

CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE HASS

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS
EN COLOMBIA
A ESCALA 1:100.000





CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE HASS

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS

EN COLOMBIA

A ESCALA 1:100.000

M E M O R I A T É C N I C A



Juan Manuel Santos Calderón
Presidente de la República de
Colombia

Ministerio de Agricultura y
Desarrollo Rural (MADR)
Juan Guillermo Zuluaga Cardona
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Unidad de Planificación Rural
Agropecuaria (UPRA)
Felipe Fonseca Fino
Director general

Mercedes Vásquez de Gómez
Secretaria general

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

Daniel Alberto Aguilar Corrales
Director técnico de Uso Eficiente del Suelo Rural
y Adecuación de Tierras

Daniel Mauricio Rozo Garzón
Jefe de la Oficina de Tecnologías de la
Información y las Comunicaciones

Luz Marina Arévalo Sánchez
Gloria Cecilia Chaves Almanza
Emiro José Díaz Leal
Sandra Milena Ruano Reyes
Johana Trujillo Moya
Asesores

Director temático

Daniel Alberto Aguilar Corrales

Revisores temáticos

Felipe Fonseca Fino
Daniel Alberto Aguilar Corrales

Líder

Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Autores

Felipe Fonseca Fino
Daniel Alberto Aguilar Corrales
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Julio Hernando Urbina Ávila
Javier Otero García
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Edwin René García Márquez
Yesid Yucumá Castillo
Luis Eduardo García Castellanos
Carlos Humberto Escobar Torres
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Enrique Rodríguez Parrado
Julián David Ayala Pinzón
Adriana Marcela Porras Rey
Fabiola del Carmen Enciso Enciso
Claudia Acosta Latorre
Julián David Ayala Pinzón
Adisedit Camacho
Claudia Patricia Acosta Latorre
Juan Ricardo Osmos
Jaime Ernesto Lozano Martínez

Colaborador

Pedro David Porras Rodríguez

Representación cartográfica

Daniel Mauricio Rozo Garzón
Luz Mery Gómez Contreras
Fernando Antonio Castillo Jiménez
Edward Alejandro Moreno Bojacá
Nancy Milena Alarcón Fernández
David Leonardo Cifuentes López

Corrección de texto y estilo

Sandra Marcela Sepúlveda Ortega
Clara Inés Valderrama Mendoza

Diseño y diagramación

Felipe Alejandro García Barbosa
Carlos Andrés Acero Rodríguez

Fotografías

Banco de imágenes de la UPRA

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)
ISBN: 978-958-5552-24-1

Este documento es propiedad de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Solo se permite su reproducción parcial cuando no se use con fines comerciales, citándolo así: Fonseca, F.; Aguilar, D.; Siachoque, R.; Urbina, J.; Otero, J.; Páramo, G.; García, E. [...] y Lozano, J. (2018). «Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000». Bogotá: UPRA. Recuperado de <URL de ubicación del documento>.



Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000, producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras a nivel nacional que lleva a cabo la UPRA, orientados a direccionar la inversión del sector agropecuario.

El documento contiene cuatro secciones: la primera plantea unos antecedentes del sector, en términos de su importancia a nivel internacional y nacional, zonificaciones existentes y marcos político y normativo de la cadena; la segunda aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, el enfoque socioecosistémico y de competitividad, los cuales se describen en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico; la tercera sección consiste en la metodología de la zonificación, desde la definición del tipo de utilización de la tierra hasta la evaluación de la matriz multicriterio; y por

último, se presentan los resultados de la zonificación, plasmados en el mapa de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, como también las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, se anexan, para cada uno de los criterios y variables utilizados en la zonificación de aptitud, las fichas metodológicas que describen su importancia, rangos de calificación y mapas de salida como soporte al proceso metodológico.

Se identificaron nueve criterios físicos, cinco socioecosistémicos y ocho socioeconómicos, en total 22, a partir de los cuales se obtuvo el mapa de zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. En el mapa se identificó que se tienen 3.935.177 hectáreas (ha) aptas, de las cuales 632.639 ha (0,6 %) corresponden a una aptitud alta (A1); 1.806.841 ha (1,6 %), a aptitud media (A2) y 1.495.697 ha (1,3 %), a aptitud baja (A3).

