), 2018* se tomó la población por municipio proyectada para el año 2020, la cual se encuentra discriminada entre cabecera y resto; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado *resto*, asociándola a la población rural para este año. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de hurtos rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1.000 habitantes.

Clasificación por aptitud

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice de hurtos por cada 1.000 habitantes que combina la información para los cinco años de la serie, se dividió la serie en dos grupos: uno con los municipios que no registraron hurtos; otro con los municipios que tenían uno o más casos de hurtos registrados. A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, se les asignó la categoría de *aptitud alta* (A1) para la presente zonificación de aptitud; 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 *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j)$ es mayor a $d(i, k)$ significa que el objeto i es más parecido a k que a j. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación). Así pues, al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de *aptitud media* (A2) al grupo de municipios con el menor número de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes rurales; y al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de *aptitud baja* (A3). Los rangos de aptitud identificados fueron los siguientes: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios donde no se hubo reportado el delito (0); con *aptitud media* (A2), los municipios del resultado del primer clúster, donde se habían reportado hasta 6,464 casos de hurto rural por cada 1.000 habitantes; y con *aptitud baja* (A3), los municipios del resultado del segundo clúster, donde se habían reportado más de 6,464 casos de hurto rural por cada 1.000 habitantes.

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), como se muestra a continuación:

Tasa de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤6,464	Media (A2)
>6,464	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de hurtos rurales por cada 1.000 habitantes.

Fuentes de información

Congreso de la República de Colombia (2000). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44097. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2004). *Ley 906 de 2004, por la cual se expide el Código de Procedimiento Penal*. Diario Oficial 45.658. Congreso de la República de Colombia.

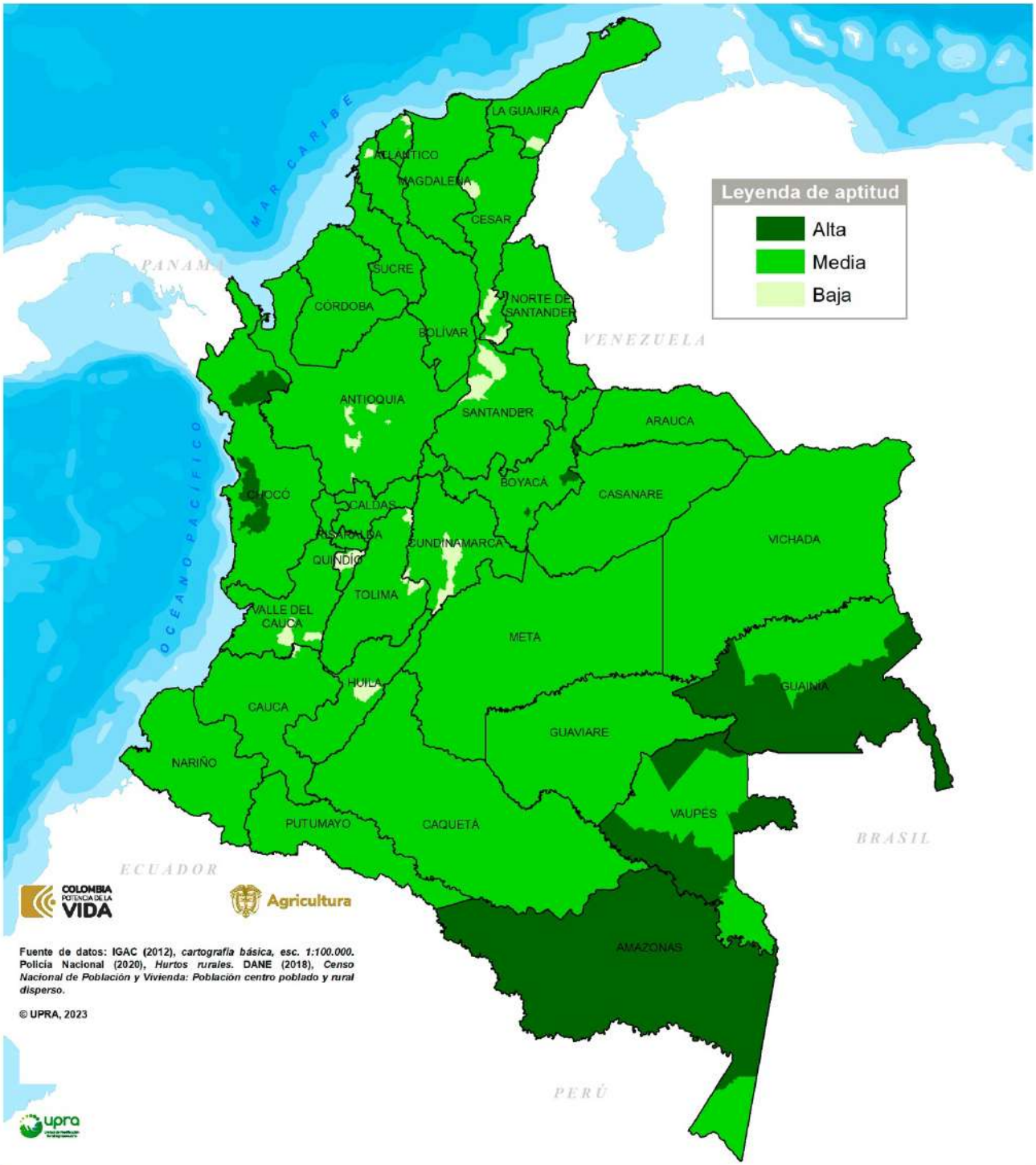
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018: población centro poblado y rural disperso*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En Le Cam, L.M. & Neyman, J. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: statistics* (pp. 281-297). Statistical Laboratory of the University of California. https://n9.cl/84in9x0

Policía Nacional de Colombia (2020). *Estadística delictiva*. Bogotá, Colombia: Policía Nacional de Colombia, Grupo Información de Criminalidad (GICRI), DIJIN. Recuperado de www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva

Representación cartográfica de la variable



Criterio *seguridad ciudadana*
Variable *hurtos rurales*

3.6.2 Variable *extorsiones rurales*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *seguridad ciudadana*		
Variable: *extorsiones rurales*	Unidad de medida: tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes	
Tipo de criterio	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de la violencia o la intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio patrimonial. La persona que realiza estas actividades delictivas está definida en el Código Penal como «quien constriñe a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho o cualquier utilidad o beneficio ilícito, para sí o para un tercero».

Importancia de la variable

Muestra la ocurrencia de la actividad extorsiva en un periodo de tiempo específico en los municipios colombianos. De ahí su importancia, ya constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores para tratar de proyectar el comportamiento del delito a nivel municipal. Contribuye a la formulación de lineamientos de políticas desde el sector productor o a 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 *extorsiones rurales* no contó con registros para algunos municipios. Por lo tanto, bajo el principio de precaución, estos municipios se asimilaron al registro 0 y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se analizó el número de extorsiones ocurridas en las zonas rurales de cada municipio a partir de los registros otorgados por la Policía Nacional de Colombia.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La construcción de esta variable se inició al relativizar la información del número de extorsiones en zonas rurales respecto a la población rural de cada municipio. Para este objetivo, se calculó el índice de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes rurales realizando la sumatoria de cinco años a partir de las series históricas del número de extorsiones registradas en las zonas rurales para el período 2016-2020. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los microdatos del *Censo nacional de población y vivienda (CNPV), 2018* se tomó la población por municipio proyectada para el año 2020, la cual se encontró discriminada entre *cabecera y resto*; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado *resto*, asociándola a la población rural para este año. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de extorsiones rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1.000 habitantes.

Clasificación por aptitud

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice, se dividió la serie en dos grupos: el primero, con los municipios que no registraron extorsiones; y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de extorsiones registrados durante este período de análisis. A continuación, al primer grupo de municipios se les asignó *aptitud alta* (A1); y, 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 *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j)$ es mayor a $d(i, k)$ significa que el objeto i es más parecido a k que a j. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación). Así pues, al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de *aptitud media* (A2) al grupo de municipios con el menor número de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes rurales; al grupo restante, con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó el rango de *aptitud baja* (A3). Los rangos de aptitud se establecieron de la siguiente manera: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios donde no se hubo reportado el delito (0); con *aptitud media* (A2), los municipios del resultado del primer clúster, donde se habían reportado hasta 0,1852 casos de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes rurales, y con *aptitud baja* (A3), los municipios del resultado del segundo clúster, donde se habían reportado más de 0,1852 casos de extorsiones rurales por cada 1.000 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), como se muestra en al siguiente tabla:

Tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤0,1852	Media (A2)
>0,1852	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes.

Fuentes de información

Congreso de la República de Colombia (2004). *Ley 906 de 2004, por la cual se expide el Código de Procedimiento Penal*. Diario Oficial 45.658. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2000). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44097. Congreso de la República de Colombia.

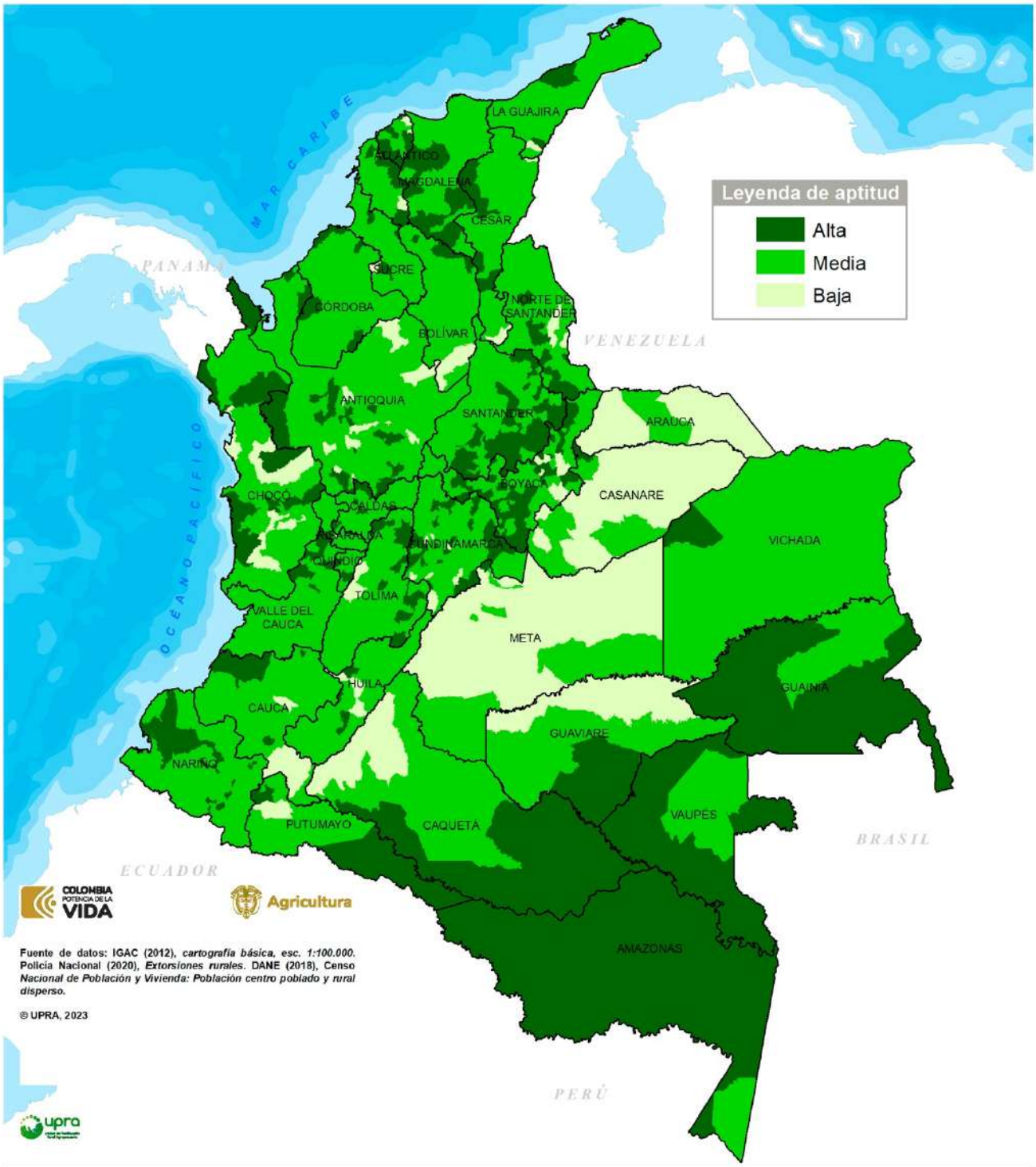
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En Le Cam, L.M. & Neyman, J. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: statistics* (pp. 281-297). Statistical Laboratory of the University of California. https://n9.cl/84in9x

Policía Nacional de Colombia (2020). *Estadística delictiva*. Policía Nacional de Colombia, Grupo Información de Criminalidad (GICRI), DIJIN. www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *seguridad ciudadana*
Variable *extorsiones rurales*

3.6.3 Variable *secuestros rurales*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *seguridad ciudadana*		
Variable: *secuestros rurales*	Unidad de medida: tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Consiste en detener ilegalmente a una o más personas contra su voluntad empleando la fuerza, las amenazas, el engaño o 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). Esta práctica delictiva y recurrente tiene como finalidad no sólo obtener un provecho económico, sino también conducir a un grupo o a una persona a ejecutar actos para beneficio del delincuente, por lo que se considera *secuestro* cuando, con fines lucrativos, se retiene a una persona o, simplemente, se le impide su movilización.

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, por ejemplo, el secuestro. Por esta razón, la variable merece especial importancia, dado 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, 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 contaron con registros para algunos municipios. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro 0 y se clasificaron en el rango de *aptitud alta* (A1).

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se analizó el número de secuestros en zonas rurales ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional de Colombia.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La construcción de esta variable se inició al relativizar la información del número de secuestros en zonas rurales respecto a la población rural de cada municipio. Para este objetivo, se calculó el índice de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes rurales a partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2016-2020 y se realizó la sumatoria de los cinco años. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los microdatos del *Censo nacional de población y vivienda (CNPV)*, 2018, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2020, la cual se encuentra discriminada entre *cabecera y resto*; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado *resto*, asociándola a la población rural para este año. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de secuestros rurales sobre el número promedio de habitantes en zonas rurales y se proyectó como índice por cada 1.000 habitantes.

Clasificación por aptitud

Para clasificar la variable, luego de la construcción del índice se dividió la serie en dos grupos: el primero, con los municipios que no registraron secuestros; y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de secuestros registrados. A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados se les asignó la categoría *aptitud alta* (A1) para la presente zonificación de aptitud; 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 *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j)$ es mayor a $d(i, k)$ significa que el objeto i es más parecido a k que a j. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento y para los municipios que durante el período analizado tuvieron en promedio uno o más delitos.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación). Así pues, al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de *aptitud media* (A2) al grupo de municipios con el menor número de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes rurales; y al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes se le asignó un rango de *aptitud baja* (A3). Los rangos de aptitud fueron los siguientes: se calificaron con *aptitud alta* (A1) a los municipios donde no se hubo reportado el delito (0); con *aptitud media* (A2), los municipios del resultado del primer clúster, donde se habían reportado hasta 0,0564 casos de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes rurales; y con *aptitud baja* (A3), los municipios del resultado del segundo clúster, donde se habían reportado más de 0,0564 casos de secuestros rurales por cada 1.000 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), como se muestra a continuación:

Tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤0,0564	Media (A2)
>0,0564	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes.

Fuentes de información

Congreso de la República de Colombia (2000). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44097. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2005). *Ley 986 de 2005, por medio de la cual se adoptan medidas de protección a las víctimas del secuestro y sus familias, y se dictan otras disposiciones*. Congreso de la República de Colombia. Diario Oficial 46.015.

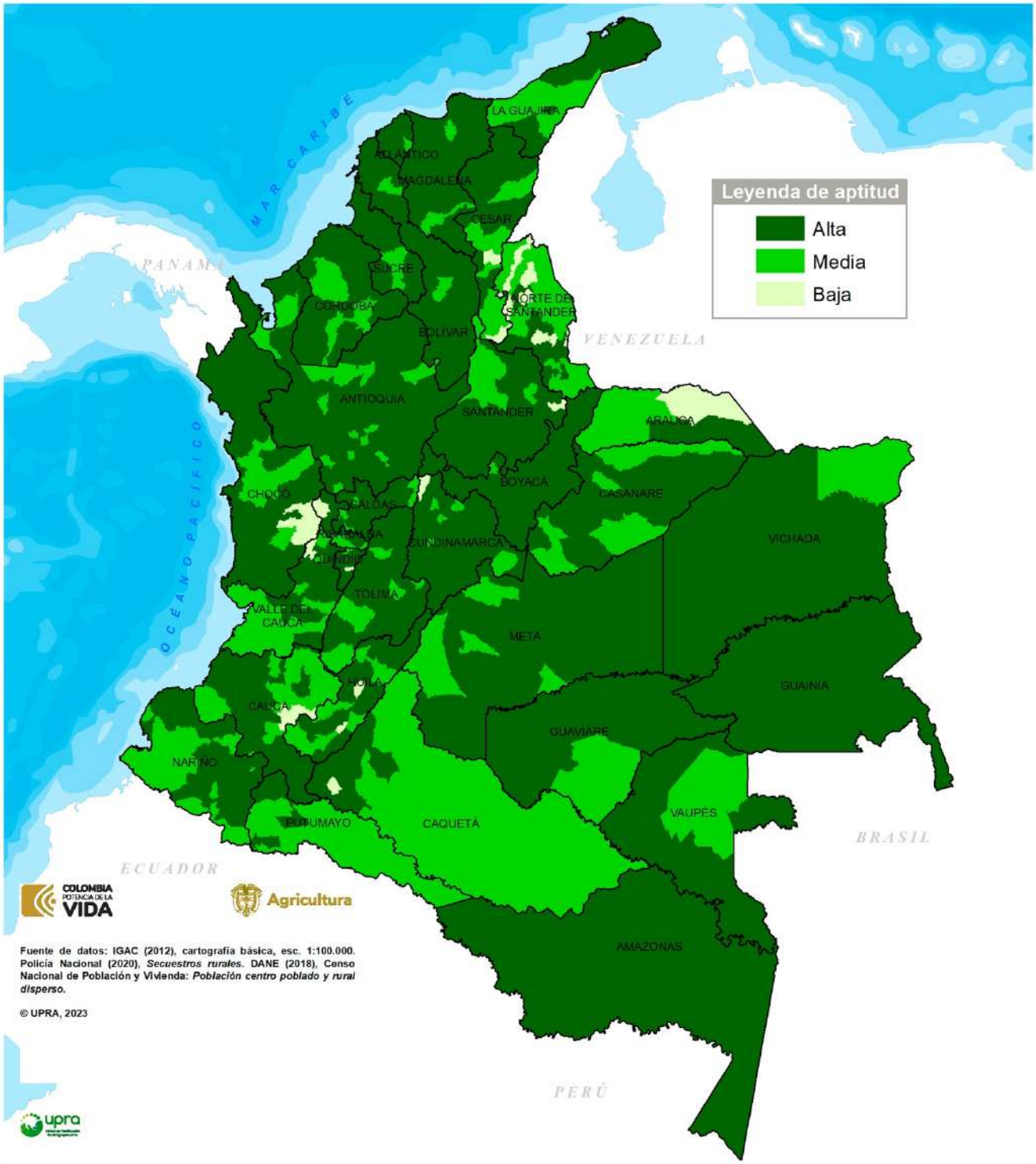
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018: población centro poblado y rural disperso*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En Le Cam, L.M. & Neyman, J. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: statistics* (pp. 281-297). Statistical Laboratory of the University of California. https://n9.cl/84in9x

Policía Nacional de Colombia (2020). *Estadística delictiva*. Policía Nacional de Colombia, Grupo Información de Criminalidad (GICRI), DIJIN. www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva

Representación cartográfica de la variable



Criterio *seguridad ciudadana*
Variable *secuestros rurales*

3.6.4 Variable *homicidios rurales*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *seguridad ciudadana*		
Variable: *homicidios rurales*	Unidad de medida: tasa de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Se relaciona con la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término *homicidio* puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. El homicidio se define como la «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)». El homicidio, además de un hecho violento, es un delito que se tipifica en el Código Penal (Ley 599 de 2000) a partir de tres elementos característicos o paradigmas: tipicidad, antijuridicidad y culpabilidad. Existen dos categorías que permiten identificar este delito en cuanto a la conducta punible del agresor: el dolo y la culpa (INMLCF, 2013).

Importancia de la variable

Muestra la ocurrencia de esta actividad violenta en un periodo de tiempo específico en los municipios colombianos. De ahí su importancia, ya que constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversionistas para tratar de proyectar el comportamiento de delito a nivel municipal. Contribuye a la formulación de lineamientos de políticas desde el sector productivo de la granadilla o a tomar las medidas de mitigación respectivas desde los productores o posibles inversionistas.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 contaron con registros para algunos municipios, los cuales, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro 0 y se clasificaron en el rango de *aptitud alta* (A1).

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

Se analizó el número de homicidios en zonas rurales ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional de Colombia.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La construcción de esta variable se inició al relativizar la información del número de homicidios en zonas rurales respecto a la población rural de cada municipio. Para este objetivo, se calculó el índice de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes rurales a partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zonas rurales para el período 2016-2020 y se realizó la sumatoria de los cinco años. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los microdatos del *Censo nacional de población y vivienda (CNPV)*, 2018, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2020, la cual se encuentra discriminada entre *cabecera y resto*; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado *resto*, asociándola a la población rural para este año. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de homicidios rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1.000 habitantes.

Clasificación por aptitud

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice de homicidios por cada 1.000 habitantes, se dividió la serie en dos grupos: el primero, con los municipios que no registraron homicidios; el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de homicidios registrados. A continuación, al primer grupo de municipios se les asignó *aptitud alta* (A1) para la presente zonificación de aptitud; 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 *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j)$ es mayor a $d(i, k)$ significa que el objeto i es más parecido a k que a j. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y la supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento para los municipios que durante el período analizado tenían en promedio uno o más delitos

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los dos posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; o por criterios internos generados a partir de los propios datos, como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre cada clúster (cohesión y separación). Así pues, al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de *aptitud media* (A2) al grupo de municipios con el menor número de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes rurales; al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de *aptitud baja* (A3). Los rangos de aptitud fueron los siguientes: se calificaron con *aptitud alta* (A1) los municipios donde no se hubo reportado el delito (0); con *aptitud media* (A2), los municipios del resultado del primer clúster, donde se habían reportado hasta 0,5652 casos de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes rurales; y con *aptitud baja* (A3), los municipios del resultado del segundo clúster, donde se habían reportado más de 0,5652 casos de homicidios rurales por cada 1.000 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), como se muestra a continuación:

Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤0,5652	Media (A2)
>0,5652	Baja (A3)

Unidad de análisis

Tasa de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes.

Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo nacional de población y vivienda 2018: población centro poblado y rural disperso*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2014). *Comportamiento del homicidio, Colombia, 2013*. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). https://n9.cl/qivwkx

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2018). *Homicidio: Colombia 2018*. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). https://n9.cl/b7x65

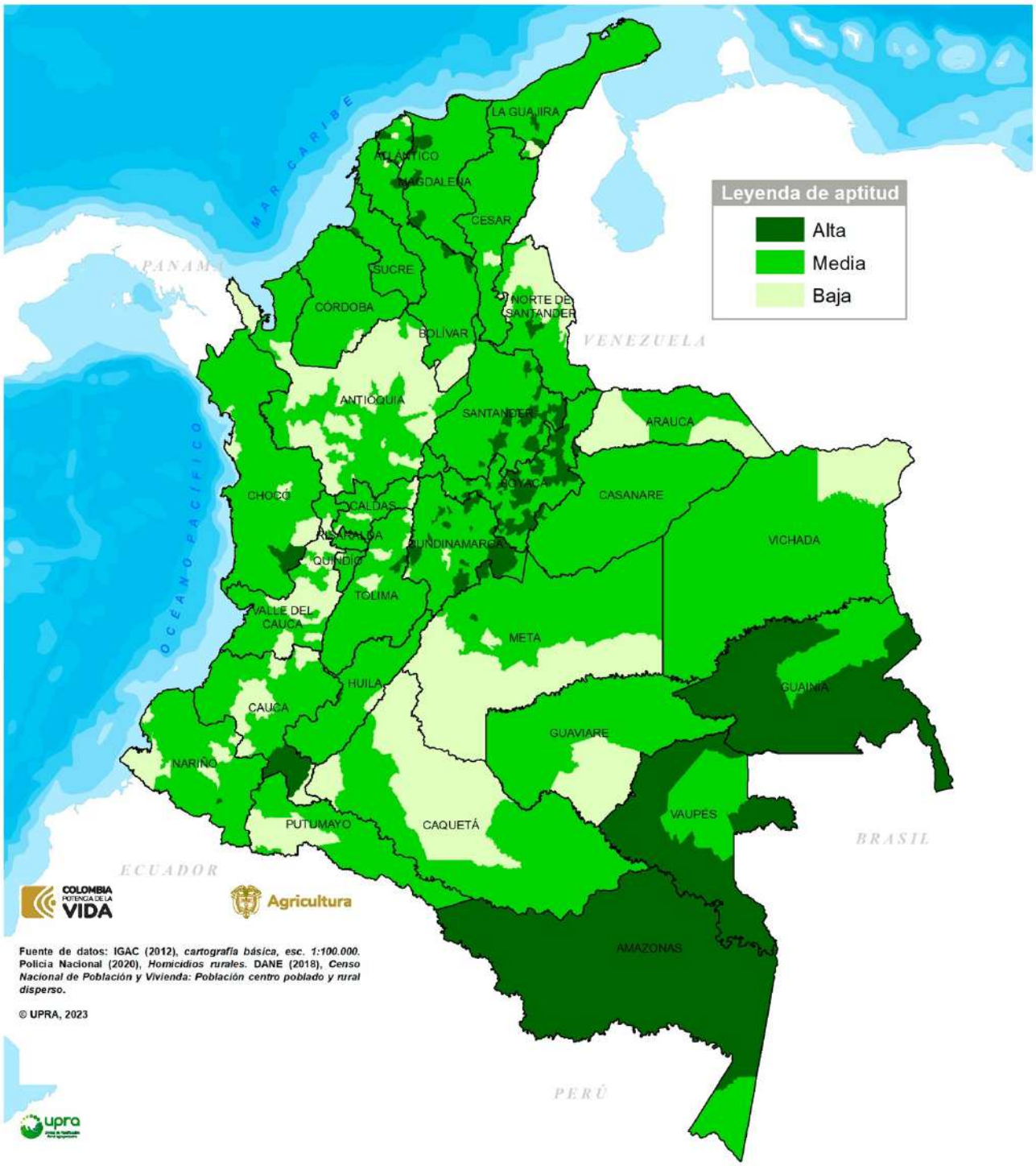
Congreso de la República de Colombia (2000). *Ley 599 de 2000, por la cual se expide el Código Penal*. Diario Oficial 44097. Congreso de la República de Colombia.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. En Le Cam, L.M. & Neyman, J. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: statistics* (pp. 281-297). Statistical Laboratory of the University of California. https://n9.cl/84in9x

Policía Nacional de Colombia (2020). *Estadística delictiva*. Policía Nacional de Colombia, Grupo Información de Criminalidad (GICRI), DIJIN. www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *seguridad ciudadana*
Variable *homicidios rurales*

3.7 Criterio *condiciones de vida*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio: *condiciones de vida*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Trabajo, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)

Salud, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)

Condiciones de la niñez y la juventud, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)

Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)

Condiciones educativas del hogar, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)

Definición

Mide el grado de privación de los hogares rurales en un conjunto de dimensiones medidas a partir de indicadores municipales. Permite determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad. Este índice ayuda a observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria (DNP, 2011). Se considera que el hogar evaluado se halla en pobreza multidimensional si presenta privaciones en al menos el 33 % de las diez variables que lo miden.

Importancia del criterio

Muestra las capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo y la probabilidad de los productores de acceder a certificaciones de buenas prácticas. Los municipios con menos hogares en situación de privación en cada variable cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas, por lo que requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades productivas y acceder a certificaciones que les otorguen mayor competitividad. La calidad de vida de la población rural influye poderosamente en el desarrollo de sus capacidades y en la posibilidad de integrarse a un proceso productivo. Los municipios con menos hogares en situación de privación en cada una de las dimensiones analizadas cuentan con poblaciones más aptas para participar funcionalmente en las dinámicas productivas y por tanto requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

La cantidad de hogares en situación de privación multidimensional es inversa a la aptitud del municipio. Los municipios con mayores niveles de hogares en situación de privación multidimensional, como condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y de la juventud, salud, trabajo, acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda, reflejan una menor competitividad socioeconómica para la ubicación de nuevos procesos productivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

No se evaluó la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión con fuente censal 2018. Esta estimación aproximada utilizó fuentes instrumentales para dos de los quince indicadores utilizados. Concretamente, en el indicador *empleo informal*, se utilizó la información del registro de la planilla integrada de liquidación de aportes (PILA), dado que el Censo nacional de población y vivienda 2018 no contó con la información de afiliación a pensiones. Para el indicador *sin aseguramiento en salud* se utilizó la información de registros administrativos de la base unida de afiliados y la declaración de exportación (DEX) para entidades del régimen de excepción y especial.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentó ningún límite que permita calificar una zona como no apta (N1).

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que permitió avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las necesidades básicas insatisfechas (NBI). Este insumo se aproximó al estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones por medio de comparaciones entre los municipios. La principal virtud de esta información en el contexto de la zonificación es que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una se encuentra en el CONPES 150 del 28 de mayo de 2012, donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida* (ECV), para pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria).

Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018 es posible estimar las desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En ese sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE.

En los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal. Los quince indicadores utilizados en la estimación de las variables del criterio son: *bajo logro educativo*, *analfabetismo*, *inasistencia escolar*, *rezago escolar*, *barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia*, *trabajo infantil*, *tasa de dependencia económica*, *empleo informal*, *sin aseguramiento en salud*, *barreras de acceso a servicio de salud*, *sin acceso a fuente de agua mejorada*, *inadecuada eliminación de excretas*, *pisos inadecuados*, *paredes exteriores inadecuadas* y *hacinamiento crítico*.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se separó la información de privaciones a nivel municipal y se seleccionó lo referente al área de centros poblados y rural disperso. Se agruparon los indicadores por las cinco dimensiones a las que pertenecen y se calcularon los agrupamientos multivariados entre los indicadores de cada dimensión de análisis en cada variable que pertenece al criterio.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process) condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables,de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	*Trabajo*	*Salud*	*Condiciones de la niñez y la juventud*	*Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos*	*Condiciones educativas del hogar*
Condiciones de vida	*Trabajo*	1				
	Salud	1/3	1			
	Condiciones de la niñez y de la juventud	1/3	1/3	1		
	Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	1/5	1/3	1/3	1	
	Condiciones educativas del hogar	1/5	1/5	1/5	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tuvo cuenta la valoración entre pares de variables, como se puede contemplar en la siguiente tabla:

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			

Haciendo uso del programa PriEsT (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio de acuerdo con la calificación de los municipios y con las categorías de aptitud, para cada una de las cuales se asignó el valor de alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se expone a continuación:

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Condiciones de vida	*Trabajo*	44,3
	Salud	25,8
	Condiciones de la niñez y de la juventud	16,6
	Condiciones de vivienda y acceso a servicios púbicos	8,7
	Condiciones educativas del hogar	4,6
Total de la ponderación		**100,0**

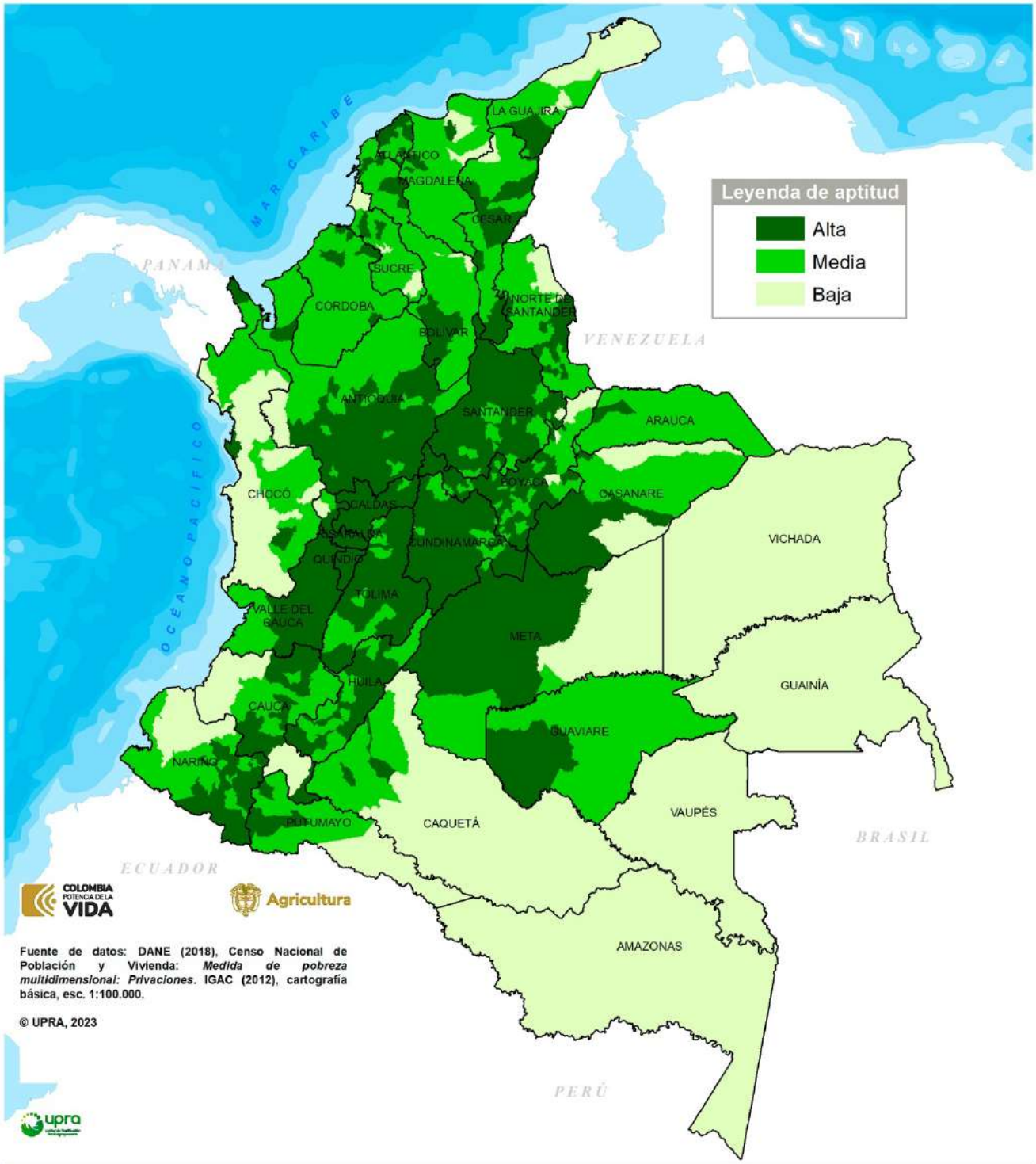
Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *condiciones de vida*

3.7.1 Variable *trabajo*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *condiciones de vida*		
Variable: *trabajo*	Unidad de medida: porcentaje de hogares con privaciones	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *trabajo informal* y *tasa de dependencia*. El indicador *empleo informal* considera *privado* un hogar cuando al menos una persona económicamente activa está ocupada y no cotiza en el fondo de pensiones; mientras que el indicador *tasa de dependencia* considera *privado* un hogar cuando el número de personas por miembro ocupado es igual o mayor a 3.

Importancia de la variable

Permite identificar los territorios cuya incidencia de privaciones en aspectos relacionados con el trabajo de los hogares es menos generalizada. Se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades que le permiten aportar a un proceso productivo. Los 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, de modo que requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con ello, se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad. Los municipios con mayores porcentajes de hogares en situación de privación en relación con el trabajo condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

Valor de restricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Los indicadores de privación en el trabajo se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, lo cual limita el análisis tanto en términos individuales como en número total de privaciones en el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores *empleo informal* y *tasa de dependencia* para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reportó información sin un orden específico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto nivel de privación por empleo informal corresponden a municipios con altos niveles de privación por tasa de dependencia.

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para estimar cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para la pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida (ECV)*, para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y a 23 departamentos (pobreza monetaria).

Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, es posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En ese sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE. En los ejercicios de zonificación, no se usó la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La información se presentó consistente al estar expresada en valores que oscilaron entre 61,4 y 100 % para *empleo informal*; y entre el 13,3 y el 97,7 % para *tasa de dependencia*, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento. Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encuentra 1,5 veces el por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente 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 presentó más del 5 % de datos atípicos. se decidió utilizar el método *k*-medias. El resultado fue el método multivariado de *k*-medias.

Clasificación por aptitud

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, en este caso, las privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los tres posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio. La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; por criterios internos, los generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describió cada agrupamiento a partir de los centroides otorgados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje de hogares con privaciones, como se muestra a continuación:

Aptitud	Trabajo informal	Tasa de dependencia
Alta	85,3	30,3
Media	92,6	45,3
Baja	94,7	69,1

Unidad de análisis

Porcentaje de hogares con privaciones.

Fuentes de información

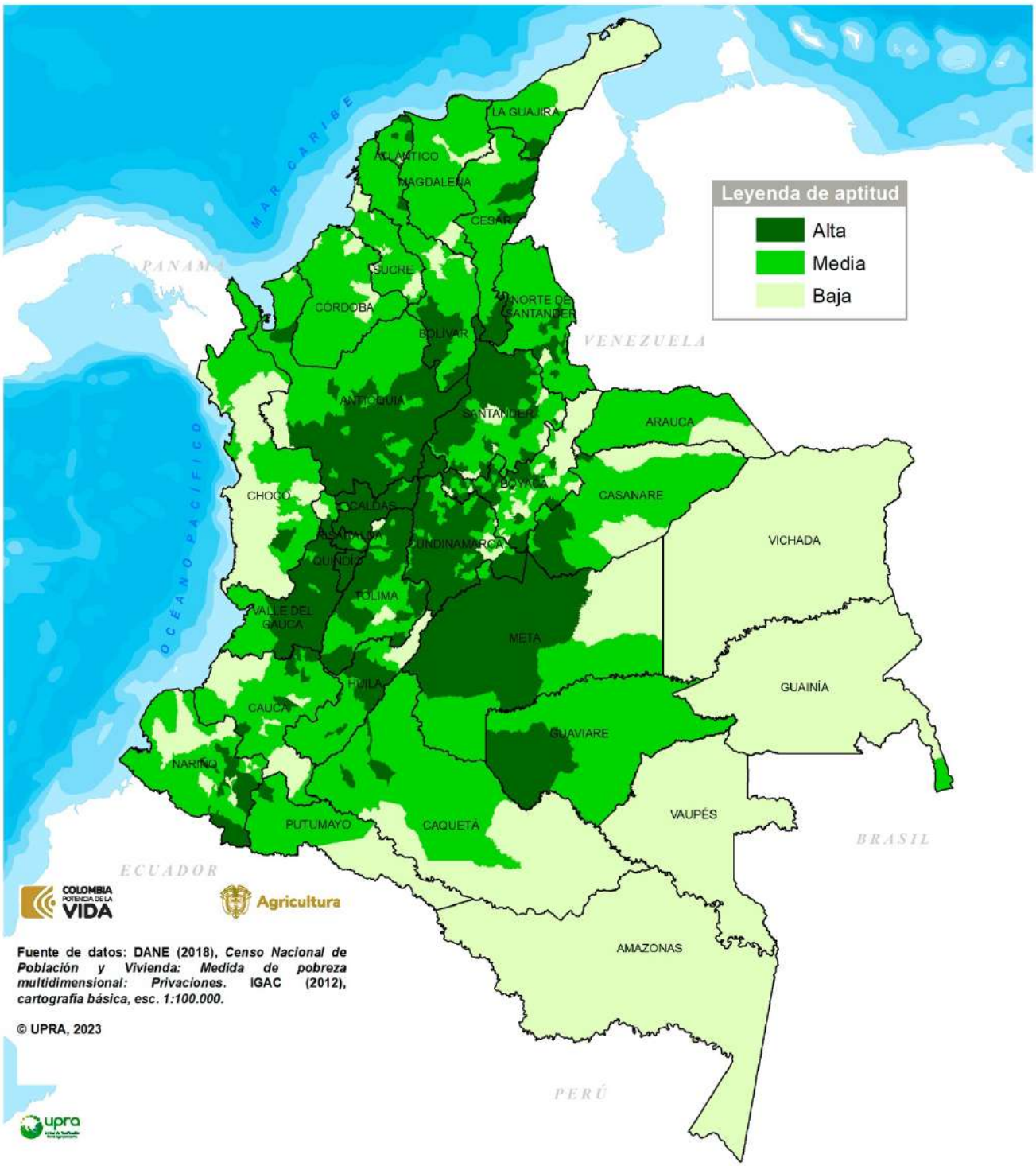
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de vida*
Variable *trabajo*

3.7.2 Variable *salud*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *condiciones de vida*		
Variable: *salud*	Unidad de medida: porcentaje de hogares con privaciones	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *sin aseguramiento en salud* y *barreras de acceso a servicios de salud*. El indicador *sin aseguramiento en salud* considera *privado* un hogar cuando al menos uno de sus integrantes mayor de cinco años no cuenta con aseguramiento a seguridad social en salud; mientras que el indicador *barreras de acceso a servicios de salud* considera *privado* a un hogar cuando al menos una persona que tuvo un problema de salud que no requiere hospitalización no accedió al servicio institucional de salud en los últimos treinta días.

Importancia de la variable

Permite identificar los territorios rurales cuya incidencia de privaciones en cuanto a la salud de los hogares es menos generalizada y se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades para aportar a un proceso productivo. Los municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación de salud, que reflejan mejores tasas de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios, cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas, así que requieren una menor inversión social para potenciarse. Con ello, se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores para incrementar la competitividad. Los municipios con mayores porcentajes 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 estricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Los indicadores de privación en salud se expresaron en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, lo cual limitó el análisis tanto en términos individuales como en número total de privaciones en el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores *aseguramiento en salud* y *barreras de acceso a servicios de salud* para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reportó información sin un orden específico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen una alta privación en aseguramiento en salud corresponden a municipios con altos niveles de barreras de acceso a los servicios de salud

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para estimar cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para la pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida* (ECV), para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permitieron llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y a 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, es posible realizar la desagregación geográfica de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En ese sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE. En los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La información se presentó consistente al estar expresada en valores que oscilaron entre 0,1 y 44,2 % para *barreras de acceso a servicios de salud* y entre 3,4 y 68,7 % para *sin aseguramiento en salud*, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento. Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encuentra 1,5 veces por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos, respectivamente, y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_1 - Q_3$. Dado que se presentó más del 5 % de datos atípicos, se decidió utilizar el método *k*-medias. El resultado fue el método multivariado de *k*-medias.

Clasificación por aptitud

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, en este caso, las privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los tres posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; por criterios internos, los generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describió cada agrupamiento a partir de los centroides otorgados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje de hogares con privaciones, como se expone en la siguiente tabla:

Aptitud	*Barreras de acceso a servicios*	*Sin aseguramiento en salud*
Alta	3,3	12,7
Media	13,5	13,4
Baja	6,6	33,0

Unidad de análisis

Porcentaje de hogares con privaciones.