Palabras clave: aguacate variedad Hass, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud, zonificación.



Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| Resumen | 3 |
| Tabla de contenido | 4 |
| Índice de cuadros | 6 |
| Índice de figuras | 8 |
| Glosario | 10 |
| Lista de abreviaturas | 12 |
| Lista de símbolos | 14 |
| Introducción | 16 |
| 1. Antecedentes | 20 |
| 1.1. Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de aguacate en Colombia | 20 |
| 1.2. Contexto sectorial | 20 |
| 1.2.1. El cultivo del aguacate..... | 20 |
| 1.2.2. Contexto mundial | 26 |
| 1.2.3. Contexto nacional | 30 |
| 1.3. Marco político..... | 38 |
| 1.4. Marco normativo | 38 |
| 1.5. Alcances y limitaciones | 41 |
| 2. Marco conceptual | 44 |
| 3. Metodología | 48 |
| 3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT)..... | 49 |
| 3.2. Criterios de análisis jerárquico | 56 |



| | |
|--|------------|
| 3.2.1. Criterios físicos..... | 56 |
| 3.2.2. Criterios socioecosistémicos | 61 |
| 3.2.3. Criterios socioeconómicos | 64 |
| 3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas | 69 |
| 3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales | 76 |
| 3.5. Análisis multicriterio | 83 |
| 3.5.1. Proceso analítico jerárquico..... | 83 |
| 3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico | 84 |
| 3.6. Análisis espacial y modelos cartográficos | 87 |
| 3.7. Proceso de validación de los mapas | 92 |
| 3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva de aguacate variedad Hass . | 93 |
| 3.7.2. Validación en campo..... | 94 |
| 4. Resultados | 98 |
| 5. Conclusiones y recomendaciones | 104 |
| 6. Bibliografía..... | 108 |
| 7. Anexo | 114 |



Índice de cuadros

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| Cuadro 1. | Producción mundial de aguacate periodo 2012–2015 (miles de t) | 26 |
| Cuadro 2. | Producción de aguacate (t) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014) | 27 |
| Cuadro 3. | Área cosechada de aguacate (ha) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014) | 27 |
| Cuadro 4. | Rendimiento de aguacate (t/ha) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014) | 28 |
| Cuadro 5. | Principales países exportadores de aguacate 2001-2015 (USD FOB) | 29 |
| Cuadro 6. | Exportaciones de aguacate por países en 2015. | 29 |
| Cuadro 7. | Importaciones de aguacate por países en 2015 | 30 |
| Cuadro 8. | Área, producción y rendimiento del cultivo de aguacate en Colombia | 31 |
| Cuadro 9. | Área, producción y rendimiento de aguacate Hass en Colombia | 32 |
| Cuadro 10. | Balanza comercial para el aguacate en Colombia (USD) | 33 |
| Cuadro 11. | Exportaciones colombianas de aguacate (t) | 34 |
| Cuadro 12. | Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate en Colombia | 38 |
| Cuadro 13. | Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate en Colombia | 38 |
| Cuadro 14. | Participación del área del cultivo del aguacate y de las explotaciones según tamaño de la finca | 53 |
| Cuadro 15. | Suministro de aguacates a Corabastos, Bogotá, en 2014 | 55 |
| Cuadro 16. | Suministro de aguacate a la Central Mayorista de Antioquia en 2014. | 55 |
| Cuadro 17. | Criterios y variables del subcomponente climático | 57 |
| Cuadro 18. | Criterios y variables del subcomponente edáfico | 58 |
| Cuadro 19. | Criterios y variables del subcomponente fitosanitario | 61 |
| Cuadro 20. | Criterios y variables del componente socioecosistémico | 63 |
| Cuadro 21. | Criterios y variables del componente socioeconómico | 66 |
| Cuadro 22. | Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales | 69 |
| Cuadro 23. | Rangos de aptitud definidos desde el componente físico | 70 |



| | |
|---|------------|
| Cuadro 24. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico..... | 72 |
| Cuadro 25. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico | 73 |
| Cuadro 26. Exclusiones legales..... | 77 |
| Cuadro 27. Condicionantes legales | 79 |
| Cuadro 28. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico | 84 |
| Cuadro 29. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio | 84 |
| Cuadro 30. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo de aguacate variedad Hass | 85 |
| Cuadro 31. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo de aguacate variedad Hass | 101 |
| Cuadro 32. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass | 101 |
| Cuadro 33. Resultados del mapa de zonificación para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000 | 100 |
| Cuadro 34. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass | 101 |