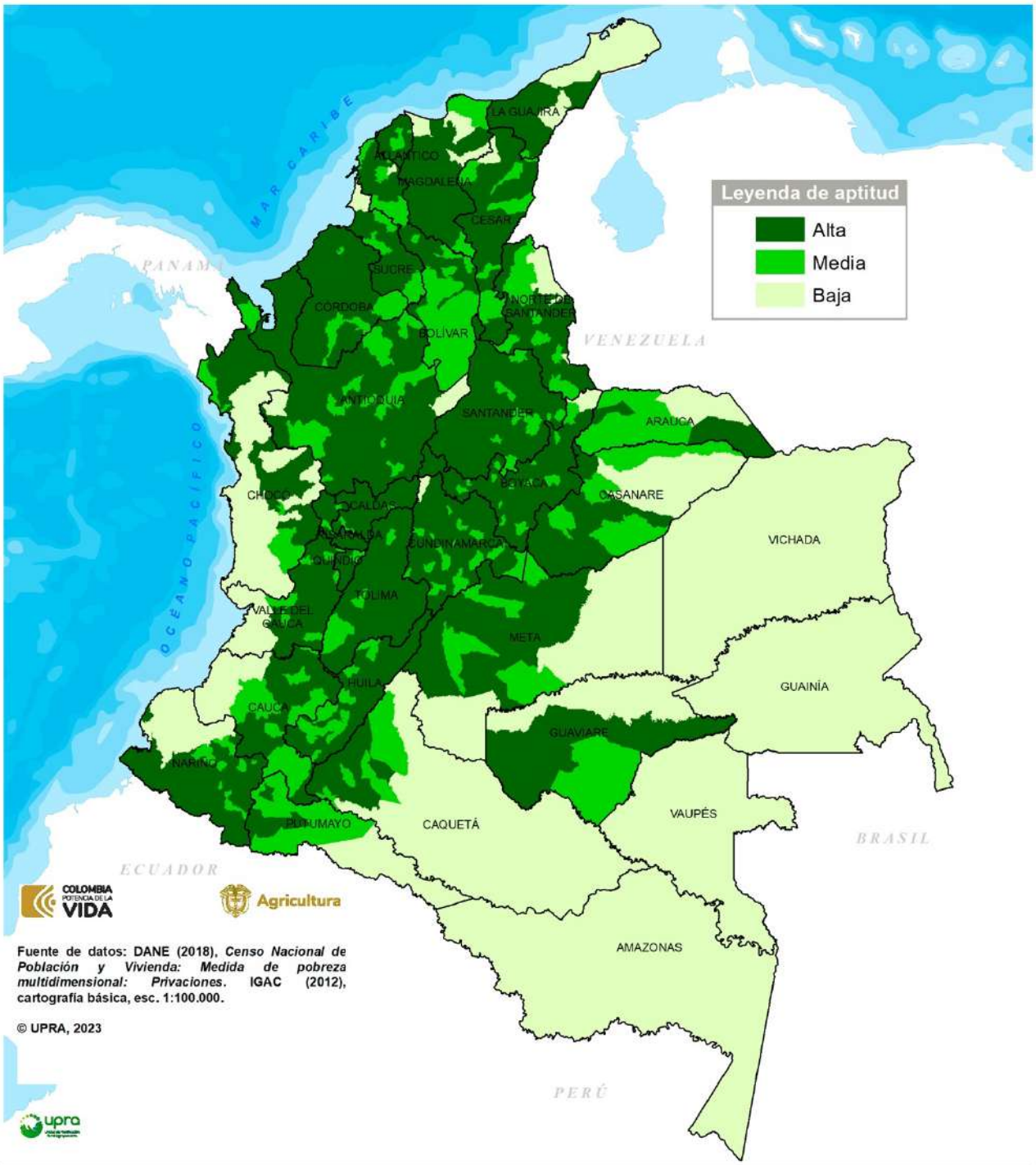
Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de vida*
Variable *salud*

3.7.3 Variable *condiciones de la niñez y de la juventud*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *condiciones de vida*		
Variable: *condiciones de la niñez y de la juventud*	Unidad de medida: porcentaje de hogares con privaciones	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *inasistencia escolar*, *rezago escolar*, *barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia* y *trabajo infantil*. El indicador *inasistencia escolar* considera *privado* un hogar cuando al menos un niño, niña o adolescente entre 6 y 16 años no asiste al colegio. El indicador *rezago escolar* considera *privado* un hogar cuando al menos un niño, niña o adolescente entre 7 y 17 años tiene 2 o 3 años más que el promedio esperando cursar un grado. El indicador *barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia* considera *privado* un hogar cuando al menos un niño no tiene acceso a servicios de salud o pasa la mayor parte del tiempo con su padre o madre en el trabajo, en casa solo o al cuidado de un pariente menor de 18 años. El indicador *trabajo infantil* considera un hogar *privado* cuando al menos un niño, niña o adolescente entre 12 y 17 años está ocupado.

Importancia de la variable

Permite identificar los territorios rurales cuya incidencia de privaciones en cuanto a 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 para aportar a un proceso productivo. Los municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud, es decir, con menores privaciones en inasistencia y rezago escolar, barreras para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil, cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y requieren de una menor inversión social para potenciarse. Con ello, se incrementa el acceso a certificaciones de buenas prácticas de los productores, lo que incrementa la competitividad. Los municipios con mayores porcentajes 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 los territorios.

Valor de estricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 expresaron en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, lo cual limitó el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de *la Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores *inasistencia y rezago escolar*, *barreras para el cuidado de la primera infancia* y *trabajo infantil* para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reportó información sin un orden específico puesto que no necesariamente los municipios con un alto nivel de privaciones por inasistencia escolar corresponden a municipios con altos niveles de rezago escolar.

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para estimar cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para la pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida* (ECV), para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y a 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En este sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE. En los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La información se presentó consistente al estar expresada en valores que oscilaron entre 0,3 y 34,6 % para *barreras de acceso a servicios de cuidado para la primera infancia*; entre 0,1 y 12,7 % para *trabajo infantil*; entre 0,7 y 42,8 % para *inasistencia escolar*; y entre 4,9 y 62,1 % para *rezago escolar*, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento. Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encuentra 1,5 veces por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente 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, el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que hubo más del 5 % de datos atípicos, se utilizó el método *k*-medias. El resultado fue el método multivariado *k*-medias.

Clasificación por aptitud

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, en este caso, las privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los tres posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio. La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; por criterios internos, los generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describió cada agrupamiento a partir de los centroides otorgados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje de hogares con privaciones, como se registra en esta tabla:

Aptitud	Barreras de acceso	Trabajo infantil	Inasistencia escolar	Rezago Escolar
Alta	1,7	1,7	4,2	15,7
Media	3,3	3,2	8,0	26,3
Baja	13	3,5	16,4	42,5

Unidad de análisis

Porcentaje de hogares con privaciones.

Fuentes de información

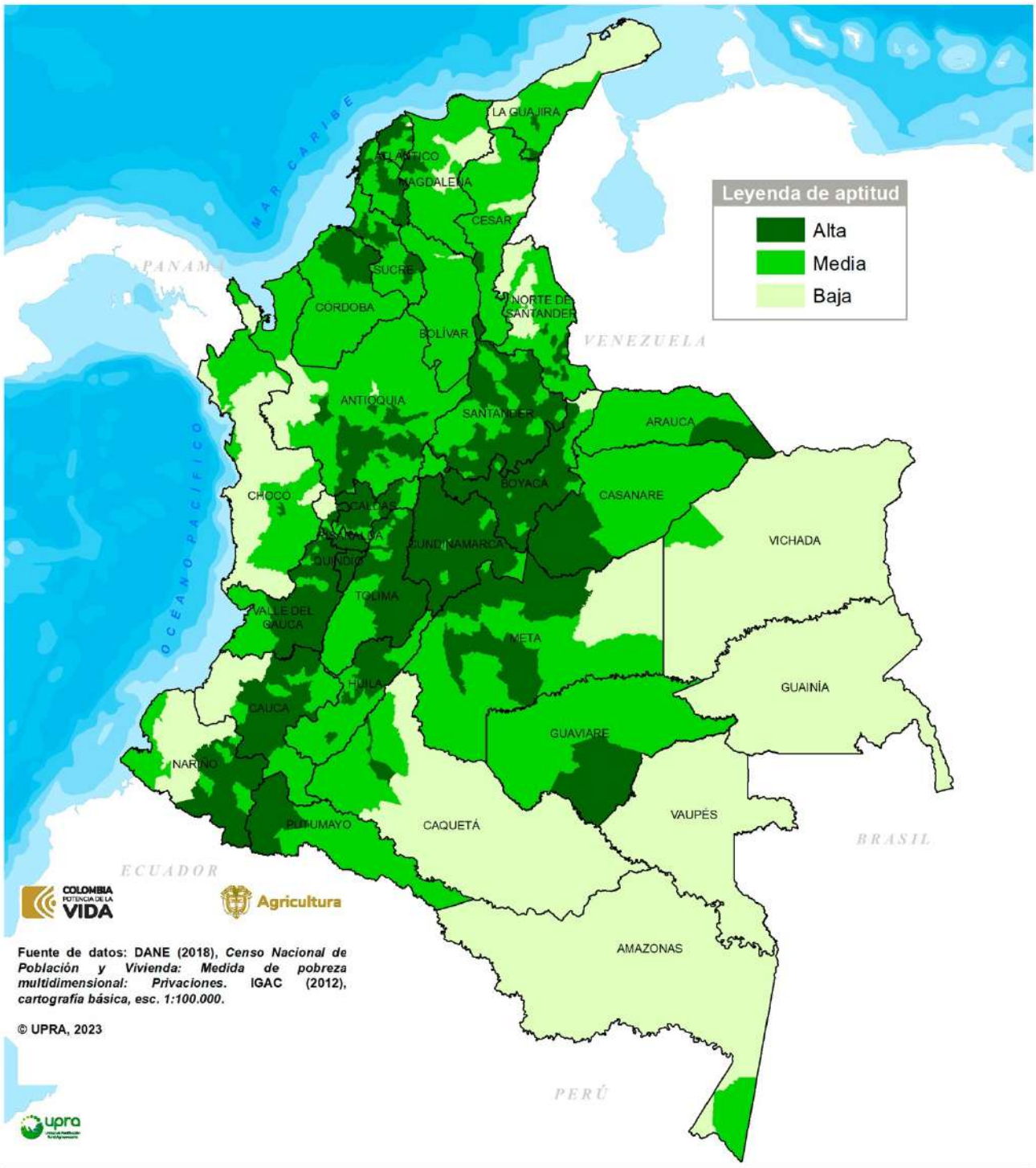
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de vida*
Variable *condiciones de la niñez y de la juventud*

3.7.4 Variable *condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *condiciones de vida*		
Variable: *condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos*	Unidad de medida: porcentaje de hogares con privaciones	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *hacinamiento crítico*, *pisos y paredes exteriores inadecuadas*, *inadecuada eliminación de excretas* y *sin acceso a fuentes de agua mejorada*. El indicador *hacinamiento crítico* considera *privado* un hogar cuando hay más de 3 personas por cuarto en la vivienda. El indicador *paredes exteriores inadecuadas* considera *privado* un hogar si el material es guadua, caña, otro vegetal, zinc, tela, cartón, desechos o no tiene paredes. El indicador *pisos inadecuados* considera *privado* un hogar con pisos en tierra. El indicador *inadecuada eliminación de excretas* considera *privado* un hogar si tiene inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tiene servicio sanitario. El indicador *sin acceso a fuentes de agua mejorada* considera un hogar *privado* cuando obtiene el agua para preparar los alimentos de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carro tanque, aguatero, agua embotellada o en bolsa.

Importancia de la variable

Permite identificar los territorios rurales cuya incidencia de privaciones en la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades para aportar a un proceso productivo. Los municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios, con mejores tasas de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada, cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y requieren una menor inversión social para potenciarse. Con ello, se incrementa el acceso a las certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa la competitividad. Los 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 estricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron 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 expresaron en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, lo cual limitó el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores *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, de los que se reportó información sin un orden específico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para estimar cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para la pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida* (ECV), para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permitieron llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y a 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En este, sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE. En los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La información fue consistente al expresarse en valores que oscilaron entre 0,4 y 58,1 % para *hacinamiento crítico*; 0,5 y 97,6 % para *inadecuada eliminación excretas*; 0,1 y 75,7 % para *material inadecuado en paredes exteriores*; 0,1 y 92,1 % para *material inadecuado de pisos*; y 0,4 y 97,1 % para *sin acceso a fuentes de agua mejorada*, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para los municipios y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento. Con la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos con el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encuentra 1,5 veces por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente 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, el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que hubo más del 5 % de datos atípicos, se utilizó el método *k*-medias. El resultado fue el método multivariado *k*-medias.

Clasificación por aptitud

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, en este caso, las privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en tres grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los tres posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iteративamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio. La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; por criterios internos, los generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron según las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describió cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje de hogares con privaciones, como se registra en la tabla de abajo:

Aptitud	Hacinamiento crítico	Inadecuada eliminación de excretas	Inadecuado material de paredes exteriores	Inadecuado material de piso	Sin acceso a fuentes de agua mejorada
Alta	6,7	16,3	2,8	13,7	22,7
Media	9,0	41,0	3,0	14,7	67,4
Baja	16,7	46,3	8,8	58,3	51,2

Unidad de análisis

Porcentaje de hogares con privaciones.

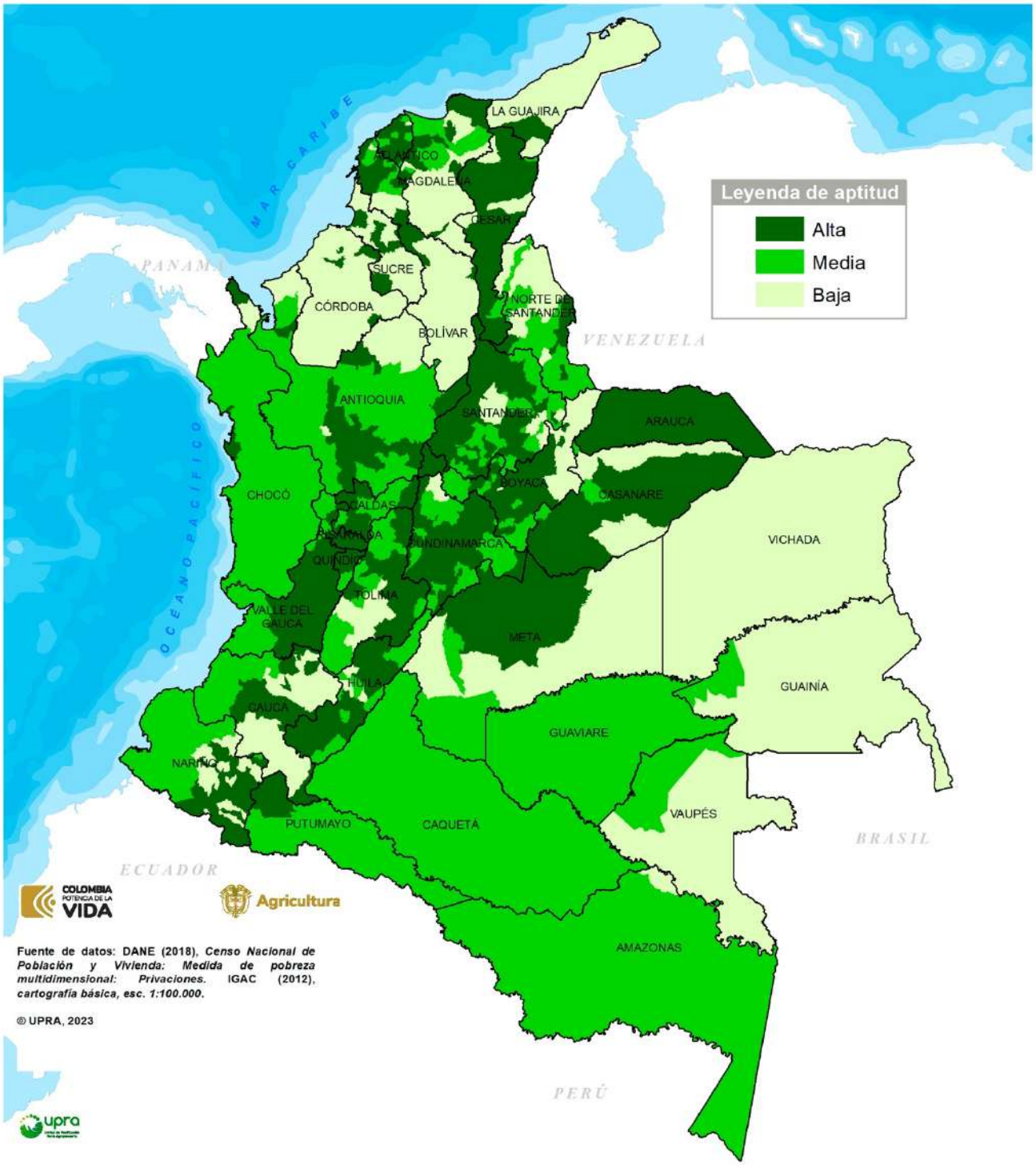
Fuentes de información

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de vida*
Variable *condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos*

3.7.5 Variable *condiciones educativas del hogar*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioeconómico. Subcomponente: social		
Criterio asociado: *condiciones de vida*		
Variable: *condiciones educativas del hogar*	Unidad de medida: porcentaje de hogares con privaciones	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

Definición

Promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores *analfabetismo* y *bajo logro educativo*. El indicador *analfabetismo* considera *privado* un hogar cuando al menos uno de sus integrantes de 15 años o más no sabe leer o escribir; mientras que el indicador *bajo logro educativo* considera *privado* un hogar cuando el promedio de escolaridad de los integrantes de 15 años o más es menor a nueve años.

Importancia de la variable

Permite identificar los territorios rurales cuya incidencia de privaciones en la educación de los hogares es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades para aportar a un proceso productivo. Los municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas, que reflejan mejores tasas de alfabetismo y bajo logro educativo, cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y requieren una menor inversión social para potenciarse. Con ello, se incrementa el accesso a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa la competitividad. Los municipios con mayores porcentajes de hogares en situación de privación en condiciones educativas condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

Valor de estricción o rango de evaluación aplicado según el criterio asociado

Del análisis de la variable, no se presentaron límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Los indicadores de privación en condiciones educativas se expresaron en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, lo cual limitó el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

Metodología de procesamiento de la información

Información

Se utilizó la información entregada por el DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal*, que se construyó usando la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, por lo que fue posible realizar desagregaciones geográficas de cabeceras, centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores *analfabetismo* y *bajo logro educativo* para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reportó información sin un orden específico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para estimar cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que la publicación se realiza anualmente según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en la estimación: la *Gran encuesta integrada de hogares* (GEIH), para la pobreza monetaria, y la *Encuesta de calidad de vida* (ECV), para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas sólo permitieron llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y a 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del Censo nacional de población y vivienda 2018, fue posible realizar la desagregación geográfica de cabeceras, centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio. La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En este sentido, la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE. En los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Análisis de la consistencia y preparación de la información

La información se presentó consistente al estar expresada en valores que oscilaron entre 2,4 y 57,7 % para *analfabetismo* y entre 27,4 y 96,7 % para *bajo logro educativo*, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento. Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico el dato cuyo rango intercuartílico se encuentra 1,5 veces por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir: un dato es atípico si se encuentra por fuera del siguiente 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 presentó más del 5 % de datos atípicos, se determinó utilizar el método *k*-medias. El resultado fue el método multivariado *k*-medias.

Clasificación por aptitud

El algoritmo *k*-medias, como otros métodos de agrupamiento, parten de una función de aprendizaje no supervisado en el que no existen clases predefinidas y cuyos resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Con ello, se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d* (*i, j*) es mayor a *d* (*i, k*) significa que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método *k*-medias, desarrollado por MacQueen en el año 1967, se basó en un único parámetro (número de grupos), definido, en este caso, en 3 para las aptitudes alta (A1), media (A2) y baja (A3). Por tratarse de un agrupamiento univariado, no estuvo sesgado por el orden de presentación inicial de los datos. Los pasos para la estimación del clúster *k*-medias fueron los siguientes:

a) Se ordenaron los datos de mayor a menor o de menor a mayor, según la incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio, en este caso, las privaciones que se relacionan inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

b) El total de datos disponibles se dividió en dos grupos. Luego, se calculó el centroide —centro geométrico del clúster—, base para la construcción de la variable objetivo, que fue la distancia. El centroide que se propuso fue el promedio aritmético de cada agrupamiento.

c) Dado que el algoritmo *k*-medias busca minimizar la distancia interna —es decir, la suma de las distancias de los datos de su centroide—, se calculó para cada dato el cuadrado de las diferencias con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se sumaron los valores para todos los datos del clúster.

d) Se asignó cada elemento al clúster, cuyo dato fuera el mínimo de los tres posibles, y se recalcularon los centroides con los nuevos agrupamientos.

e) Iterativamente, se fueron actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster hasta que los centroides dejaron de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento *k*-medias considera una fase de validación, que consiste en evaluar la existencia de los clústeres que sólo están integrados por datos extremos (*outliers*); comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando la consistencia con los fenómenos socioeconómicos; y comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio. La validación se puede desarrollar por criterios tanto internos como externos que aporten información adicional, como los relacionados con la entropía y la pureza; por criterios internos, los generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clústeres (cohesión y separación).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describió cada agrupamiento a partir de los centroides otorgados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje de hogares con privaciones, como muestra la tabla de abajo:

Aptitud	Analfabetismo	Bajo logro educativo
Alta	12,2	59,89
Media	18,5	81,61
Baja	33,75	82,9

Unidad de análisis

Porcentaje de hogares con privaciones.

Fuentes de información

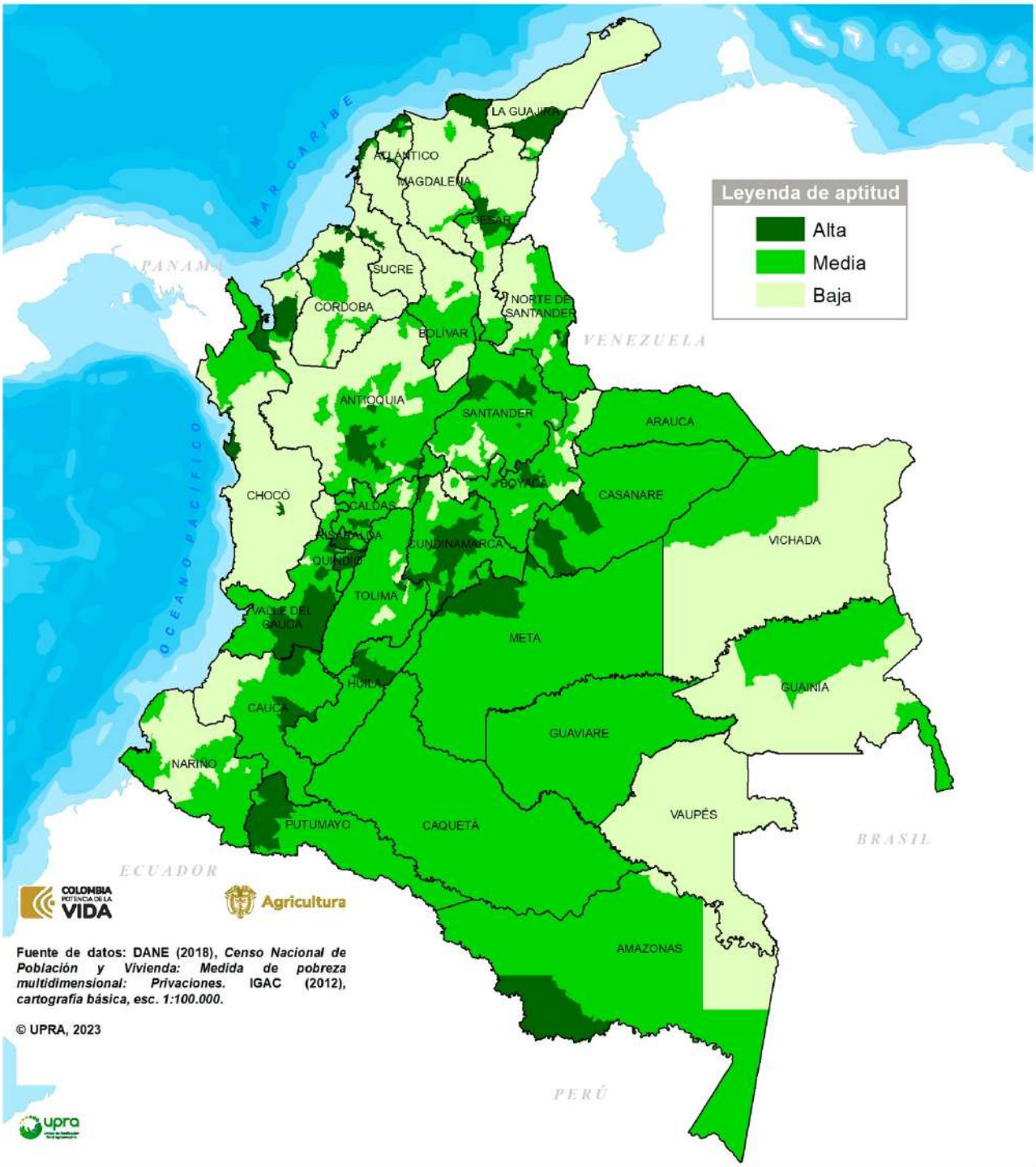
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020a). *Boletín técnico: medida de pobreza multidimensional municipal CNPV 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/3u6j

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020b). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). https://n9.cl/a90ts

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condiciones de vida*
Variable *condiciones educativas del hogar*

4. Fichas metodológicas de restricciones legales

4.1 Criterio *restricciones legales*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: *restricciones legales*		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	

Variables asociadas al criterio

Ecosistemas estratégicos: corresponden a los polígonos de páramos.

Áreas protegidas: corresponden a los polígonos de áreas del sistema de parques nacionales naturales; los polígonos de parques naturales regionales; y los polígonos de reservas forestales protectoras. Se incluyen las zonas de los distritos regionales de manejo integrado (DRMI); los Distritos de manejo integrado (DMI) y los distritos de conservación de suelos (DCS). Son áreas identificadas para la preservación; la restauración; la restauración para la preservación; el uso sostenible; y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR).

Planes de ordenación forestal: corresponden a los polígonos identificados con usos prohibidos de las áreas forestales protectoras; las áreas para la preservación; las áreas forestales de protección para la preservación y la restauración; las áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, los suelos y el recurso hídrico; las macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua; y la restauración ecológica de rondas para la conservación. Estos polígonos se relacionan con los planes de ordenación forestal de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá, en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Parques arqueológicos: son áreas arqueológicas protegidas, declaradas mediante resolución, que han sido adaptadas para recibir visitantes y se encuentran bajo la tutela del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh), lo cual permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como *área arqueológica protegida* genera un marco de protección sobre el área marcada. El encargado de ejecutar el plan de manejo arqueológico (PMA) cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).

Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A: corresponde a los polígonos identificados como zonas tipo A de las zonas de la reserva forestal nacional.

Definición

Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agrícolas productivas. Las siguientes zonas son restringidas en el proceso de zonificación de aptitud: los ecosistemas estratégicos (páramos); las áreas protegidas, es decir, las áreas del sistema nacional de parques nacionales naturales, los parques naturales regionales y las reservas forestales protectoras; las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de los distritos regionales de manejo integrado (DRMI), los distritos de manejo integrado (DMI) y los distritos de conservación de suelos (DCS); los planes de ordenación forestal; los parques arqueológicos; y las reservas forestales nacionales tipo A.

Importancia del criterio

Permite determinar dónde se puede y no se puede desarrollar actividades productivas agrícolas, dados los mandatos legales vigentes. Las consideraciones legales para la restricción de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

Ecosistemas estratégicos (páramos). El Consejo de Estado indica, en la providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos. Del mismo modo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que los pueden deteriorar. Al respecto, la norma señala que «el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Minas y Energía deben llevar a cabo programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de etas labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental.

En los ecosistemas de páramos no se podrán realizar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para tales efectos, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el *Atlas de páramos de Colombia* del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) hasta que se cuente con una cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011). Igualmente, la Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, establece que, ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene la obligación de brindar una protección más amplia y especial dirigida a preservar este tipo de ecosistemas. Esta determinación se produce no sólo porque es un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también por los importantes servicios ambientales que presta. Además, en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su supervivencia.

De acuerdo con la Resolución 886 de 2018 (MADS), «Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se ha avanzado en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando antes del 16 de junio de 2011 al interior de estas áreas. El ejercicio se ha realizado mediante el diseño de programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias; la capacitación y puesta en marcha de los programas a cargo del MADR a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), La Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y las restantes entidades adscritas.

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), se integran por los tipos de áreas consideradas en el Decreto-Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de los parques nacionales naturales; el área natural única; las reservas naturales de los santuarios de fauna y de los santuarios de fauna y flora; los santuarios de fauna y flora; y la vía parque. De conformidad con el Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.

Distritos de manejo integrado (DMI). Conforme al Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada; y cuyos valores naturales y culturales se hayan puesto al alcance de la población humana para el uso sostenible, la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia se destacan, de acuerdo con su

respectiva CAR, los distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los distritos de manejo integrado (DMI), como se muestra a continuación:

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

- El bosque seco tropical Pozo Azul; y Mejué, de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor).
- Los bosques secos del Chicamocha; y tanto el lago Sochagota como la cuenca que lo alimenta, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).
- El cerro Guadalupe, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).
- La cuchilla Mesa Alta; la cuchilla San Cayetano; las cuchillas Negra y Guanaque; el páramo de Rabanal; y el páramo Bijagual-Mamapacha, de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor).
- El complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio; el cerro El Tabor; y los humedales de Gualí, Tres Esquinas y laguna del Funzhé, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- El cerro de San Nicolás; la cuchilla Los Cedros; el cerro El Capiro; el embalse Peñol-Guatapé y la cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; el sistema Viaho-Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; el páramo de Vida Maitamá-Sonsón; y Las Camelias, de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare).
- El humedal San Silvestre; el páramo Guantiva-La Rusia; el río Minero; y la serranía de los Yariguíes, de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).
- El cerro Banderas-Ojo Blanco; la serranía de las Minas; La Tatacoa; y Peñas Blancas, de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).
- El banco Totumo-Bijibana; y Palmar del Tití, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- Chinchorro, de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; Isla Ají; la laguna de Sonso; Pance; los páramos de Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; y el enclave subxerofítico de Atuncela, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- La ensenada de Rionegro; y el Alto del Insor, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá).
- El complejo de humedales de Ayapel, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Carimagua, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena (Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- La cuchilla de Bellavista; y la laguna de San Diego, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).

- El cerro Juaica; la cuchilla El Chuscal; la quebrada Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; la cuchilla de San Antonio y la laguna del Coco; y el sector salto del Tequendama-cerro Manjuí, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Bañaderos; y Pastos Marinos Sawäirü, de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira).
- El área de manglar de la bahía de Cispatá y el sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; La Cristalina-La Mesa; la cuchilla del San Juan; y Guásimo, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder).
- Luriza, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- El páramo de Berlín, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

También se encuentran las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector río Losada-Caño Perdido.

Parques naturales regionales. De conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se consideran espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la estructura, la composición y la función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan; y cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute.

Reservas forestales protectoras. Según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas; y cuyos valores naturales se ponen al alcance de la población humana para la preservación, el uso sostenible, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para el establecimiento, el mantenimiento o la utilización sostenible de los bosques y otras coberturas vegetales naturales.

Planes de ordenación forestal. El Decreto 1076 del año 2016 recopila la regulación establecida en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) deben contar con un plan de ordenación forestal que defina no sólo las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción, sino también el respectivo manejo. El plan de ordenación forestal (POF) es un documento desarrollado por las CAR con base en las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, lo que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF procuran usar los recursos forestales de manera planificada; asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento; manejar sostenibleme nte el recurso forestal; y estructurar el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de los componentes biofísicos principales, como el ecológico y el silvicultural, los suelos, la hidroclimatología y los componentes socioeconómicos y legales. En definitiva, los

planes de ordenación forestal definen los posibles usos, en función del uso principal, del uso condicionado y del uso prohibido.

Las restricciones legales corresponden a los POF de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); y la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA). Las restricciones se relacionan con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras; las áreas para la preservación; las áreas forestales de protección para la preservación y la restauración; las áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, los suelos y el recurso hídrico; y las macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, la restauración ecológica de rondas y la conservación.

Parques arqueológicos. Son áreas protegidas, declaradas mediante una resolución, que han sido adaptadas para recibir visitantes y que se encuentran bajo la tutela del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh), lo cual permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada. El encargado de ejecutar el plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).

Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A. Las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y la protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: la ZRFN del Pacífico; la ZRFN central; la ZRFN del río Magdalena; la ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; la ZRFN de la serranía de Los Motilones; la ZRFN del Cocuy; y la ZRFN de la Amazonia. La zonificación realizada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Se establece que las zonas tipo A son «las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica».

Limitantes de la evaluación del criterio

Cada factor evaluado presentó limitantes por las características que imposibilitan generalizar. En cuanto a los ecosistemas estratégicos, las áreas delimitadas corresponden al complejo de

páramos y abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta restricción con la información de las zonificaciones de los páramos o ajustes que adelanta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Respecto a las áreas protegidas, la principal limitante se refiere a la dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. En este sentido, dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura de *zonas de protección y desarrollo de los recursos*, tanto de carácter regional como nacional, en las cuales queda implícito que en el futuro una parte de estas áreas será elevada a la categoría *área protegida*, lo cual implica que cambia de condicionante a restricción legal. Esto representa la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las restricciones incluyan las nuevas áreas protegidas.

No se contemplan los parques arqueológicos que han sido declarados, pero que carecen de espacialización cartográfica por parte del Icanh. Prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera efectuar procesos de verificación ante la pretensión de implementar proyectos productivos en zonas con áreas de interés arqueológico. Las resoluciones que zonifican las ZRFN establecen que en las zonas tipo A, B o C se pueden realizar procesos de sustracción según la normativa vigente (Resolución 1922 de 2013, del MADS, que corresponde a la adopción de la ZRFN central). Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, la información que proviene de este insumo deberá ser actualizada en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

Valor de ponderación del criterio

No aplica.

Metodología de la evaluación

La metodología de evaluación analizó profundamente las normas vigentes. Para generar la información espacial, se partió de las capas oficiales que contienen la información actualizada de las áreas de páramo, las áreas protegidas, los planes de ordenación forestal, los parques arqueológicos y las zonas de reserva forestal nacional tipo A. Una vez identificadas las variables presentes en la zona de estudio, se generó un mapa que identificara las variables evaluadas, las cuales serán sujeto de restricción.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplica, por tratarse de una restricción legal.

Fuentes de información

Corporación Autónoma Regional de Boyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles (2009). *Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.* Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2015) *Acuerdo 012 de 2015, por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2020). *Acuerdo 015 de 2020, por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 "Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timana y Suaza, en el departamento del Huila" y se toman otras determinaciones*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017 (2018). *Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF*-Huila. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación Autónoma Regional del Atlántico y Ecoafa S.A.S. (2018). *Capítulo 5: ordenación forestal a implementar*. Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Enviromental Ingenieros Consultores y Eninco S.A. (2017). *Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique*. Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique).

Corporación Autónoma Regional del Guavio (2017). *Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio-Corpoguavio*. Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (2021). *Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB*). Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB).

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (2018). Acuerdo 359 de 2018, *por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal–PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge* (CVS). Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

Corporación Autónoma Regional de Santander (2019). *Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)*. Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Corporación Autónoma Regional de Sucre (2019). Resolución 1112 de 2019, *por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE)*. Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2019). *Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB*). Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado (DMI), Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015a). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015b). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (2019). *Parques arqueológicos*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos a escala 1:100.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

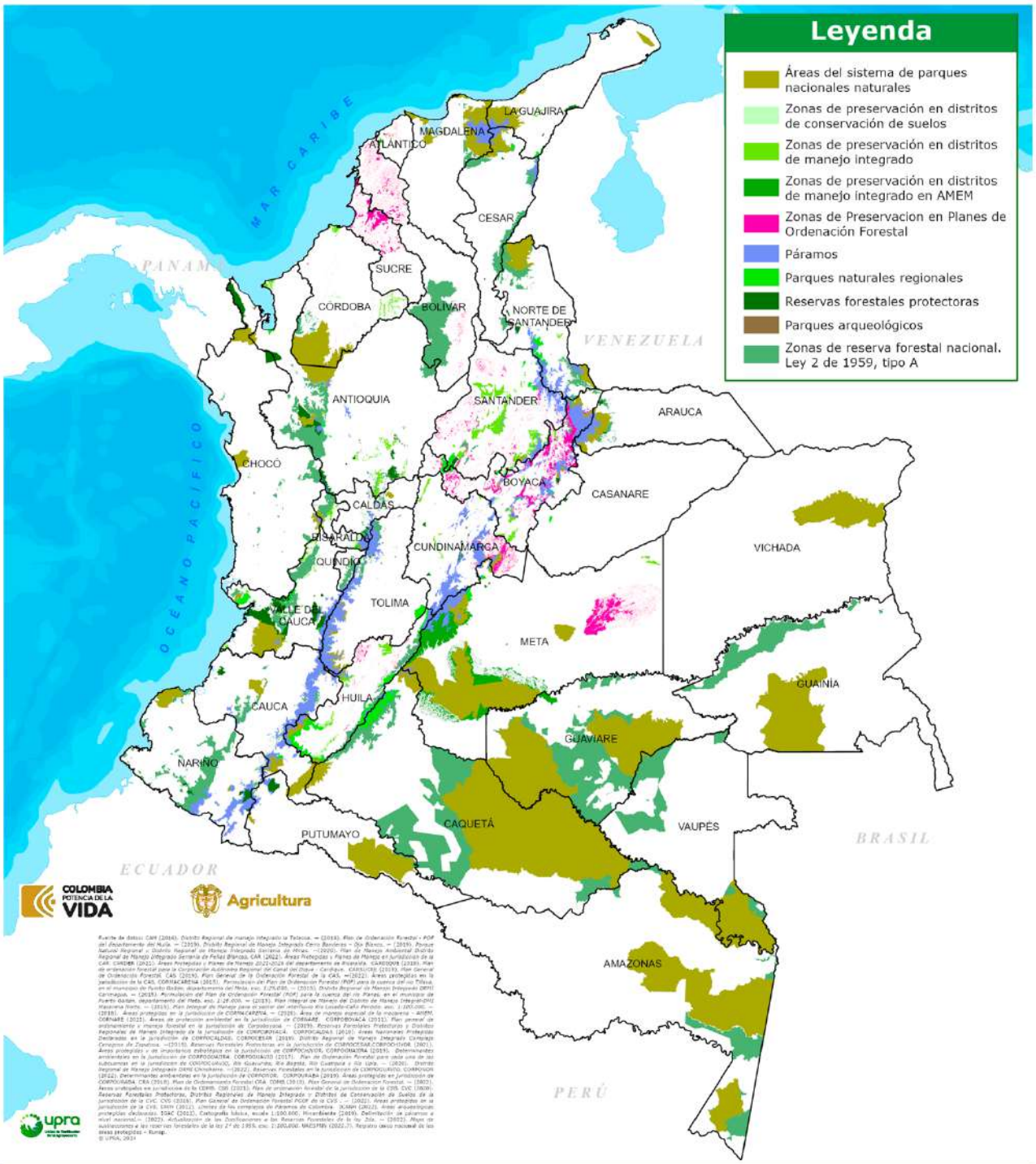
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). *Mapa de zonificación de zonas de reserva forestal nacional Ley 2ª, tipo A, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019). *Categorías regionales del Runap V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019). *Límite de los parques nacionales naturales de Colombia V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Representación cartográfica del criterio



Criterio *restricciones legales*

4.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos (páramos)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *restricciones legales*		
Variable: *ecosistemas estratégicos (páramos)*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	✓

Definición

Los ecosistemas estratégicos desempeñan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, ecológicos o de otra índole. Son prestadores de bienes y servicios ecológicos fundamentales, 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 y de control de plagas (Márquez, 2003). La zonificación considera como ecosistemas estratégicos a los páramos, por lo cual estas áreas deberán ser restringidas. Las consideraciones legales para la restringidas dependen de los siguientes instrumentos normativos:

El Consejo de Estado indicó, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos. De la misma forma, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que los pueden deteriorar. Al respecto, la norma señala que «el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Minas y Energía están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos antes de la entrada en vigor de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de estas labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental.

En los ecosistemas de páramos no se podrán desarrollar actividades agropecuarias ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para ello, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el *Atlas de páramos de Colombia* del IAvH hasta que se cuente con una cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011).

La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, establece que, ante la vulnerabilidad, la fragilidad y a dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene la obligación de brindar una protección más amplia y especial para preservar este tipo de ecosistemas. Esta norma se establece no sólo porque los páramos son un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también por los importantes servicios ambientales que presta. Además, en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia.

De acuerdo con la Resolución 886 de 2018 (MADS), «por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se ha puesto en marcha la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 en estas áreas. El ejercicio se ha concretado mediante el diseño de programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias; y la capacitación y desarrollo de los programas a cargo del MADR a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y las demás entidades vinculadas.

Importancia de la variable

Para los objetivos de la zonificación de aptitud para la producción del cultivo comercial de la granadilla, los ecosistemas estratégicos desempeñan un papel esencial en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos. No sólo son áreas de importancia natural, sino que también cumplen funciones importantes para la sociedad al prestar bienes y servicios ecológicos fundamentales para el hombre, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

Limitantes de la evaluación

Las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos. Abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta restricción con la información de las zonificaciones de los páramos o los ajustes que realiza el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Unidad de análisis

Polígonos de páramos.

Fuentes de información

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos a escala 1:100.000*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable

Criterio *restricciones legales*
Variable *ecosistemas estratégicos (páramos)*

4.1.2. Variable *áreas protegidas*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *restricciones legales*		
Variable: *áreas protegidas*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	✓

Definición

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta restricción legal corresponden a las siguientes:

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), están integradas por las áreas consideradas en el Decreto-Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de los parques nacionales naturales; el área natural única; las reservas naturales de los santuarios de fauna y los santuarios de fauna y flora; los santuarios de fauna y flora; y la vía parque. De conformidad con el Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.

Parques naturales regionales. Según el Decreto 2372 de 2010, se consideran espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la estructura, la composición y la función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan; y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute.

Reservas forestales protectoras. Conforme al Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas; y cuyos valores naturales se pongan al alcance de la población humana para la preservación, el uso sostenible, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para establecer, mantener y usar sosteniblemente los bosques y otras coberturas vegetales naturales.

Distritos de manejo integrado (DMI). Conforme al Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes

y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada; y cuyos valores naturales y culturales se hayan puesto al alcance de la población humana para el uso sostenible, la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia se destacan, de acuerdo con su respectiva CAR, los distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los distritos de manejo integrado (DMI), como se muestra a continuación:

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

- El bosque seco tropical Pozo Azul; y Mejué, de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor).
- Los bosques secos del Chicamocha; y tanto el lago Sochagota como la cuenca que lo alimenta, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).
- El cerro Guadalupe, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).
- La cuchilla Mesa Alta; la cuchilla San Cayetano; las cuchillas Negra y Guanaque; el páramo de Rabanal; y el páramo Bijagual-Mamapacha, de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor).
- El complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio; el cerro El Tabor; y los humedales de Gualí, Tres Esquinas y laguna del Funzhé, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- El cerro de San Nicolás; la cuchilla Los Cedros; el cerro El Capiro; el embalse Peñol-Guatapé y la cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; el sistema Viaho-Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; el páramo de Vida Maitamá-Sonsón; y Las Camelias, de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare).
- El humedal San Silvestre; el páramo Guantiva-La Rusia; el río Minero; y la serranía de los Yariguíes, de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).
- El cerro Banderas-Ojo Blanco; la serranía de las Minas; La Tatacoa; y Peñas Blancas, de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).
- El banco Totumo-Bijibana; y Palmar del Tití, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- Chinchorro, de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; Isla Ají; la laguna de Sonso; Pance; los páramos de Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; y el enclave subxerofítico de Atuncela, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- La ensenada de Rionegro; y el Alto del Insor, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá).
- El complejo de humedales de Ayapel, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Carimagua, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena (Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- La cuchilla de Bellavista; y la laguna de San Diego, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).
- El cerro Juaica; la cuchilla El Chuscal; la quebrada Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; la cuchilla de San Antonio y la laguna del Coco; y el sector salto del Tequendama-cerro Manjuí, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Bañaderos; y Pastos Marinos Sawäirü, de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira).
- El área de manglar de la bahía de Cispatá y el sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; La Cristalina-La Mesa; la cuchilla del San Juan; y Guásimo, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder).
- Luriza, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- El páramo de Berlín, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

También se encuentran las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector río Losada-Caño Perdido.

Distritos de conservación de suelos (DCS): conforme al Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, se definen como espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas. Los DCS generan bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, la preservación, el conocimiento y el disfrute. Las restricciones se deben a la orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados; la prevención de fenómenos que causen alteración; o la degradación en áreas vulnerables por sus condiciones físicas y climáticas o por el uso que de ellos se hace. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia, se destacan las siguientes DCS:

- El cañón de Río Grande, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- Barbas-Bremen; el Alto del Nudo; La Marcada; y Campoalegre, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder).
- La reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

- La ciénaga de Bañó; la ciénaga de Betancí; la ciénaga Los Negros; el complejo de humedales Arcial-El Porro-Cintura; y sierra Chiquita, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Umpalá-cañón río Chicamocha, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Importancia de la variable

Para los propósitos de la zonificación de aptitud para la producción del cultivo comercial de la granadilla, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normativa nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

La principal limitante para analizar las áreas protegidas se asoció a su dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. Al respecto, cabe resaltar que dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura de *zonas de protección y desarrollo de los recursos*, tanto de carácter regional como nacional, en las cuales queda implícito que en el futuro es posible que una parte pueda convertirse en un área protegida, lo cual implica que cambia de condicionante a restricción legal. Esto demuestra la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las restricciones incluyan las nuevas áreas protegidas que se van creando.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la cartografía, se partió de las capas que contienen la información espacial de cada figura considerada. Por medio de esta información, fue posible identificar si en la zona de estudio se localizaba alguna de las figuras de protección que integran la presente variable.