Índice de figuras

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| Figura 1. | Aspectos morfológicos del aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.) | 21 |
| Figura 2. | Calendario de cosecha del aguacate variedad Hass en Colombia | 32 |
| Figura 3. | Calendario de presencia en el mercado mundial y ventanas de oportunidades. | 32 |
| Figura 4. | Exportaciones e importaciones de aguacate (t) | 33 |
| Figura 5. | Distribución geográfica del área sembrada en aguacate Hass en Colombia | 35 |
| Figura 6. | Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales | 44 |
| Figura 7. | Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales | 48 |
| Figura 8. | Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales | 49 |
| Figura 9. | Esquema de la cadena productiva del aguacate. | 54 |
| Figura 10. | Criterios y variables del componente físico | 56 |
| Figura 11. | Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica | 62 |
| Figura 12. | Criterios y variables del componente socioecosistémico | 62 |
| Figura 13. | Criterios y variables del componente socioeconómico | 65 |
| Figura 14. | Mapa de exclusiones legales para la zonificación de aptitud | 78 |
| Figura 15. | Mapa de condicionantes para la zonificación de aptitud | 82 |
| Figura 16. | Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud | 87 |
| Figura 17. | Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate Hass. | 89 |
| Figura 18. | Modelo cartográfico del componente físico | 90 |
| Figura 19. | Modelo cartográfico del componente socioecosistémico | 90 |
| Figura 20. | Modelo cartográfico del componente socioeconómico. | 91 |
| Figura 21. | Modelo cartográfico de exclusiones legales | 91 |
| Figura 22. | Modelo cartográfico de condicionantes. | 92 |
| Figura 23. | Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud | 92 |



| | |
|---|------------|
| Figura 24. Registro fotográfico del taller de socialización en Corpoica en Palmira (Valle del Cauca), 25 de julio de 2016. | 93 |
| Figura 25. Registro fotográfico del taller de socialización en Asohofrucol en Pereira (Risaralda), 12 de septiembre de 2016 | 93 |
| Figura 26. Registro fotográfico del taller de socialización en Corpoica en Rionegro (Antioquia), 16 de septiembre de 2016 | 94 |
| Figura 27. Registro fotográfico de los recorridos de campo exportadora Wolf & Wolf, 13 de septiembre de 2016 | 94 |
| Figura 28. Registro fotográfico de los recorridos de campo en Risaralda y Caldas | 95 |
| Figura 29. Registro fotográfico de los recorridos de campo en El Retiro (Antioquia), 16 de septiembre de 2016..... | 95 |
| Figura 30. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000 | 99 |
| Figura 31. Principales departamentos con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass. | 101 |
| Figura 32. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass. | 101 |
| Figura 33. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass. | 102 |



Glosario

Agua azul: flujo horizontal de agua, es decir, el agua de escorrentía, las fuentes de agua superficial, ríos y lagos, fuentes de agua subterránea, acuíferos (FAO, 2000).

Agua verde: flujo vertical de agua, es decir, agua almacenada en el suelo que soporta la vegetación en secano, se mantiene en el suelo y recarga las fuentes de agua superficial o subterránea (FAO, 2000).

Aptitud de la tierra: capacidad de un tipo de tierra para una clase especificada de utilización, resultado del análisis de combinaciones de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos, condicionantes y restricciones legales.

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

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

Condicionante legal: zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario.

Criterio: conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural.