Unidad de análisis

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales; polígonos de parques naturales regionales; polígonos de las reservas forestales protectoras; distritos de manejo integrado; distritos de conservación de suelos.

Fuentes de información

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2015) *Acuerdo 012 de 2015, por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2020). *Acuerdo 015 de 2020, por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 "Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timana y Suaza, en el departamento del Huila" y se toman otras determinaciones*. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado (DMI), Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

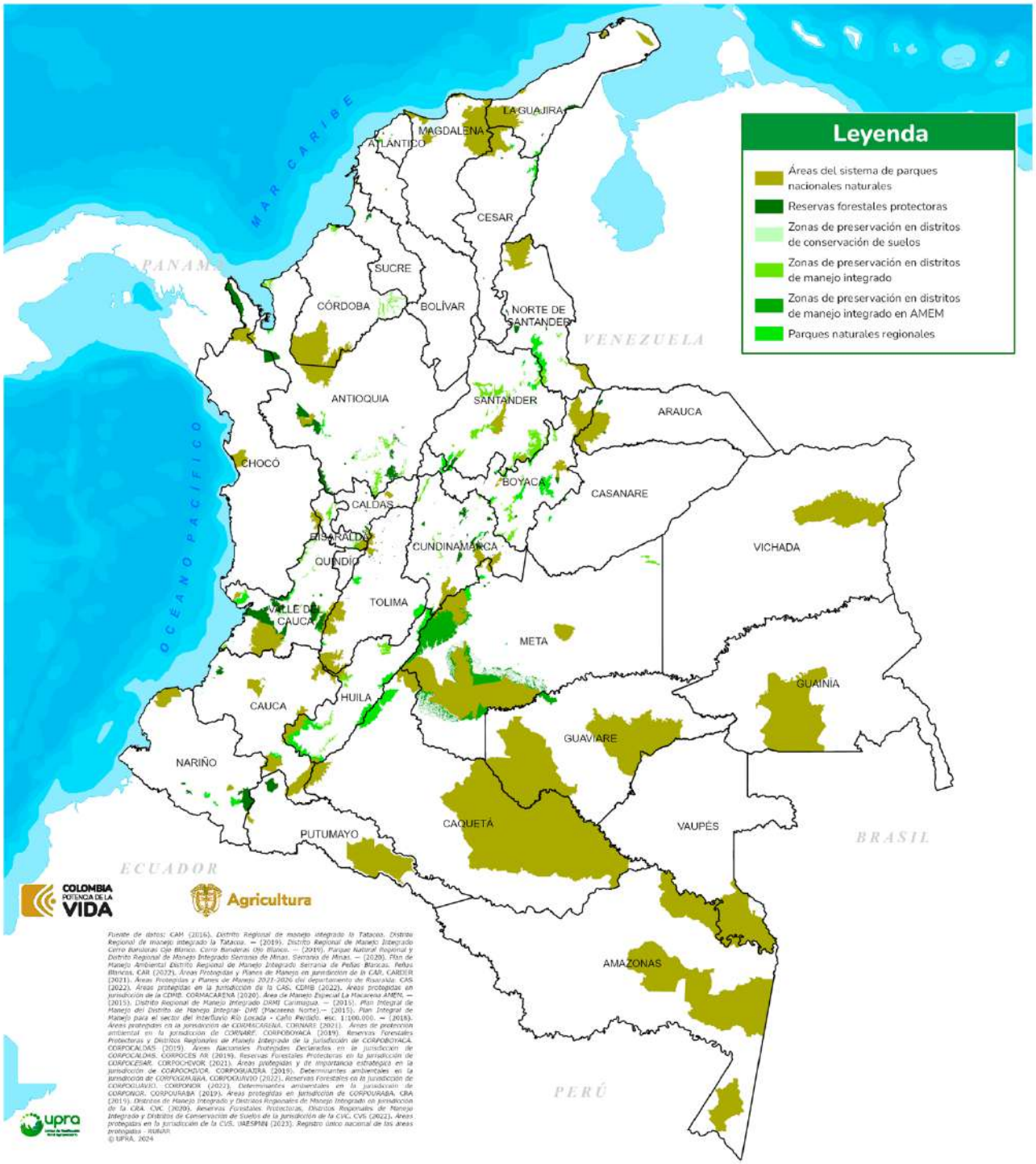
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019). *Categorías regionales del Runap V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019). *Límite de los parques nacionales naturales de Colombia V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *restricciones legales*
Variable *áreas protegidas*

4.1.3. Variable *planes de ordenación forestal*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *restricciones legales*		
Variable: *planes de ordenación forestal*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	✓

Definición

Planes de ordenación forestal. Según el Decreto 1076 de 2015, los planes de ordenación forestal (POF) son documentos desarrollados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) con base en las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, lo que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF procuran usar los recursos forestales de manera planificada y asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento. En este sentido, los POF se consideran un instrumento de planificación para el ordenamiento, el uso y el manejo sostenible del recurso forestal, que está estructurado sobre el conocimiento, el análisis, la interpretación y al evaluación integral de los componentes biofísicos principales, como el ecológico y el silvicultural, los suelos, la hidroclimatología y los componentes socioeconómicos y legales.

Actualmente, el Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal que definan las áreas boscosas pertenecientes a la jurisdicción y el respectivo manejo. Así pues, los criterios técnicos y legales sobre el uso y manejo para las áreas de ordenación forestal fueron definidos por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y Corporación autónoma regional de Santander (CAS). Las restricciones se relacionan con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras; las áreas para la preservación; las áreas forestales de protección para la preservación y la restauración; las áreas de protección para la conservación

de la biodiversidad, los suelos y el recurso hídrico; y las macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, la restauración ecológica de rondas y la conservación.

Importancia de la variable

Para los propósitos de la zonificación de aptitud de la producción del cultivo de la granadilla, las áreas protegidas representaron determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento según la normativa nacional, así que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

La principal limitante para analizar las áreas protegidas se relaciona con su dinámica, ya que constantemente no sólo se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección, sino que también se cuenta únicamente con los planes de ordenación forestal de once Corporaciones Autónomas Regionales.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la cartografía, se partió de las capas que contienen la información espacial de cada uno de los planes de ordenación forestal considerados. Mediante esta información, fue posible identificar las zonas restringidas dentro de las zonificaciones que integran la presente variable.

Unidad de análisis

Zonas de protección, preservación y conservación declaradas por los planes de ordenación forestal.

Fuentes de información

Corporación Autónoma Regional de Boyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles (2009). *Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal*. Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017 (2018). *Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF*-Huila. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación Autónoma Regional del Atlántico y Ecoafa S.A.S. (2018). *Capítulo 5: ordenación forestal a implementar*. Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Enviromental Ingenieros Consultores y Eninco S.A. (2017). *Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique*. Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique).

Corporación Autónoma Regional del Guavio (2017). *Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio-Corpoguavio*. Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (2021). *Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB*). Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB).

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (2018). Acuerdo 359 de 2018, *por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal-PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge* (CVS). Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

Corporación Autónoma Regional de Santander (2019). *Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)*. Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Corporación Autónoma Regional de Sucre (2019). Resolución 1112 de 2019, *por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre* (*CARSUCRE)*. Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2019). *Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB*). Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

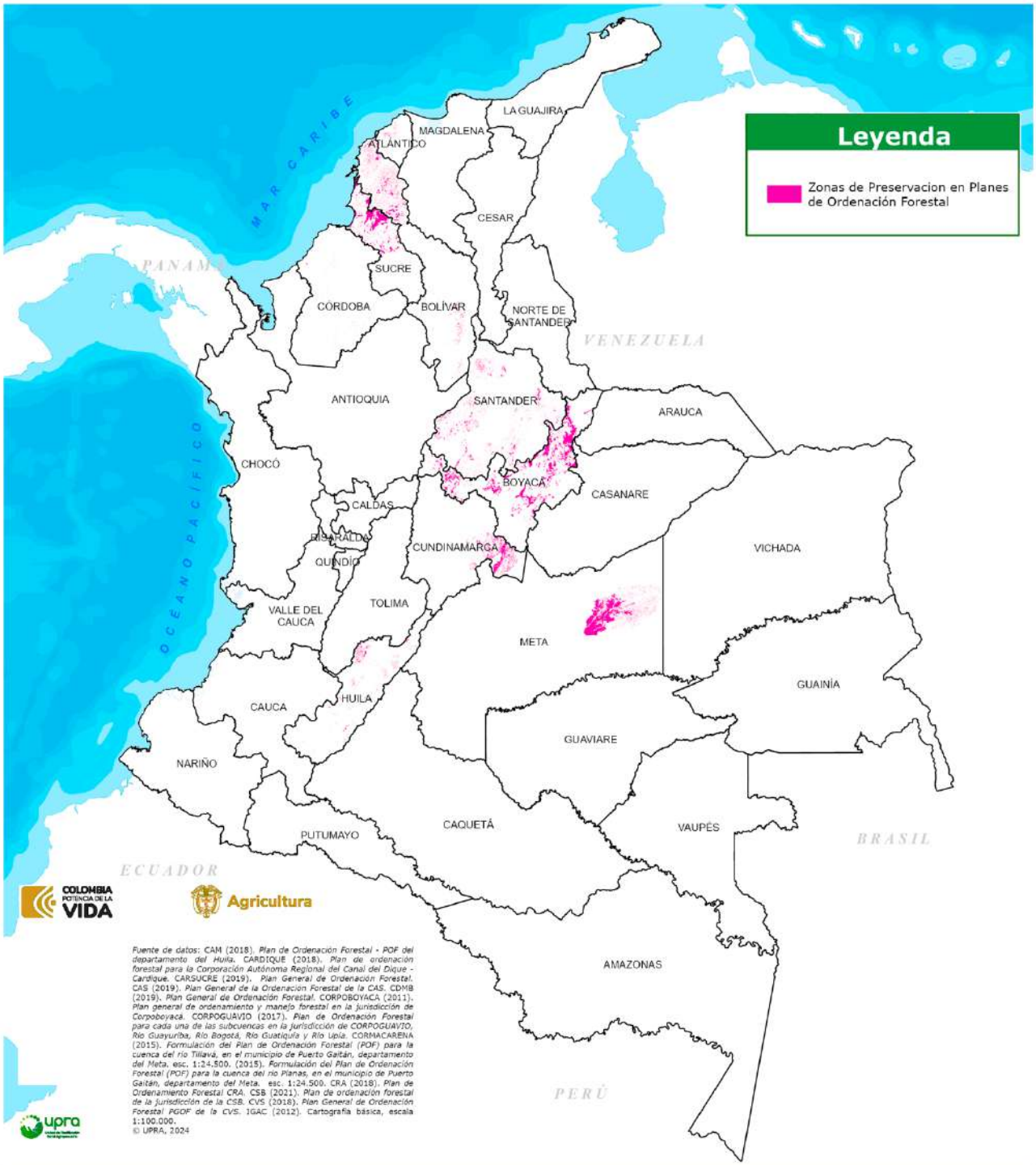
Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015a). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015b). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *restricciones legales*
Variable *planes de ordenación forestal (POF)*

4.1.4. Variable *parques arqueológicos*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *restricciones legales*		
Variable: *parques arqueológicos*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	✓

Definición

Los parques arqueológicos son áreas arqueológicas protegidas declaradas mediante una resolución, las cuales han sido adaptadas para recibir visitantes y se encuentran bajo la tutela del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh), lo cual permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada. El encargado de ejecutar el plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018). El plan de manejo arqueológico es un concepto técnico de obligatoria atención, pues es emitido o aprobado por la autoridad competente según específicos contextos arqueológicos, bienes muebles e inmuebles integrantes del patrimonio o de las zonas de influencia arqueológica. El plan de manejo establece oficiosamente o a solicitud de sus tenedores los niveles permitidos de intervención, las condiciones de manejo y los planes de divulgación (Decreto 833 de 2002, MinCultura).

Importancia de la variable

Los parques arqueológicos, debidamente delimitados y con titularidad a nombre de entidades públicas, son restricciones legales dado que tienen autonomía para establecer el manejo de esta área geográfica. El Decreto 833 de 2002, que reglamenta la Ley General de Cultura 397 de 1997 en materia de patrimonio arqueológico y en concordancia con la Constitución de Colombia, señala que «los bienes muebles e inmuebles de carácter arqueológico [...] integran el patrimonio arqueológico, el cual pertenece a la Nación, es inalienable, imprescriptible e inembargable». Más adelante, la norma complementa: «[...] los bienes integrantes del patrimonio arqueológico son bienes de interés cultural que hacen parte del patrimonio cultural de la Nación». De tal modo, se debe tener en cuenta que la condición de «inembargables, imprescriptibles e inalienables», de acuerdo con las leyes 397 del 1997 y 1185 del 2008, se refiere a los bienes de interés cultural de propiedad de entidades públicas.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

No se contemplaron parques arqueológicos que hayan sido declarados, pero que carecen de espacialización cartográfica por parte del Icanh. Prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera realizar procesos de verificación ante la pretensión de implementar proyectos productivos en zonas donde existan áreas de interés arqueológico.

Metodología de procesamiento de la información

Los datos fueron analizados de la información cartográfica facilitada por el Icanh (2019) con respecto a los parques arqueológicos declarados, los cuales son definidos como restricciones de acuerdo con la siguiente tabla:

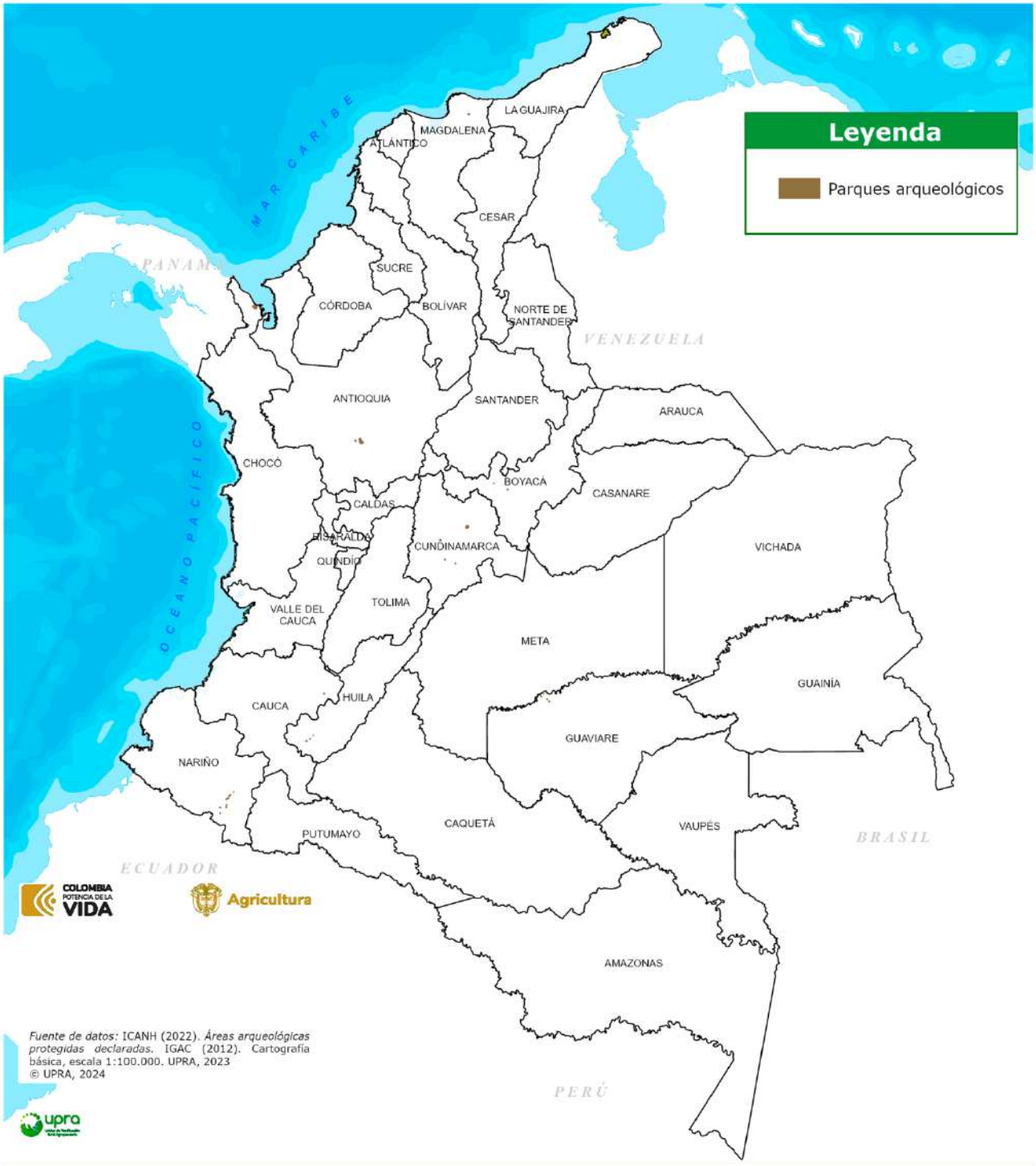
Parque arqueológico	Zona	Parque arqueológico	Zona
Tierradentro	Segovia	Tequendama	Directa
	El Tablón	Alto de Las Piedras	Directa
	Alto de San Andrés	El Abra	Directa
Sogamoso	Directa	El Infiernito	Directa
San Agustín	Mesitas	La Lindosa	Raudal
Hacienda El Carmen	Directa		Nuevo Tolima
Cerro El Volador	Directa		Los Alpes
Alto de Los Ídolos	Directa		Limoncillo
UPTC Tunja	Directa		Campanilla
Ciudad Perdida	Directa		Cerro Azul
	Área de influencia	Serranía del Chibiriquete	Directa
Piedras Blancas	Directa	—	

Fuentes de información

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (2019). *Parques arqueológicos*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *restricciones legales*
Variable *parques arqueológicos*

4.1.5. Variable *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *restricciones legales*		
Variable: *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo A*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	✓

Definición

Las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: la ZRFN del Pacífico; la ZRFN central; la ZRFN del río Magdalena; la ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; la ZRFN de la serranía de Los Motilones; la ZRFN del Cocuy; y la ZRFN de la Amazonia.

La zonificación elaborada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social (MADS) en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Se estableció que las zonas tipo A son «las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica". El MADS adoptó tanto la zonificación como el ordenamiento de las reservas forestales nacionales mediante las siguientes resoluciones:

a. Resolución 1922 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal central, establecida en la Ley 2 de 1959.

b. Resolución 1923 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la serranía de Los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959.

c. Resolución 1924 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.

d. Resolución 1925 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.

e. Resolución 1926 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.

f. Resolución 1275 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959.

g. Resolución 1276 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959.

h. Resolución 1277 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la reserva forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.

Importancia de la variable

Para los objetivos de la zonificación, las zonas tipo A de las zonas de reserva forestal nacional fueron consideradas determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normativa nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

Las resoluciones que zonifican las ZRFN establecen que en las zonas tipo A, B o C se pueden llevar a cabo procesos de sustracción de conformidad con la normativa vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, es esencial que la información de sustracciones sea actualizada regularmente.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la información cartográfica, se partió de las zonificaciones de cada una de las reservas forestales nacionales de la Ley 2 de 1959 realizadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social donde se identifican las zonas tipo A.

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden las áreas de reserva forestal nacional, tipo A.

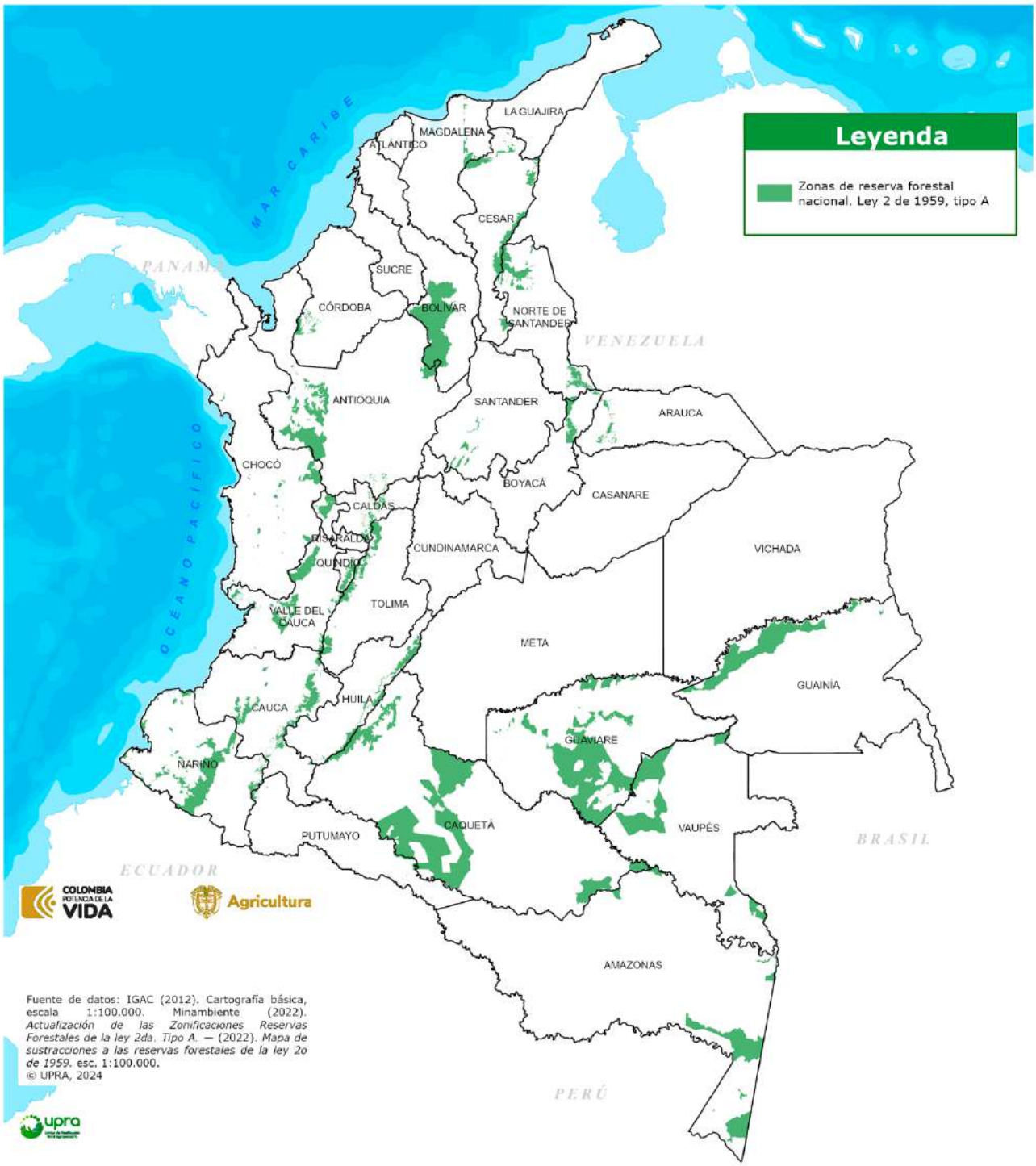
Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). *Mapa de zonificación de zonas de reserva forestal nacional Ley 2ª, tipo A, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *restricciones legales*
Variable *zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A*

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1 Criterio *condicionantes legales*

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: *condicionantes legales*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Variables asociadas al criterio

Ecosistemas estratégicos: polígonos de bosque seco tropical; polígonos de manglares; polígonos de humedales; y rondas hídricas.

Áreas protegidas: polígonos de distritos de manejo integrado (DMI); polígonos de distritos de conservación de suelos (DCS); reservas forestales protectoras; polígonos de áreas de recreación; polígonos de reservas naturales de la sociedad civil; y polígonos de zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Planes de ordenación forestal. Corresponden a los polígonos identificados como áreas forestales protectoras; áreas protectoras para la regulación; áreas de restauración del bosque seco tropical (bs-T); áreas forestales para la conservación; áreas misceláneas o de producción mixta; áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; áreas forestales de producción directa; áreas forestales de protección para el uso sostenible; zonas para la restauración; plantaciones de carácter protector; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables (PFNM); servicios ambientales-conectividad biológica; y restauración ecológica. Estos polígonos se relacionan con los planes de ordenación forestal de la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar

(CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS); y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Esto también permite definir zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental.

Del mismo modo, se definen zonas de aprovechamiento forestal sostenible que consideran los planes de ordenación forestal de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); y la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS). Estas entidades incluyen las siguientes categorías de zonificación: el área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; el área forestal productora directa; el área forestal productora indirecta; el área forestal productora para el uso directo; el área forestal productora para el uso indirecto; el área forestal protectora para el uso sostenible; el área forestal productora; la restauración; el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; las áreas de restauración para la producción; y las áreas forestales productoras condicionadas.

Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C. Polígonos de las zonas tipos B y C de las zonas de reserva forestal nacional. Se incluyen predios con previa decisión de ordenamiento y contratos de derechos de uso.

Distinciones internacionales. Polígonos de reservas de la biósfera; polígonos de humedales del Convenio Ramsar; y polígonos de áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICA).

Áreas de interés cultural y social. Polígonos de tierras de las comunidades negras; polígonos de áreas de reserva, Ley 70 de 1993; polígonos de resguardos indígenas; polígonos de zonas de reserva campesina; zonas de actividad aeronáutica; polígonos de áreas arqueológicas protegidas; y polígonos de áreas de reserva especial minera declaradas por la Agencia Nacional Minera (ANM), según la Ley 685 de 2001.

Agricultura de bajo impacto en páramos. Polígonos de actividades agropecuarias de bajo impacto en páramos definidos en la Resolución 1294 de 2021.

Gestión de riesgo. Polígonos que incluyen amenazas por remoción en masa muy alta; amenazas volcánicas altas; y áreas inundables, de acuerdo con lo definido en la Ley 1523 de 2012, en la que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres.

Definición

Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para establecer y desarrollar el cultivo comercial de la granadilla.

Importancia del criterio

Los condicionantes agrupan los factores de orden ecológico o social, cuyo soporte legal implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que represente una restricción al uso o la reducción de la aptitud del territorio para la implementación. Por esta razón, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas. Es decir: las áreas bajo condicionantes podrán ser reclasificadas en la zonificación, de acuerdo con el nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de las solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas —como territorios indígenas y afrocolombianos— o de aclaración de determinantes legales que puedan ser incluidos en la evaluación.

Limitantes de la evaluación del criterio

No existen limitantes para la evaluación del criterio, puesto que la normativa permite establecer y desarrollar cultivos comerciales de granadilla. Sólo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinados en cada caso.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y obtener la cartografía oficial de la información. Por medio de esta información, fue posible identificar si en la zona de estudio se localizaba alguna de las variables que conforman los condicionantes legales. De ser el caso, se espacializó y se generó el mapa correspondiente.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplican rangos para los condicionantes (C1).

Fuentes de información

Agencia Nacional de Tierras (2016). *Áreas reservadas para comunidades negras: Ley 70 de 1993*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Agencia Nacional de Tierras (2018a). *Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Agencia Nacional de Tierras (2018b). *Resguardos indígenas*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Corporación Autónoma Regional de Boyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles (2009). *Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal*. Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).

Corporación Autónoma Regional del Atlántico y Ecoafa S.A.S. (2018). *Capítulo 5: ordenación*

forestal a implementar. Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017 (2018). *Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF*-Huila. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Enviromental Ingenieros Consultores y Eninco S.A. (2017). *Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique*. Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique).

Corporación Autónoma Regional del Guavio (2017). *Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio-Corpoguavio*. Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (2018). Acuerdo 359 de 2018, *por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal-PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge* (CVS). Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

Corporación Autónoma Regional de Santander (2019). *Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)*. Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Corporación Autónoma Regional de Sucre (2019). Resolución 1112 de 2019, *por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre* (*CARSUCRE)*. Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2019). *Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB*). Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área del Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015a). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015b). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado (DMI), Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014). *Bosque seco tropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (2019). *Áreas arqueológicas protegidas*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012a). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012b). *Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2018). *Zonas de reserva campesina legalmente constituidas*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015b). *Resoluciones 504, 1310 y 1987: zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, mapa de otras categorías Sinap*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018a). *Mapa de zonas de reserva forestal nacional Ley 2ª: sustracciones, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018b). *Mapa de zonificación: zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2.ª, tipos B y C, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

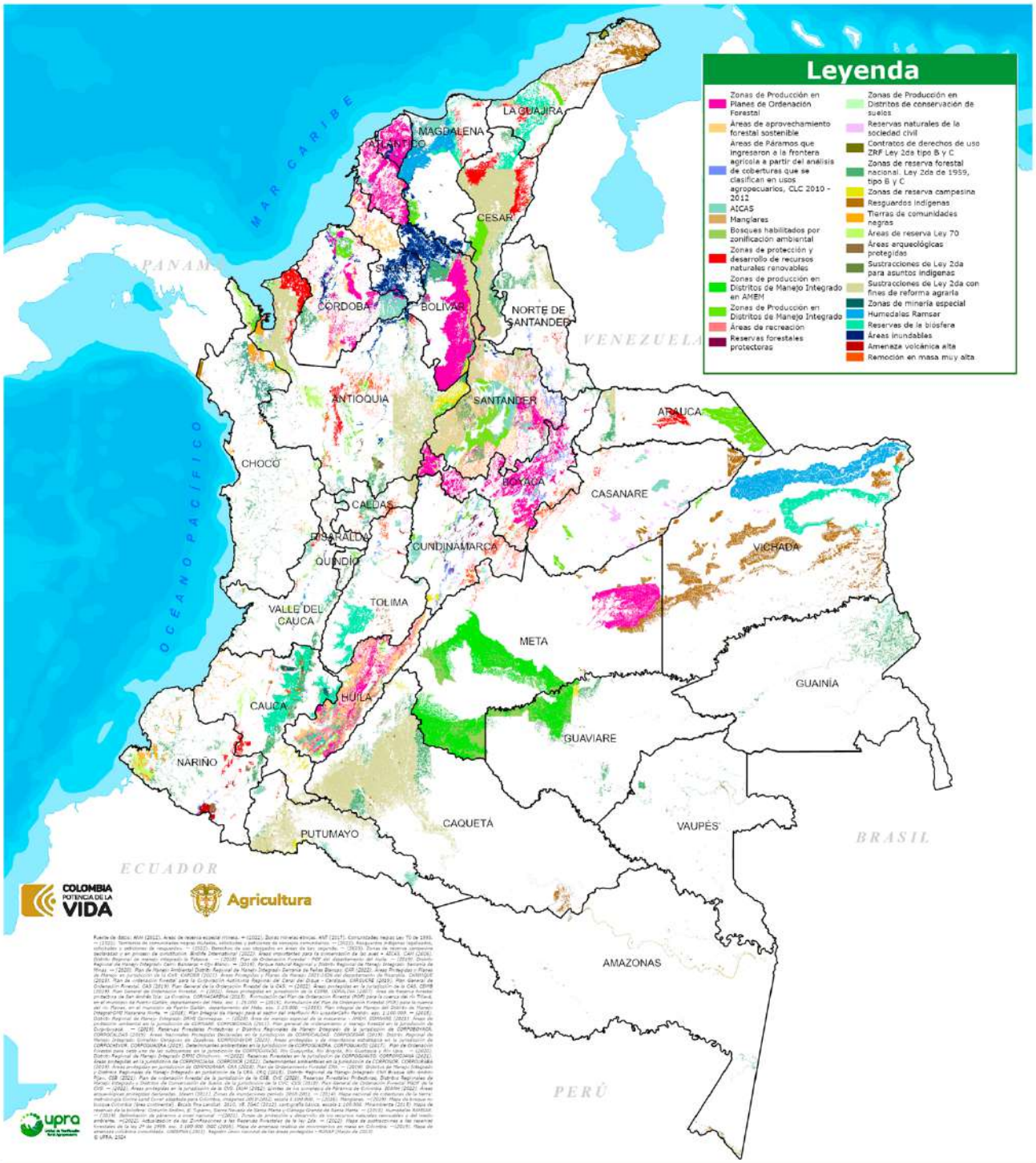
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018c). *Sitios Ramsar*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019a). *Categorías regionales del Runap V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019b). *Límite de los parques nacionales naturales de Colombia V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

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

Representación cartográfica del criterio



Criterio *condicionantes legales*

5.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Agrupa los ecosistemas y las zonas de importancia ambiental que se han priorizado para la protección y la conservación, debido a la importancia ecosistémica o el nivel de amenaza, y que son incompatibles con el establecimiento de cultivos de la granadilla. Las consideraciones definidas para esta variable se describen a continuación.

Los ecosistemas de manglar y los humedales se consideran zonas de importancia ambiental priorizadas para la protección y la conservación, debido al valor ecosistémico o al nivel de amenaza, por lo que son incompatibles con el establecimiento de cultivos comerciales de granadilla. Desde una visión ambiental, el ecosistema de manglar reduce el impacto de las mareas, pues deposita barro y forma pantanos donde se fijan los organismos; y estabiliza la línea costera, ya que ayuda a controlar la erosión y constituye una barrera natural que protege las costas de marejadas y vientos huracanados como una cortina rompevientos. Se definen como ecosistemas de zonas costeras con especies arbóreas de diversas familias, denominadas *mangle*, con otras plantas, con animales que habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995, MADS). Para su conservación, el MADS desarrolló el *Programa nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar* en el año 2002.

En términos económicos, el manglar ha sido base de subsistencia de muchas comunidades en las costas colombianas, pues se ha utilizado su madera a pequeña escala y para uso local. Del manglar es posible obtener alcohol, papel para envolver cigarrillos, colorantes, fibras sintéticas, incienso, palo de fósforos y pegamentos. De la corteza de algunas especies se extraen taninos, químicos que facilitan la curtiembre. En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice en el manglar y que destruya la cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, excepto 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, MADS).

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 las características físicas, biológicas y químicas, pues afectan la flora y la fauna presentes en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos al entenderlos como los que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

La *ronda hídrica* se considera la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros, las cuales son un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos (Decreto 2811 de 1974). Al respecto, el Decreto 2811 de 1974 establece que «[...] se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y sólo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque». La ronda, de conformidad con la Ley 388 de 1997, es un determinante ambiental que debe ser tenido en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 de 2007, MADS).

El *Código nacional de recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente* (Decreto 2811 de 1974) establece una regulación de la propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. La norma estipula que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. Por su parte, el Decreto 1449 de 1977 determina que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener la cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define una faja de terreno no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, señala que las rondas hídricas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental por ser áreas de especial importancia ecosistémica.

El ecosistema de bosque seco se considera una zona de importancia ambiental que se ha priorizado para la protección y la conservación debido a la importancia ecosistémica o al nivel de amenaza. Se requiere de un análisis detallado del área previo a cualquier establecimiento de un cultivo.

Importancia de la variable

Permite identificar las áreas donde establecer el cultivo no es compatible con los fines vocacionales en estos ecosistemas estratégicos, por lo que su uso está condicionado a estudios con mayor nivel de detalle.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Estas zonas no cuentan con una delimitación a escala regional, lo que motiva que sean considerados figuras normativas que requieren de un análisis complementario legal, social, cultural o ambiental para desarrollar actividades agropecuarias. Es necesario determinar si la autoridad ambiental regional ha reglamentado las normas que fijan la estructura ecológica principal del territorio; si estas áreas aparecen identificadas y reglamentadas, deberán ser tratadas como una restricción legal. En cuanto a las rondas hídricas, la delimitación específica de cada cauce debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la presente zonificación de aptitud, se tomaron 30 metros, aunque podrán tener una mayor o menor longitud. Es función de las corporaciones autónomas regionales (CAR) efectuar el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el Decreto Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente, para lo cual se realizarán los estudios correspondientes conforme a los criterios que defina el Gobierno nacional (Ley 1450 de 2011).

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la información cartográfica, se partió de las capas que contienen la información espacial actualizada de las áreas de bosque seco tropical, humedales y manglares. Para las rondas hídricas, se empleó la cartografía básica del IGAC, en la que se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces, se tomó un *buffer* de 30 metros a lado y lado del cauce.

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden áreas de bosque seco tropical, humedales y manglares. Para generar la información cartográfica, se usó la cartografía básica del IGAC, en la que se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces, se tomó un *buffer* de 30 metros a lado y lado del cauce.

Fuentes de información

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014). *Bosque seco tropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012a). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012b). *Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

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

Representación cartográfica de la variable

Criterio *restricciones legales*
Variable *ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)*

5.1.2. Variable *áreas protegidas*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *áreas protegidas*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Agrupa las áreas protegidas cuyas categorías de manejo requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para establecer cultivos comerciales de granadilla. Aunque no se prohíbe la actividad, sí se genera un condicionamiento al posible uso de estas áreas. Las consideraciones legales para esta variable se muestran a continuación.

Distritos de manejo integrado (DMI). De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, los distritos de manejo integrado son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas mantienen la composición y la función, aunque la estructura haya sido modificada; y cuyos valores naturales y culturales se hayan puesto al alcance de la población humana para el uso sostenible, la preservación, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Se incluyen las áreas descritas en los planes de manejo integrado diferentes a las áreas para la preservación, la restauración, la restauración para la preservación, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas contenidas en los distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los distritos de manejo integrado (DMI), como se muestra a continuación:

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

- El bosque seco tropical Pozo Azul; y Mejué, de la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor).
- Los bosques secos del Chicamocha; y tanto el lago Sochagota como la cuenca que lo alimenta, de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).
- El cerro Guadalupe, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).
- La cuchilla Mesa Alta; la cuchilla San Cayetano; las cuchillas Negra y Guanaque; el páramo de Rabanal; y el páramo Bijagual-Mamapacha, de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor).

- El complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacio; el cerro El Tabor; y los humedales de Gualí, Tres Esquinas y laguna del Funzhé, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- El cerro de San Nicolás; la cuchilla Los Cedros; el cerro El Capiro; el embalse Peñol-Guatapé y la cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; el sistema Viaho-Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; el páramo de Vida Maitamá-Sonsón; y Las Camelias, de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare).
- El humedal San Silvestre; el páramo Guantiva-La Rusia; el río Minero; y la serranía de los Yariguíes, de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).
- El cerro Banderas-Ojo Blanco; la serranía de las Minas; La Tatacoa; y Peñas Blancas, de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).
- El banco Totumo-Bijibana; y Palmar del Tití, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- Chinchorro, de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; Isla Ají; la laguna de Sonso; Pance; los páramos de Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; y el enclave subxerofítico de Atuncela, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- La ensenada de Rionegro; y el Alto del Insor, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá (Corpourabá).
- El complejo de humedales de Ayapel, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Carimagua, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena (Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- La cuchilla de Bellavista; y la laguna de San Diego, de la Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas).
- El cerro Juaica; la cuchilla El Chuscal; la quebrada Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; la cuchilla de San Antonio y la laguna del Coco; y el sector salto del Tequendama-cerro Manjuí, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Bañaderos; y Pastos Marinos Sawäirü, de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira).
- El área de manglar de la bahía de Cispatá y el sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; La Cristalina-La Mesa; la cuchilla del San Juan; y Guásimo, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder).
- Luriza, de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).
- El páramo de Berlín, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

También se encuentran las zonas para la preservación y la recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989),

identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector río Losada-Caño Perdido; y se definen las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental.

Distritos de conservación de suelos (DCS): conforme al Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, se definen como espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas. Los DCS generan bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales se ponen al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, la preservación, el conocimiento y el disfrute. Las restricciones se deben a la orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados; la prevención de fenómenos que causen alteración; o la degradación en áreas vulnerables por sus condiciones físicas y climáticas o por el uso que de ellos se hace. Se incluyen las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental y las áreas descritas en los planes de manejo integrado diferentes a las zonas identificadas como áreas para la preservación, la restauración, el uso sostenible y las subzonas para la recreación y alta densidad de uso, todas éstas descritas en los planes de manejo de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR). En Colombia, se destacan las siguientes DCS:

- El cañón de Río Grande, de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).
- Barbas-Bremen; el Alto del Nudo; La Marcada; y Campoalegre, de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder).
- La reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).
- La ciénaga de Bañó; la ciénaga de Betancí; la ciénaga Los Negros; el complejo de humedales Arcial-El Porro-Cintura; y sierra Chiquita, de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Umpalá-cañón río Chicamocha, de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Reservas forestales protectoras. Según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas; y cuyos valores naturales se hayan puesto al alcance de la población humana para la preservación, el uso sostenible, la restauración, el conocimiento y el disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para establecer, mantener y usar sosteniblemente los bosques y otras coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes al uso sostenible, al aprovechamiento sostenible, al desarrollo sostenible y a la restauración para el uso sostenible.

Áreas de recreación. Según el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos cuyos paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la función, aunque la estructura y la composición hayan sido modificadas con un potencial significativo de recuperación; y cuyos valores naturales y culturales se hayan puesto al alcance de la población humana para la restauración, el uso sostenible, el conocimiento y el disfrute. Por esto, la categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.

Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC). Hacen referencia a la totalidad o a una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad del propietario, se destina a un uso sostenible, a la preservación o a la restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de ellas.

Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente. Por medio de las resoluciones 1628 de 2015 y 1814 de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Social (MADS), se declaran zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional —áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de Parques Nacionales Naturales— y de carácter regional —áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las CAR—. Mediante las resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. Ésta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema y la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos para identificar vacíos de conservación y definición de prioridades con fundamento en los estudios.

Importancia de la variable

Alerta a los planificadores y productores sobre las áreas que, aunque posean aptitud para el cultivo, cuenten con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias allí. Cada una de las categorías consideradas genera un condicionante al uso, pues, si bien no lo prohíbe, requiere de una revisión de la zona apta en relación con las condiciones normativas de la figura con la que se superpone.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Cada figura protegida debe tener el respectivo plan de manejo, en el que se definen los usos permitidos del área bajo una figura de protección. Sin embargo, no todas las áreas protegidas tienen un plan de manejo formulado, lo que implica que, aunque estén delimitadas, aún no tienen definido el uso, por lo que no es posible determinar en qué zonas sí es posible establecer cultivos

de granadilla o en las que, por el contrario, está prohibido el desarrollo de actividades productivas.

Metodología de procesamiento de la información

Para la generar la cartografía, se partió de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, fue posible identificar si en la zona de estudio se localizaba alguna de las figuras de protección que integran esta variable.