Enfoque ecosistémico: uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas y el mantenimiento de la integridad ecológica como paradigma de conservación para el bienestar humano, en cuya visión las estrategias de gestión deben considerar tanto la dinámica en las diferentes escalas de la organización biológica como las relaciones e interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales (Martín-López *et al.*, 2009; Minambiente, 2012, citados por UPRA, 2014).

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

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

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

Fertirrigación: técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego.



Índice de agua no retornada a la cuenca: relación entre la huella total de la cuenca (multisectorial) y la disponibilidad de agua azul (oferta hídrica disponible año medio) para cada una (Ideam, 2015).

Índice de presión hídrica de los ecosistemas (IPHE): se define como la relación entre la huella hídrica verde total de la cuenca (sector agrícola sector pecuario) y la disponibilidad de agua verde (DAV) para cada cuenca (Ideam, 2015).

Índice de regulación hídrica: capacidad de retención de humedad de las cuencas, con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios.

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

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

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

Lista de abreviaturas

- a. de C.** Antes de Cristo
- AC** Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
- ACES** Área de concentración de especies sensibles en el territorio
- AICA** Áreas de importancia para la conservación de las aves
- AHP** Proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process)
- ANH** Agencia Nacional de Hidrocarburos
- APC** Áreas prioritarias de conservación
- APHIS** Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria (Animal and Plant Health Inspection Service)
- Asohofrucol** Asociación Hortifrutícola de Colombia
- Bancoldex** Banco de desarrollo empresarial y comercio exterior de Colombia
- BPA** Buenas Prácticas Agrícolas
- CAN** Comunidad Andina
- CECN** Conectividad estructural de las coberturas naturales
- Cedagro** Centro para el desarrollo agroecológico y agroindustrial
- CIC** Capacidad de intercambio catiónico
- CNA** Consejo Nacional de Aguacate
- CONPES** Consejo Nacional de Política Económica y Social
- Corabastos** Corporación de Abastos de Bogotá S. A.
- Corpohass** Corporación de Productores y Exportadores de Aguacate Hass de Colombia
- Corpoica** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
- DANE** Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- DCS** Distrito de conservación de suelos
- DEM** Modelo digital de elevación (Digital Elevation Model)
- DH** Disponibilidad hídrica
- DHR** Disponibilidad hídrica real
- DMI** Distrito de manejo integrado
- DNP** Departamento Nacional de Planeación
- ENA** Estudio nacional del agua
- ENSO** Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (El Niño Southern Oscillation)
- ETP** Evapotranspiración potencial
- ETR** Evapotranspiración real
- FAG** Fondo Agropecuario de Garantías
- FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
- Finagro** Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
- FOB** Libre a bordo (Free On Board). Cláusula de comercio internacional
- GAP** Good Agricultural Practices
- GDB** Geodatabase
- IAVH** Instituto Alexander von Humboldt
- IC** Índice de competitividad
- ICA** Instituto Colombiano Agropecuario
- ICANH** Instituto Colombiano de Antropología e Historia
- ICR** Incentivo a la capitalización rural
- Ideam** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
- IE** Integridad ecológica
- IGAC** Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- Inat** Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
- Incoder** Instituto Colombiano de Desarrollo Rural



- IPM** Índice de pobreza multidimensional
- IRH** Índice de retención y regulación hídrica
- ISRIC** International Soil Reference and Information Centre
- IUA** Índice de uso de agua
- LEC** Línea especial de crédito
- LMR** Límite máximo de residuos
- MADS** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- MAVDT** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2002–2011)
- Minagricultura** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
- Minambiente** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Mincultura** Ministerio de Cultura
- Mineducación** Ministerio de Educación Nacional
- Minhacienda** Ministerio de Hacienda y Crédito Público
- Minprotección** Ministerio de la Protección Social
- Minsalud** Ministerio de Salud y Protección Social
- Mintransporte** Ministerio de Transporte
- m s.n.m.** Metros sobre el nivel del mar
- OMM** Organización Meteorológica Mundial
- PEA** Población económicamente activa
- 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
- PNUD** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PRAN** Programa Nacional de Reactivación Agropecuaria
- PSI** Porcentaje de sodio intercambiable
- Runap** Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
- SAT** Sociedades agrarias de transformación
- SENA** Servicio Nacional de Aprendizaje
- SGC** Servicio Geológico Colombiano
- SIG** Sistemas de información geográfica
- SINA** Sistema Nacional Ambiental
- Sinap** Sistema Nacional de Áreas Protegidas
- SIOC** Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas
- SMMLV** Salario mínimo mensual legal vigente
- SRTM** Misión topográfica Shuttle Radar (Shuttle Radar Topography Mission)
- SZH** Subzona hidrográfica
- TLC** Tratado de libre comercio
- TUT** Tipo de utilización de la tierra
- UAF** Unidad agrícola familiar
- UARIV** Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas
- UICN** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
- UN** Universidad Nacional de Colombia
- Unesco** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
- UPRA** Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
- USDA** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)
- WWF** The World Wide Fund for Nature