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden distritos de manejo integrado DMI; distritos de conservación de suelos (DCS); reservas forestales protectoras; áreas de recreación; reservas nacionales de la sociedad civil (RNSC); y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Fuentes de información

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado (DMI), Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

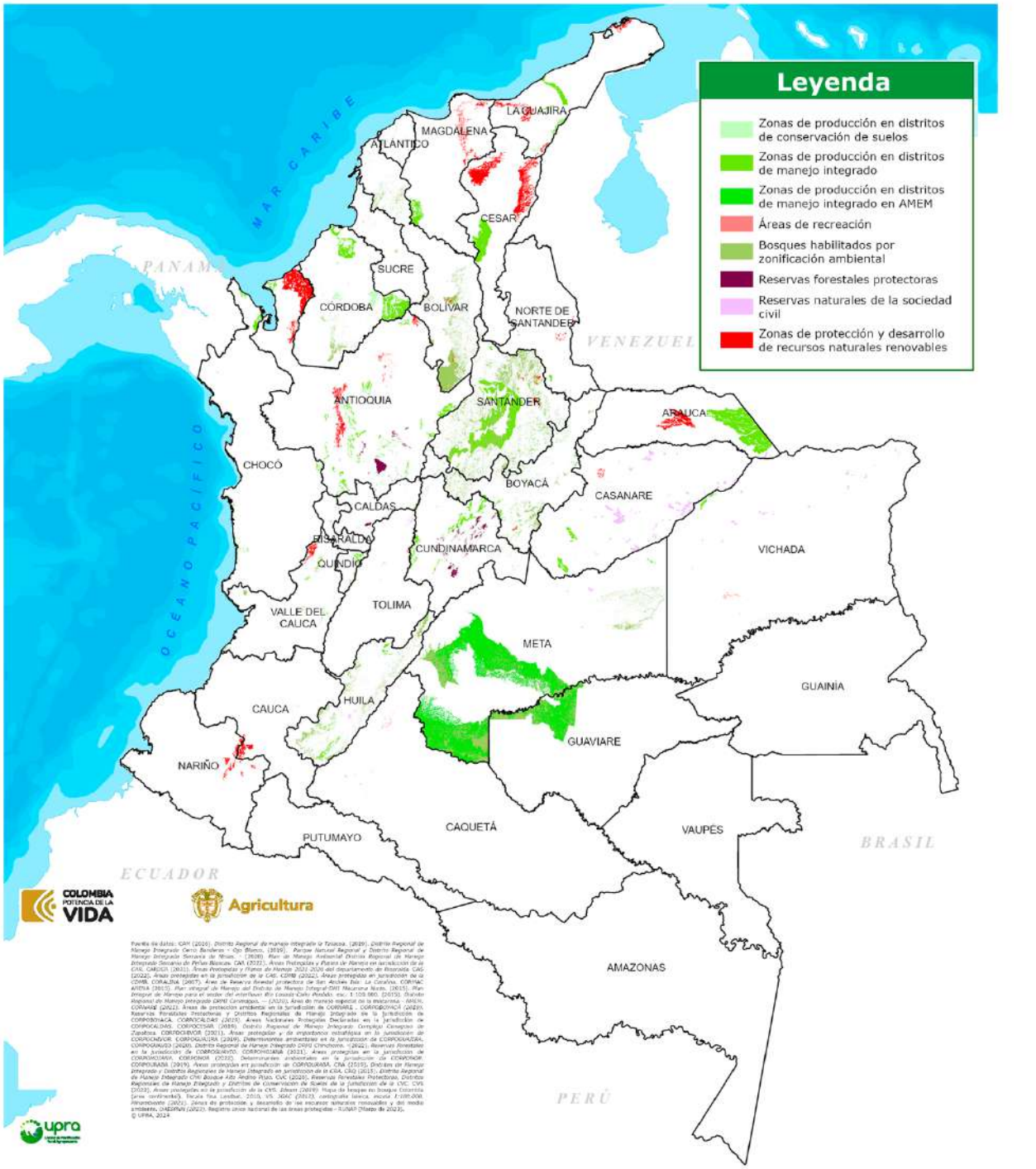
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015b). *Resoluciones 504, 1310 y 1987: zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, mapa de otras categorías Sinap*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019a). *Categorías regionales del Runap V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

Parques Nacionales Naturales de Colombia (2019b). *Límite de los parques nacionales naturales de Colombia V.6*. Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condicionantes legales*
Variable *áreas protegidas*

5.1.3. Variable *planes de ordenación forestal*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *planes de ordenación forestal*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

*Planes de ordenación forestal***.** Según el Decreto 1076 de 2016, los planes de ordenación forestal (POF) son documentos desarrollados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y estructurados de acuerdo con las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, lo cual permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF buscan un uso planificado de los recursos forestales y asegurar la sostenibilidad en el aprovechamiento. Por tanto, son considerados como el instrumento de planificación para el ordenamiento, el uso y el manejo sostenible del recurso forestal según el conocimiento, el análisis, la interpretación y la evaluación integral de los componentes biofísicos principales, como el ecológico y el silvicultural, los suelos y la hidroclimatología, además de los componentes socio-económicos y legales. En definitiva, los planes de ordenación forestal tiene como fin definir los posibles usos, en función del uso principal, del uso condicionado y del uso prohibido.

Actualmente, el Decreto 1076 de 2016 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, que dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal que defina las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y al respectivo manejo. De acuerdo con criterios técnicos y legales de uso y manejo para las áreas de los planes de ordenación forestal fueron definidas por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Estas áreas condicionadas se relacionan con las áreas forestales protectoras; las áreas protectoras para la regulación; las áreas de restauración del bosque seco tropical (bs-T); las áreas forestales para la conservación; las áreas misceláneas o de producción mixta; las áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; las áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; las áreas forestales de producción directa; las áreas forestales de protección para el uso sostenible; las zonas para la restauración; las plantaciones de carácter protector; el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; las macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; y los servicios ambientales de conectividad biológica; la restauración ecológica; y las zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental.

De igual forma, se definieron las zonas específicas de aprovechamiento forestal sostenible que consideran los planes de ordenación forestal de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS; la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) y la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). Estas entidades incluyen las siguientes categorías de zonificación: el área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; el área forestal productora directa; el área forestal productora indirecta; el área forestal productora para el uso directo; el área forestal productora para el uso indirecto; el área forestal protectora para el uso sostenible; el área forestal productora; la restauración; el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; las áreas de restauración para la producción; y las áreas forestales productoras condicionadas.

Importancia de la variable

Alerta a los planificadores y a los productores sobre a las áreas que, aunque posean aptitud para el cultivo de la granadilla, cuentan con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La principal limitante para analizar las áreas protegidas se asoció a la dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección. Además, sólo se contó con los planes de ordenación forestal de once corporaciones.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la cartografía, se partió de las capas que contienen la información espacial de cada uno de los planes de ordenación forestal considerados. Con esta información, fue posible identificar las zonas condicionadas dentro de las zonificaciones que integran esta variable.

Unidad de análisis

Áreas forestales protectoras; áreas protectoras productoras; áreas de protección, recuperación, producción y restauración; áreas de uso sostenible; y áreas de conservación y recuperación definidas en los panes de ordenación forestal (POF).

Fuentes de información

Corporación Autónoma Regional de Boyacá y Corporación de Tecnologías Sostenibles (2009). *Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA. Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.* Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá).

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017 (2018). *Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF*-Huila. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM).

Corporación Autónoma Regional del Atlántico y Ecoafa S.A.S. (2018). *Capítulo 5: ordenación forestal a implementar.* Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA).

Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Enviromental Ingenieros Consultores y Eninco S.A. (2017). *Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique.* Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique).

Corporación Autónoma Regional del Guavio (2017). *Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio-Corpoguavio.* Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio).

Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (2021). *Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB*). Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB).

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (2018). *Acuerdo 359 de 2018, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal-PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge* (CVS). Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

Corporación Autónoma Regional de Santander (2019). *Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS)*. Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

Corporación Autónoma Regional de Sucre (2019). Resolución 1112 de 2019, *por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre (CARSUCRE)*. Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre).

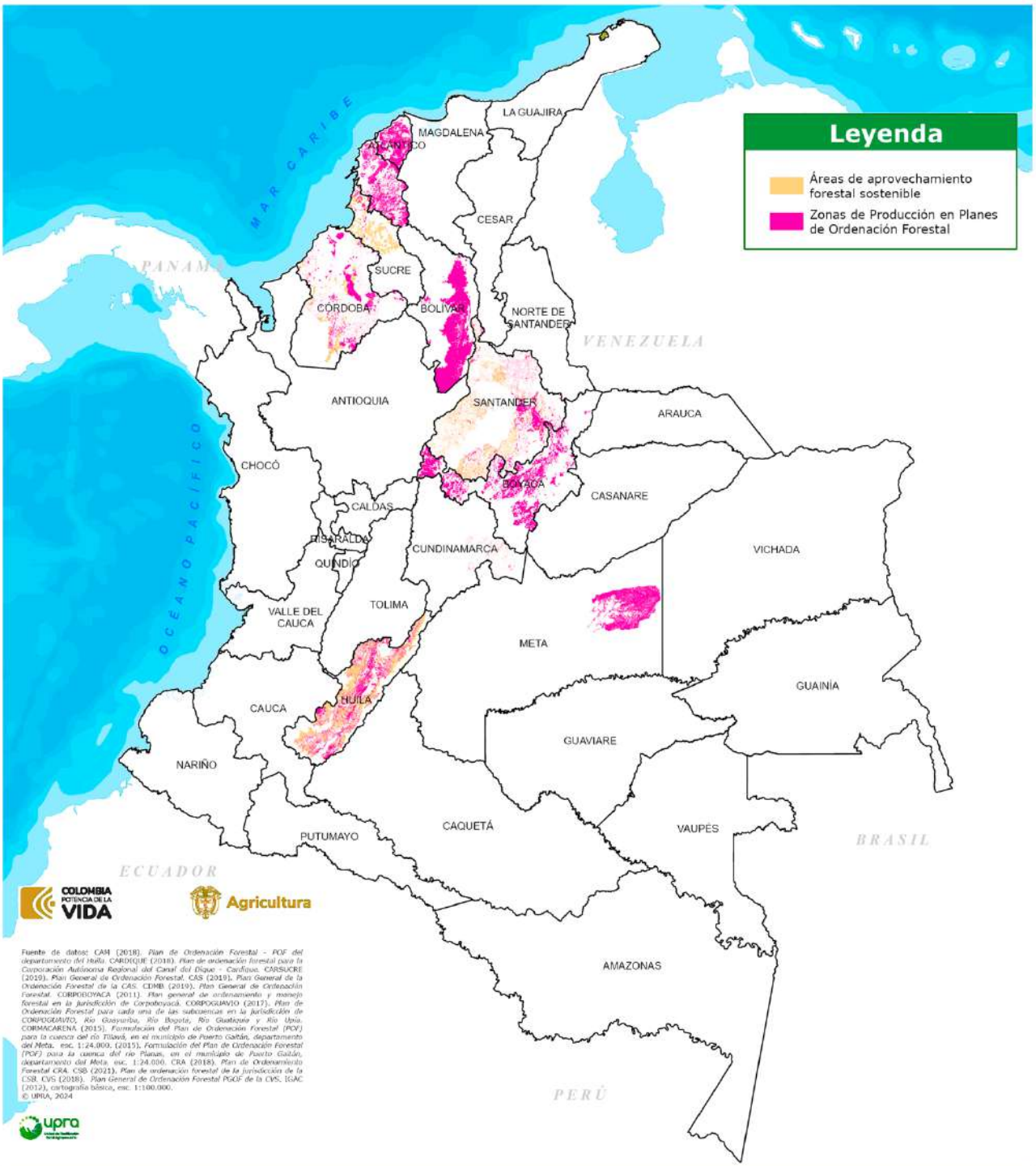
Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2019). *Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB*). Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015a). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena y Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2015b). *Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán*, Departamento del Meta. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condicionantes legales*
Variable *planes de ordenación forestal (POF)*

5.1.4. Variable *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: la ZRFN del Pacífico; la ZRFN central; la ZRFN del río Magdalena; la ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta; la ZRFN de la serranía de Los Motilones; la ZRFN del Cocuy; y la ZRFN de la Amazonia. Además de los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierras (ANT), estas condicionante comprende las zonas B y C de la zonificación de las zonas de reserva forestal nacional, definidas de la siguiente manera:

Zonas tipo B. Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Nacional Central).

Zonas tipo C. Zonas que, por sus características biofísicas, ofrecen condiciones para el desarrollo de las actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal. Deben incorporar el componente forestal y no implicar la reducción de las áreas de bosque natural presentes en los estados sucesionales (Resolución 1922 de 2013, MADS, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Nacional Central). Las zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones:

a. Resolución 1922 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional Central, establecida en la Ley 2 de 1959.

b. Resolución 1923 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional de la serranía de Los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959.

c. Resolución 1924 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional del río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.

d. Resolución 1925 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.

e. Resolución 1926 de 2013, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.

f. Resolución 1275 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959.

g. Resolución 1276 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959.

h. Resolución 1277 de 2014, que adopta la zonificación y el ordenamiento de la Zona de Reserva Forestal Nacional de la Amazonia, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos del Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.

En cuanto a las sustracciones de reserva forestal nacional, la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social (MADS) para reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evaluó y se otorgó exclusivamente para la actividad que fue solicitada, por lo que las zonas sustraídas son sólo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso. De esta manera, se incluyeron las áreas con contratos de derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierras (ANT) para las zonas de reserva forestal tipos B y C.

Importancia de la variable

Para los propósitos de los ejercicios de zonificación, las reservas forestales de la Ley 2 de 1959 permitieron identificar las zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para establecer cultivos comerciales de granadilla.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

En el año 2015, se estableció para las zonas de reserva forestal nacional que en las zonas tipo A, B o C se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normativa vigente.

Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, la información de este insumo deberá ser actualizada en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la información cartográfica, se partió del mapa de reservas forestales nacionales de la Ley 2 de 1959, con lo cual se identificaron las zonas tipo B y C; y del análisis cartográfico del mapa de sustracciones de la reserva forestal nacional de la Ley 2 de 1959. Se incluyeron las zonas con contratos de derechos de uso.

Unidad de análisis

Polígonos correspondientes a las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) y a las sustracciones de reserva forestal nacional tipos B y C.

Fuentes de información

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2ª, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018a). *Mapa de zonificación de zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2ª, tipos B y C, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenoble.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018b). *Mapa de zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2ª: sustracciones, escala 1:100.000*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Representación cartográfica de la variable

Criterio *condicionantes legales*
Variable *zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C*

5.1.5. Variable *distinciones internacionales*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *distinciones internacionales*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Agrupan los lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional que Colombia ha reconocido al haberse suscrito a tratados. El soporte legal implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial sin que represente una restricción al uso o la reducción de la aptitud del territorio para la implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados con las autoridades ambientales competentes. Las áreas se definen por la importancia biológica según el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y la conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de la presente zonificación de aptitud, se consideraron las siguientes distinciones internacionales:

Reservas de la biósfera. Áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Como ecosistemas terrestres o marítimos, estas áreas se caracterizan por no ser exclusivamente protegidas, sino que pueden albergar comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables y no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo la soberanía de los respectivos estados, los cuales deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. De acuerdo con la *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural*, los estados participantes están obligados a prestar un concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural; y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente. De este modo, se definieron las siguientes reservas de la biósfera: el cinturón Andino; El Tuparro; la Sierra Nevada de Santa Marta; la ciénaga grande de Santa Marta; el Seaflow; y la serranía del Chiribiquete-La Lindosa.

Humedales Ramsar. La *Convención sobre los humedales de importancia internacional*, también conocida como *Convención Ramsar*, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar

la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional —en el trayecto de rutas de aves migratorias— y sus recursos. Este convenio, que trata sobre la protección de los humedales, define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994).

Con la Ley 357 de 1997, Colombia aprobó la *Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas*», que obliga elaborar y aplicar la planificación para favorecer la conservación de los humedales incluidos en la lista; usar racionalmente los humedales del territorio; y fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas al crear reservas naturales allí. Cabe resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y de explotación de hidrocarburos y minerales, pero con sustento en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social. La norma destaca que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar no se podrán adelantar actividades agropecuarias, aunque las limitaciones deben obedecer a un plan de manejo, en el que se definan las respectivas zonas de conservación, preservación y uso.

Áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICA). Son áreas consideradas como sitios críticos para la conservación de aves y la biodiversidad potencialmente vulnerable. Identificar estas áreas es una iniciativa global liderada por BirdLife Internacional, una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero. En Colombia, este programa comenzó en el 2001 y, actualmente, es coordinado por la Asociación Calidris, con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt. Los criterios técnicos para la identificación de un AICA se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta especies globalmente amenazadas (criterio A1); especies de distribución restringida (criterio A2); conjunto de especies restringidas a biomas (criterio A3); y congregaciones de especies (criterio A4).

Importancia de la variable

Permite identificar las áreas donde el establecimiento y desarrollo del cultivo de la granadilla deben ser analizados en mayor detalle para identificar la compatibilidad de estos ecosistemas de importancia internacional.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La delimitación de las reservas de la biósfera no representa una identidad ecosistémica, sino los vértices de polígonos, por lo que se incorporan áreas en diversos valores ecosistémicos. En

consonancia con esto, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica, y la restricción al interior ha de estudiarse en mayor detalle. Por ello, requieren estudios adicionales que deben ser analizados con las autoridades ambientales competentes. Las áreas bajo distinción internacional podrán ser reclasificadas en la zonificación, según el conocimiento que se tenga en el futuro o de la aclaración de determinantes ambientales que puedan incluirse en la evaluación.

Para no ponerse en riesgo, deberán respetarse no sólo las áreas definidas por la importancia biológica, sino también el compromiso internacional adquirido y ratificado por Colombia para la protección/conservación de la biodiversidad y la preexistencia de comunidades humanas, que representan un patrimonio étnico de interés y cuyos principios de vida, cultura y relación con el entorno natural deben mantenerse. En estos lugares, la producción comercial ha de proceder a través de mecanismos de consulta o precaución que determine la legislación colombiana.

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la representación cartográfica, se partió de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, fue posible espacializar e identificar las distinciones internacionales presentes en la zona de estudio.

Unidad de análisis

Humedales Ramsar; reservas de la biósfera; y áreas importantes para la conservación de las aves (AICA), de acuerdo con las fuentes de información oficial.

Fuentes de información

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2022). *Mapa de áreas importantes para la conservación de las aves (AICA)*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). *Sitios Ramsar*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas*. Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). https://n9.cl/047nh

Representación cartográfica de la variable

Criterio *condicionantes legales*
Variable *distinciones internacionales*

5.1.6. Variable *áreas de interés cultural y social*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *áreas de interés cultural y social*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Comprende las zonas delimitadas por el Estado para el reconocimiento, protección y desarrollo de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan, o por ser un patrimonio arqueológico nacional. Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y el aprovechamiento de los recursos disponibles. Las figuras legales que conforman esta variable se describen a continuación:

Tierras de las comunidades negras. Son terrenos en los que se asientan históricamente las comunidades negras para un uso colectivo, pues constituyen su hábitat, y sobre los cuales desarrollan prácticas tradicionales de producción, en relación con las que profiere el acto administrativo que reconoce la propiedad colectiva (ANT, 2017). Para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad debe conformar un consejo comunitario como forma de administración interna de las tierras de propiedad colectiva (Ley 70 de 1993).

Áreas de reserva, Ley 70 de 1993. Son tierras baldías que se hallan en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, reconocidas a las comunidades negras, que han ocupado de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, como propiedad colectiva. El propósito consiste en proteger la identidad cultural y los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico y fomentar su desarrollo económico y social para garantizar las condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana.

Resguardos indígenas. Son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas que, según la Constitución de Colombia, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas que, con un título de propiedad colectiva, gozan de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo y vida interna mediante una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su propio sistema normativo. Conforme a la Constitución de Colombia, la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles

e inembargables. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Decreto 2164 de 1995).

Zonas de reserva campesina. Son tierras baldías de la Nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos para fomentar la pequeña propiedad rural. Están sujetas tanto a las políticas de conservación del área, medio ambiente y los recursos naturales renovables como a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994). En las zonas de reserva campesina, la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios, las reglas sobre el ordenamiento ambiental territorial; la efectividad de los derechos sociales económicos y culturales de los campesinos; la participación en las instancias de planificación y decisión regionales; y las características de las modalidades de producción.

Áreas arqueológicas protegidas (APP). Es un polígono o zona delimitada en el territorio de Colombia que, por las particularidades únicas de evidencias arqueológicas, requiere una especial protección y conservación con el fin de abrir las posibilidades para la investigación, la divulgación y el turismo responsable. Estas áreas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia, según el cual se permite realizar labores de agricultura tradicional, pero se restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Áreas de reserva especial minera (ARE). Son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera en donde existan explotaciones tradicionales de minería informal y cuya concesión solamente se otorgará a la comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional pero sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, modificada por el Decreto 019 de 2012). Se incluyen las zonas mineras especiales de comunidades negras y zonas mineras indígenas.

Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959. De acuerdo con la Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 3570 de 2011, se facultó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la época para reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y se otorga, exclusivamente, para la actividad cuya sustracción fue solicitada. Para la presente zonificación, las sustracciones se establecieron como condicionantes, dado que se realizan para una actividad determinada por la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.

Importancia de la variable

Alerta a los planificadores y productores sobre las áreas que, aun cuando posean aptitud para el cultivo, cuenten con regímenes especiales, culturales y normativos que condicionan las actividades económicas y productivas a desarrollar. En las zonas aptas para el cultivo de la granadilla, previo a la formulación de proyectos de inversión, se deberán considerar los siguientes criterios:

En áreas donde existan resguardos indígenas y tierras de las comunidades negras, se deberán surtir procesos de consulta previa de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 1320 de 1998.

Para el caso de las zonas de reserva campesina, los proyectos deberán ser agrosostenibles; contribuir al cumplimiento del plan de desarrollo sostenible de la zona; y ser socializados con la comunidad y demás entidades territoriales competentes en una audiencia pública, según lo establece el Acuerdo 024 de 1996 (Incora).

Para las áreas arqueológicas protegidas o zonas de influencia, los planes de manejo arqueológico determinarán los niveles permitidos de intervención, las condiciones de manejo y los planes de divulgación. Estas zonas de influencia arqueológica y los planes de manejo deberán ser aprobados por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh), de conformidad con el Decreto 763 de 2009, compendiado en el Decreto 1080 de 2015.

En lo que respecta a las áreas de influencia arqueológica, de acuerdo con el Decreto 833 del 2002, «en ningún caso la inexistencia de la declaratoria de una zona de influencia arqueológica, o la inexistencia de un Plan de manejo arqueológico, faculta la realización de alguna clase de exploración o excavación sin la previa autorización del Instituto Colombiano de Antropología e Historia».

En cuanto a las áreas de reserva especial minera (ARE), de acuerdo con el Decreto 019 de 2012, no se admitirán nuevas propuestas sobre todos o algunos minerales; y sólo se otorgarán concesiones a las mismas comunidades que hubieren realizado explotaciones tradicionales en estas áreas. De acuerdo con la Ley 685 de 2001, se considerarán *áreas libres* las que sean objeto de reservas especiales que no quedaron vinculadas a proyectos mineros comunitarios, por lo que podrán ser otorgadas a terceros proponentes.

Valor de restricción de la variable

No aplica por tratarse de un criterio condicionante (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La información espacializada contempló únicamente las tierras de las comunidades negras, los resguardos indígenas y las zonas de reserva campesina que están constituidos mediante un acto administrativo de la entidad competente (ANT). Las áreas de régimen especial declaradas no permiten diferenciar el origen del título (colonial o republicano). Para ello, se requiere que la entidad competente clarifique la vigencia legal de los títulos coloniales existentes y los reclasifique en las categorías que se incluyen en esta variable. Prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera realizar procesos de consultas previas, audiencias públicas, estudios de impacto o verificaciones *in situ* al momento de implementar desarrollos productivos en áreas donde existan procesos de saneamiento en resguardos indígenas

en curso; áreas con ocupación ancestral por parte de las comunidades negras; o zonas de reserva campesina con acto administrativo para empezar el proceso de constitución.