Lista de 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
- kPa** kilopascal (10^3 Pa)
- L** litro
- ln** logaritmo natural
- m** metro
- m²** metro cuadrado
- m³** metro cúbico
- me** miliequivalente
- mm** milímetro
- mol** cantidad de sustancia
- Pa** pascal (unidad de presión)
- ppm** partes por millón
- S** siemens (medida de conductancia eléctrica)
- t** toneladas métricas

CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



Introducción

Introducción

Dentro de las «Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018», se recalca el impulso a la competitividad rural «a través de la provisión de bienes y servicios sectoriales que permitan hacer de las actividades agropecuarias una fuente de riqueza para los productores del campo» (DNP, 2014), combinando arreglos institucionales y multisectoriales y atributos del territorio para brindar una mayor equidad de la población rural. Para lograr lo anterior, el Gobierno nacional requiere, entre otras directrices, promover el uso eficiente del suelo y los recursos naturales por medio del diseño de instrumentos a escalas semidetalladas que identifiquen los suelos con capacidad productiva en el marco del concepto de crecimiento verde; parte de esta responsabilidad recae sobre la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

La UPRA fue creada por el Decreto 4145 del 3 de noviembre de 2011 como una unidad administrativa especial de carácter técnico y especializado, sin personería jurídica, adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica.

De acuerdo con lo señalado en el artículo 5 del Decreto 4145 de 2011, se establecen, entre otras, las siguientes funciones 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 internos y externos; definir criterios y diseñar instrumentos, para el ordenamiento del suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, que sirvan de base para la definición de políticas para ser consideradas por las entidades territoriales en los planes de ordenamiento territorial.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que, en el proyecto de inversión «Fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras a nivel nacional» de la UPRA, se establece como segundo objetivo «desarrollar metodologías, lineamientos y criterios para la planificación del uso eficiente del suelo rural y proyectos de adecuación de tierras», la Dirección de Uso Eficiente y Adecuación de Tierras de la UPRA propuso desarrollar estudios para la planificación del uso eficiente del suelo, la adecuación de tierras y el ordenamiento productivo.

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

Teniendo en cuenta lo anterior, surgió la necesidad, por parte de la UPRA, de proponer diferentes zonificaciones para el sector agropecuario y forestal, abordados desde un enfoque interdisciplinario, partiendo de la premisa de que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas con una combinación de características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes



procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009).

En 2014, la UPRA planteó una metodología fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos son ponderados de acuerdo con las características propias de una determinada cadena productiva.

En el marco de dicha actividad, la UPRA adelanta estudios que sirvan como referencia para su actividad misional o como medio para la validación de las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en el marco de las demás actividades. Para 2015, la UPRA llevó a cabo la zonificación de aptitud de seis cadenas productivas a escala 1:100.000, que contaron, en sus diferentes fases, con la activa participación de diferentes actores y cuyos resultados deberán orientar los procesos de planificación y uso eficiente del suelo rural para este subsector.

Dentro de los objetivos específicos del proyecto referido están:

- La elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, a escala 1:100.000, 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 distintos criterios para la zonificación, así como la identificación y estandarización de la información geográfica disponible en las bases de datos asociadas.

- La elaboración, con base en la metodología propuesta, del mapa de zonas aptas para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, a escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro capítulos: en el primero, se desarrolla un contexto general del tema, que incluye la importancia económica del subsector, así como los marcos político y normativo asociados al cultivo; el segundo describe los fundamentos conceptuales sobre los cuales se basa la zonificación de aptitud; el tercero contiene el desarrollo de la metodología empleada, incluyendo los criterios usados dentro de los tres componentes, su evaluación y ponderación, para la obtención del mapa de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas; por último, el cuarto capítulo contiene los resultados obtenidos e identifica las áreas aptas para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Al final, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proceso de zonificación de aptitud a escala 1:100.000 y el anexo que contiene las fichas metodológicas de los criterios y variables utilizados en la zonificación de aptitud para el uso eficiente del suelo rural dentro de la frontera agropecuaria, para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia.

Fotografía: archivo UPRA





SAN LUIS

MUNICIPIO DE SAN LUIS

Cuchilla El Cajicá

El Pando

La Reforma

Alto La Cruz

RÍO CUCUMANA

RÍO CUCUMANA

San Anestasio

Colares

Mesa de Ortega

Fábulo

Cerro La Campana

Loma Larga

Mesa de la Cruz

MUNICIPIO DE ORTEGA

ORTEGA

Toporco

El Cedral

Cerro El Neme

Samaria

Pueblo Nuevo

Filo Balsillas

Olaya Herrera

Olaya Herrera

Lemayá

COYAIMA

Guapi

Filo Malnombro

MUNICIPIO DE COYAIMA

Duena Vista

Cerro Hilarco

Torreón Grande

CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA

ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



Antecedentes

1. Antecedentes

El mapa de zonificación para cultivos comerciales de aguacate variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA, fortaleciendo así el desarrollo de políticas del sector, la consolidación de posibles núcleos productivos y orientando de esta manera inversiones a escala nacional o regional; es decir, la zonificación es parte del proceso de planificación agrícola y constituye una herramienta de carácter indicativo para la toma de decisiones.

1.1 Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de aguacate en Colombia

Desde el año 2009, el Programa de Transformación Productiva (PTP) ha venido trabajando en la transformación, crecimiento y competitividad de la industria colombiana y el impulso al desarrollo de las empresas de 20 sectores de la economía en el país. El sector hortofrutícola es estratégico para la seguridad alimentaria y presenta un alto potencial para impulsar el desarrollo económico y social de la nación, por lo que se hace necesario adelantar las acciones priorizadas en el plan de negocios que le permitan convertirse en un sector de talla mundial.

Se definieron planes de negocios para el sector hortofrutícola concertados con los sectores público y privado, así como los productos hortofrutícolas con mayor potencial productivo y competitivo: papaya híbrido Tainung, piña MD2, mango, aguacate variedad Hass, fresa, ají tabasco, pimentón y cebolla de bulbo. Para el efecto, el PTP adelantó un primer estudio para la determinación de la zonificación de aptitud de los productos hortofrutícolas. Además, Bancoldex y UT Crece-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, con el apoyo metodológico de la UPRA, adelantaron un trabajo conjunto para la zonificación de aptitud de los productos hortofrutícolas priorizados por el programa, empleando la metodología de la UPRA.

1.2 Contexto sectorial

1.2.1 El cultivo del aguacate

El aguacate (*Persea americana* Mill.), también conocido como palta o avocado, es una planta originaria de las zonas altas situadas desde el

centro y oriente de México y Guatemala hasta Centroamérica. En esta amplia zona geográfica, los materiales silvestres fueron domesticados, lo que dio lugar a tres razas ecológicas o subespecies: mexicana (*drymifolia*), guatemalteca (*guatemalensis*) y antillana (*americana*).

Los hallazgos de fósiles demuestran que los mayas, aztecas e incas domesticaron el aguacate cientos de años antes de la llegada de los españoles a América. Esta es una de las plantas más antiguas del continente americano. Smith (1966) reportó su existencia entre los años 8000 y 7000 a. de C. en una cueva de Coxcatlán, región de Tehuacán (Puebla, México) de donde se habría extendido hacia Venezuela, Ecuador, Perú y Colombia. En el siglo XVI, se extendió a España; en el siglo XVIII, a Brasil y Filipinas; en el siglo XIX a Islas Canarias, Hawái, Costa Rica y Estados Unidos y, en la década de 1920, se distribuyeron materiales comerciales desde California a Sudáfrica, Israel, Chile y Australia.