Metodología de procesamiento de la información

Precisiones de la información

La información espacializada correspondió a la cartografía expedida por la fuente oficial a la fecha en que ésta fue suministrada a la UPRA, por lo que es posible que existan nuevas áreas que cuenten con un acto administrativo vigente, pero que a la fecha no hayan sido incorporadas al sistema de información geográfica de la entidad emisora. A continuación, se precisa la información sobre las características de las figuras incorporadas:

Tierras de las comunidades negras. En los departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca, se ubica el 95 % de los territorios de comunidades negras, de los cuales el 54 % se encuentran en el Chocó, cifra que equivale a 3.065.265 hectáreas y que abarca casi la totalidad de las subregiones Pacífico sur y San Juan. Nariño es el segundo departamento con mayor proporción de territorio bajo esta figura, con 1.206.257 hectáreas, seguido del Cauca y Valle del Cauca, con 713.445 y 447.828, respectivamente. Sin embargo, en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bolívar, también se reportaron consejos comunitarios de extensiones que no superan las 500 hectáreas. Los consejos comunitarios más extensos del país se ubican en los municipios de Riosucio (Chocó) y Buenaventura (Valle del Cauca), los cuales abarcan entre 422.000 y 451.000 hectáreas. También se destacan los municipios con mayor representatividad de esta comunidad étnica: Nóvita, El Cantón del San Pablo y Medio San Juan, en el Chocó, donde más del 98 % de la zona está bajo esta figura de protección sociocultural.

Áreas de reserva, Ley 70 de 1993. De las cerca de 10 millones de hectáreas reservadas para las comunidades negras, el 79 % se encuentran en los departamentos del Chocó, Nariño y Antioquia; el 21 % restante está en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Risaralda y Caldas. Los municipios con menor área reservada para la constitución de consejos comunitarios son Guachucal (Nariño), Riosucio (Caldas) y Betania (Antioquia), con 37, 62 y 65 hectáreas, respectivamente. Cabe destacar que en las subregiones del Urabá, occidente y suroeste antioqueño existen municipios donde más del 97 % del área total ha sido reservado para comunidades negras. Este mismo fenómeno ocurre en otros departamentos, donde pese a estar la totalidad del municipio reservado para comunidades negras, a la fecha se reportan consejos comunitarios constituidos en extensiones bastante reducidas. Un ejemplo de ello son los municipios de El Cairo, Dagua, Versalles y El Dovio (Valle del Cauca), donde la extensión de los consejos constituidos equivale a menos del 10 % del total del territorio reservado para este grupo étnico. En los municipios de Pueblo Rico (Risaralda) y Argelia (Cauca), la cifra es de 18 %.

Resguardos indígenas. Son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas que, según la Constitución colombiana, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas, que, con

un título de propiedad colectiva, gozan de las garantías de la propiedad privada y poseen su propio territorio. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Decreto 2164 de 1995).

Zonas de reserva campesina. Las áreas constituidas como zonas de reserva campesina (ZRC) suman alrededor de 875.592 hectáreas, por lo que representan menos del 1 % de la extensión territorial de Colombia. Entre los años 1996 y 2018, se han constituido siete ZRC en todo el país; las más antiguas —que datan de los años 1997-1999— son las de Pato-Balsillas, en San Vicente del Caguán (Caquetá); Arenal-Morales, en el departamento de Bolívar; y la ZRC Guaviare, que abarca parte de los municipios de Calamar, El Retorno y San José del Guaviare. Esta última es la de mayor extensión, con 463.600 hectáreas. En el año 2000, se constituyeron las ZRC de Cabrera (Cundinamarca), Perla Amazónica (Puerto Asís, Putumayo) y la del Valle del río Cimitarra en la región del Magdalena Medio, entre los departamentos de Bolívar y Antioquia. La más reciente constitución de ZRC tuvo lugar el 16 de abril de 2018 en la región de los Montes de María, entre las inmediaciones de los departamentos de Sucre y Bolívar, cuyo nombre es Montes de María 2, y cuenta con una extensión de 44.481 hectáreas.

Áreas arqueológicas protegidas. Se identificaron 16 áreas arqueológicas protegidas, que incluyen las zonas directas e indirectas, como se registra en la siguiente tabla:

Áreas arqueológicas protegidas	Zona
Santa María de la Antigua del Darién	Directa
El Salado	Directa
Pueblito	Directa
La Lindosa	Raudal
	Pizarra
	Nuevo Tolima
	Los Túneles
	Los Alpes
	Limoncillo
	Campanilla
	Cerro Azul
Las Salinas	Directa
	Área de influencia
Piedras Blancas	Directa

Áreas arqueológicas protegidas	Zona
Piedras del Tunjo	Directa
UPTC Tunja	Directa
Pupiales	Directa
	Área de influencia
Tequendama	Directa
La Mojana	Directa
El Abra	Directa
El Infiernito	Directa
Arboleda	Directa
	Área de influencia
Mogua	Directa
	Área de influencia
Valle alto del río Checua	Directa
	Área de influencia

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden tierras de las comunidades negras; las áreas de reserva, Ley 70 de 1993; los resguardos indígenas; las zonas de reserva campesina; zonas de actividad aeronáutica; las áreas arqueológicas protegidas; y las áreas de reserva especial minera, de acuerdo con las fuentes de información oficial.

Fuentes de información

Agencia Nacional de Tierras (2016). *Áreas reservadas para comunidades negras, Ley 70 de 1993*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Agencia Nacional de Tierras (2018a). *Resguardos indígenas legalmente constituidos*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Agencia Nacional de Tierras (2018b). *Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos*. Agencia Nacional de Tierras (ANT).

Congreso Nacional de Colombia (2001). *Ley 685 de 2001, por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 44.522. Congreso Nacional de Colombia

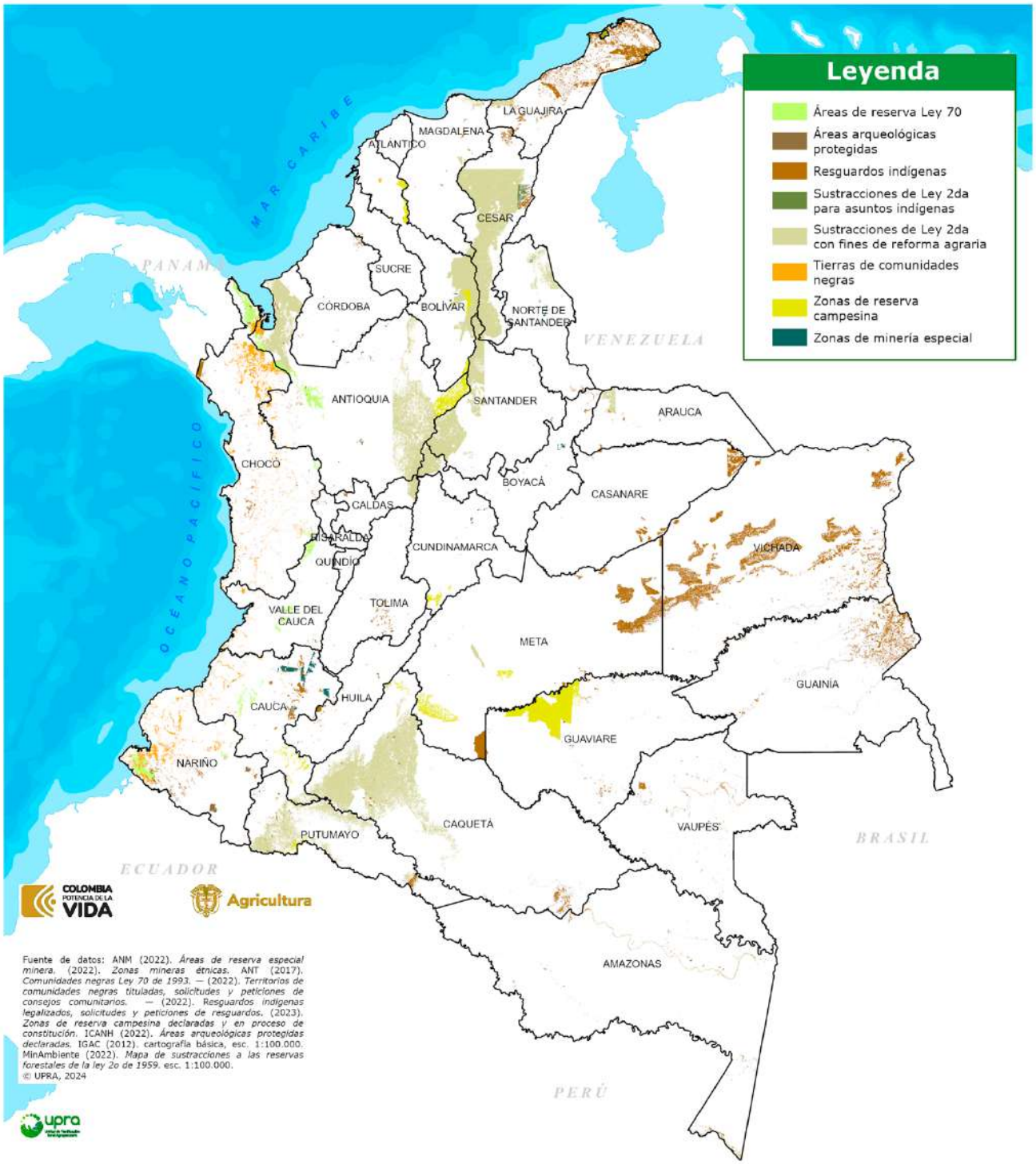
Instituto Colombiano de Antropología e Historia (2019). *Áreas arqueológicas protegidas*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia (Icanh).

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Presidencia de la República de Colombia (2012). Decreto 19 de 2012, por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública. Diario Oficial 48.308. Presidencia de la República de Colombia.

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condicionantes legales*
Variable *áreas de interés cultural y social*

5.1.7. Variable *áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *reas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

Agrupan áreas en páramos delimitados en donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles. De acuerdo con la Ley 1930 de 2018, se podrá permitir la continuación de las actividades agropecuarias de bajo impacto siempre y cuando se haga uso de buenas prácticas que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos. Según la Resolución 1294 de 2021 (MADR y MADS), corresponden a actividades agropecuarias de bajo impacto las «actividades agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan.».

Estas actividades deben garantizar prácticas que minimicen los impactos en el ecosistema de páramo, por lo que deben seguir los lineamientos de conservación y prácticas de manejo sostenible. Para la conservación del ecosistema, se considera lo siguiente: conservar las coberturas naturales y los parches de vegetación nativa existente; conservar y proteger los nacimientos y fuentes hídricas superficiales y subterráneas para la gestión sostenible del agua y de los humedales altoandinos; implementar estrategias de manejo del paisaje, como barreras vivas, cercas vivas multiestrato con especies funcionales propias del ecosistema, sistemas silvo-pastoriles o agrosilvopastoriles, bosque y aislamiento de áreas con fines de protección; proteger y recuperar las poblaciones de especies silvestres consideradas estructurantes de tipos de vegetación característicos de páramo y humedales de páramo, como pajonales, frailejonales, chuscales, matorrales o bosques achaparrados y vegetación de turberas; e implementar las medidas expedidas por las autoridades ambientales para el manejo y la gestión de eventos de interacción entre fauna silvestre y población humana.

Importancia de la variable

Permite identificar áreas donde establecer y desarrollar el cultivo de la granadilla debe ser analizado en mayor detalle para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de páramo.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Este condicionante depende de la actualización de la información resultante de las zonificaciones de los páramos o los ajustes que adelante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social (MADS) con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Metodología de procesamiento de la información

Para generar la representación cartográfica, se identificaron las áreas donde se efectúan actividades agropecuarias en páramos a partir de la capa de coberturas Corine Land Cover 2012 mediante la metodología de frontera agrícola.

Unidad de análisis

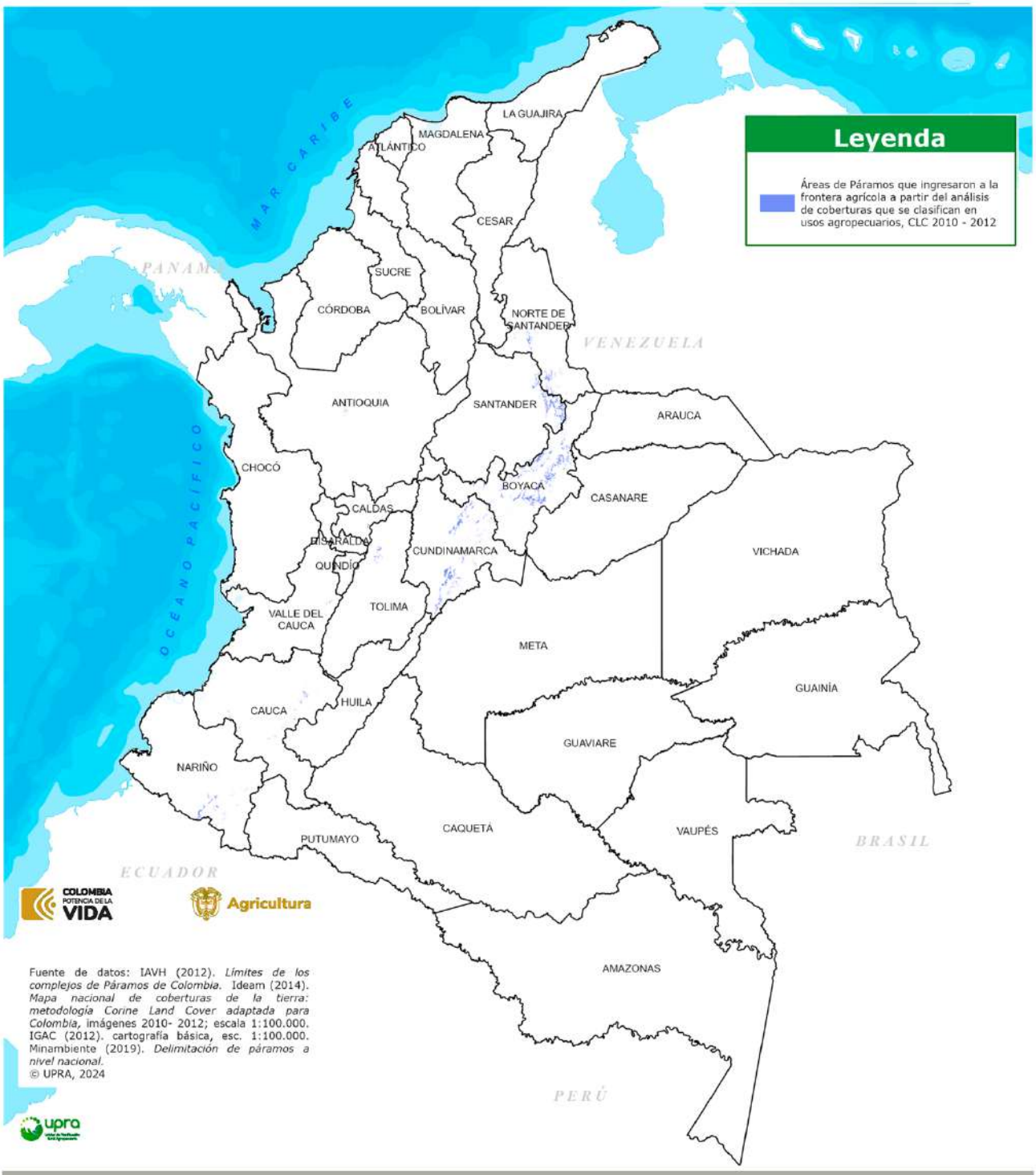
Áreas con actividades de bajo impacto en páramos.

Fuentes de información

Congreso de la República de Colombia (2018). *Ley 1930 de 2018, por medio de la cual se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia*. Diario Oficial 50.667. Congreso de la República de Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). *Resolución 1294 de 2021, por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones*. Diario Oficial 51.883. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condicionantes legales*
Variable *áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios*

5.1.8. Variable *gestión de riesgo*

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de la granadilla *(Passiflora ligularis* Juss.) para el mercado nacional y de exportación	
Criterio asociado: *condicionantes legales*		
Variable: *gestión de riesgo*		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	

Definición

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, en la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la gestión del riesgo corresponde al «proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones se proponen contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible». Entre las subvariables de gestión de riesgo, se incluyen *amenaza por remoción en masa muy alta*, *amenaza volcánica* y *áreas inundables*, como se describe a continuación.

Amenaza por remoción en masa muy alta. Comprende el desplazamiento ladera abajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de la gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o las características del material (UPRA, 2018). Esta amenaza se considera un peligro latente, relacionado con un fenómeno físico de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes o el medio ambiente.

Amenaza volcánica alta. De acuerdo con la UPRA (2018), abarca cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no contempla la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán, e incide en el arrasamiento y destrucción de la vegetación, de los cultivos y de las estructuras existentes en su trayectoria.

Áreas inundables. Se entienden como zonas con desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río o cualquier cuerpo o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM, 2012). De acuerdo con el Ideam (2017), la inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona.

Importancia de la variable

Permite identificar áreas de gestión de riesgo que potencialmente afecten el sector agropecuario, en particular, el establecimiento y desarrollo del cultivo de la grabadilla.

Valor de restricción de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La normativa permite establecer y desarrollar cultivos comerciales de grabadilla en estas áreas condicionadas, por lo que sólo se exige el cumplimiento de las líneas de política determinadas en cada caso. La actualización de la información cartográfica depende de los ajustes que realice el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Metodología de procesamiento de la información

Conforme al Decreto 1449 de 2015, se debe hacer pública la información de gestión de riesgo en el sector agropecuario. De tal modo, para identificar las amenazas por remoción en masa, se consideró la información del mapa nacional integrado de amenaza por movimiento en masa a escala 1:100.000 del IGAC; para identificar las áreas de amenaza volcánica, se tuvo como base la información del mapa nacional integrado de amenaza volcánica a escala 1:100.000 del IGAC. Según el Ideam (2017), el mapa de inundaciones se construye con información de eventos pasados o de la extensión potencial de inundación considerando los posibles impactos. El mapa de inundaciones muestra los eventos observados con la respectiva extensión.

Unidad de análisis

Áreas inundables; áreas de amenaza volcánica; áreas de amenaza por remoción en masa.

Fuentes de información

Congreso de la República de Colombia (2012). *Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 48.411. Congreso de la República de Colombia.

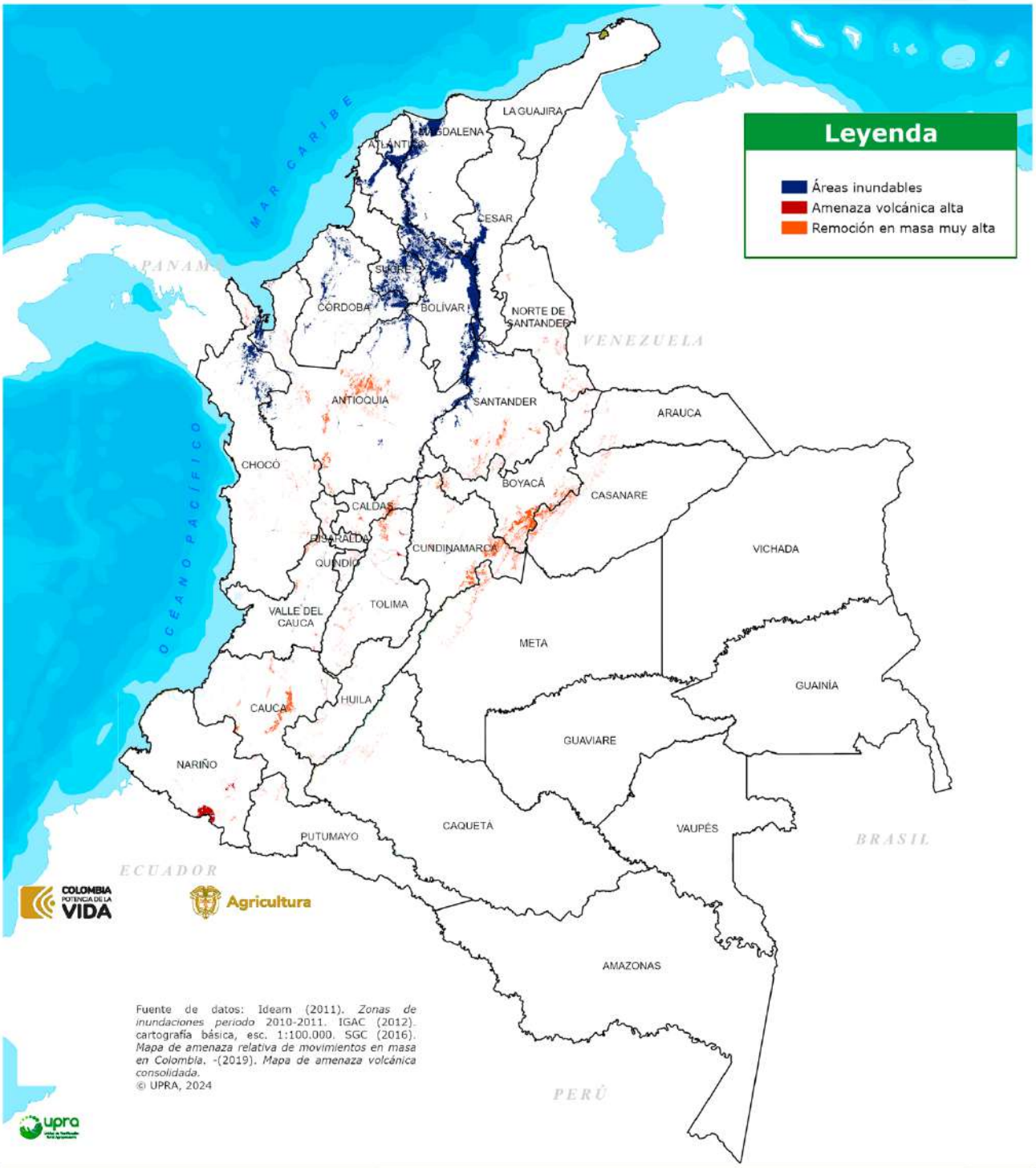
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2017). *Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Centro Nacional de Modelación (CNM), Subdirección de Hidrología. https://n9.cl/zpm5h

Organización Meteorológica Mundial y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Organización Meteorológica Mundial (OMM). https://n9.cl/7k8qk

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2018). *Identificación general de la frontera agrícola en Colombia a escala 1:100.000*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio *condicionantes legales*
Variable *gestión de riesgo*

Cultivo comercial de granadilla

· Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000 ·

En este documento se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de la granadilla (Passiflora ligularis Juss.) en Colombia para su comercialización en el mercado nacional e internacional a escala 1:100.000. El estudio es producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que ha llevado a cabo la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) con el fin de dirigir la inversión del sector agropecuario.