Los actuales cultivares comerciales de aguacate —tanto en zonas subtropicales como en la zona ecuatorial— son el producto de la hibridación entre las razas ecológicas.

La variedad Hass fue patentada en 1935 por Rudolph Hass. Pertenece a la raza guatemalteca *Persea nubigena* var. *guatemalensis* y se adapta a temperaturas de 5 a 19 °C y alturas entre 1800 y 2000 m s. n. m., en zonas subtropicales. Produce frutos esféricos, ovalados, con corteza gruesa y quebradiza; la pulpa es cremosa, sin fibra y de excelente sabor. El fruto presenta un color que va desde el verde opaco hasta el morado oscuro de acuerdo con su grado de madurez (Bernal y Díaz, 2005, citados por ICA, 2012).

1.2.1.1 Clasificación taxonómica

El aguacate pertenece a la clase Dicotiledónea, subclase Dipétala, orden Ranales, familia Lauraceae, género *Persea*, especie *Persea americana* (Miller).

1.2.1.2 Descripción botánica y morfología

El aguacate es una especie perenne, muy vigorosa, de crecimiento erecto y puede alcanzar hasta los 30 m de altura (ICA, 2012). El sistema radical es superficial con un patrón de crecimiento horizontal. La raíz pivotante puede alcanzar una profundidad máxima de 1,50 m

(entre el 70 y 80 % de las raíces secundarias y terciarias se desarrollan en los primeros 60 cm del suelo).

La raíz es susceptible al ataque de organismos fitopatógenos, así mismo, posee pocos pelos absorbentes y esta característica provoca susceptibilidad al encharcamiento, lo que hace que la planta se asfixie con facilidad (Alfonzo, 2008).

La superficie del tronco es rugosa, pubescente y presenta lenticelas de color verde con ramificación intensa y distribución verticulada de las ramas; las más jóvenes son de color rojo cobrizo, de mayor intensidad hacia el ápice. La copa es de porte mediano y de crecimiento globoso, lo que permite altas densidades de siembra (ICA, 2012).

Las hojas son simples, alternas, enteras, elípticas, alargadas y pedunculadas, con nervaduras pinnadas con inserción peciolada. La epidermis es pubescente y en la madurez se torna lisa, coriácea con color verde intenso en el haz. Las hojas jóvenes son de color rojizo y una epidermis pubescente; en su madurez se tornan lisas, acartonadas y de un verde mate intenso y oscuro (Alfonzo, 2008).

La inflorescencia está constituida por unas diez panículas ramificadas, que contienen hasta 450 flores. Estas son hermafroditas, trímeras, simétricas, aromatizadas, de 1 cm de diámetro; para evitar la autofecundación, presentan dicogamia protogínica sincronizada diariamente, es decir que los órganos masculino y femenino de una misma flor se abren en dos momentos distintos y separados.

Los cultivares de aguacate se clasifican con base en el comportamiento del ciclo floral en dos tipos: A y B (Pérez, 1986, citado por Alfonzo, 2008). Las flores abren primero como femeninas, cierran por un periodo fijo y luego aparecen como masculinas (ICA, 2012). El tipo A abre primero en la mañana y la segunda vez en la tarde del día siguiente; el ciclo de apertura floral dura de 30 a 36 horas. Los cultivares de tipo B presentan un patrón contrario: las femeninas abren en la tarde y la apertura masculina se hace en la mañana siguiente; su ciclo es de 20 a 24 horas (Alfonzo, 2008).

El fruto del aguacate es una baya carnosa de forma periforme, ovoide, globular o alargada de superficie lisa o rugosa. Esta varía de verde claro a verde oscuro

y de violeta a negro de acuerdo con la variedad, y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que este se separa del árbol. Estas características —y otras como la estructura, consistencia de la cáscara y pulpa— están determinadas por la raza y variedad cultivada. Los frutos con cáscara dura son resistentes al transporte y manipuleo (Alfonzo, 2008). Por su parte, el fruto del aguacate variedad Hass es ovalado, de tamaño pequeño a mediano, con corteza gruesa, lenticelas pequeñas, textura corchosa y superficie áspera. Presenta un tono oscuro cuando está en el árbol y, al madurar, toma una coloración verde púrpura (Ríos *et al.*, 2005, citado por ICA, 2012). La semilla es monoembrionica con dos cotiledones, de tamaño mediano y forma redonda; la pulpa, a mediados y finales de la maduración, es de color amarillo crema.

El fruto demora unos 180 días entre la floración y la maduración; posterior a su madurez fisiológica, los frutos son retenidos en la planta hasta por seis meses, sin perder su calidad de manera significativa (Bernal y Díaz, 2005, citados por ICA, 2012).

La figura 1 permite observar algunas de las principales características de la planta de aguacate.

Figura 1. Aspectos morfológicos del aguacate (*Persea americana* Mill.)



Fuente: <<http://www.tlahui.com/medic/medic28/aguacate.htm>>

1.2.1.3 Cultivares (razas, variedades e híbridos)

Las características raciales permiten diferenciar las variedades. Además, indican adaptación a diversas zonas de cultivo y son referentes de algunas propiedades químicas y organolépticas de los frutos como sabor y color (Pérez Rivera, 1986, citado por Baíza, 2003).

El término raza diferencia características específicas que se propagan y fijan espontáneamente por semilla, tales como color de brotes, olor de la hoja, forma y largo del pedúnculo, tamaño y rugosidad del fruto, entre otros (Calabrese, 1992). La composición genética del aguacate ha determinado la formación de tres razas: mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), guatemalteca (*Persea nubigena* var. *guatemalensis*) y antillana (*Persea americana* var. *americana*), las que en el proceso evolutivo se desarrollaron bajo diferentes condiciones edafoclimáticas (Bernal y Díaz, 2005). A continuación, se describen las principales características de las variedades de aguacate, de acuerdo con lo reportado por Baíza (2003), Lavaire (2013) y otros autores.

Raza mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*): originaria de los valles y altiplanos de México central, con clima subtropical a templado y alturas de 1500 hasta más de 2000 m s.n.m.; es resistente al frío (Baíza, 2003). Sus frutos son pequeños, de cáscara delgada, superficie lisa y la coloración del fruto es de tonalidades verdes, moradas y negras; la pulpa tiene sabor a nuez y el árbol presenta alternancia.

Raza guatemalteca (*P. nubigena* var. *guatemalensis*): originaria del centrooccidente de Guatemala, con alturas entre 1000 y 2000 m s.n.m. Se adapta a condiciones subtropicales. Los frutos son esféricos, ovalados o piriformes; presenta cáscara gruesa, resistente

al transporte del fruto. La semilla es pequeña y la pulpa abundante, con un sabor a almendra o nuez, pedúnculo cónico y brotes tiernos rojizos.

Dentro de la raza guatemalteca se destacan la variedad Hass, que es el principal cultivar del mundo, con 10 a 15 % de raza mexicana, producto de una mutación espontánea seleccionada por Rudolph G. Hass en Habra Heights (California) en 1927. Se adapta desde los 1200 hasta 2300 m s.n.m., es autofértil, con fruto oval y piriforme, cáscara rugosa de tamaño mediano, de color verde —que se oscurece al madurar, tornándose negro—, de pedúnculo corto y resistente a la manipulación y al transporte. Es una planta perenne de tallo leñoso, follaje siempre verde y raíz superficial (Amórtegui, 2001). La pulpa tiene excelente sabor, sin fibra y contiene de 18 a 22 % de aceite. El aguacate variedad Hass es altamente productivo y, con riego localizado, puede alcanzar alrededor de 16 t/ha (Alfonzo, 2008). En Colombia, esta variedad se siembra en clima frío moderado entre los 1800 y 2500 m s.n.m. (Bernal *et al.*, 2014).

Otro cultivar de raza guatemalteca es el Reed, originario de California (Estados Unidos). Presenta fruto redondo, tamaño mediano a grande con corteza verde, ligeramente rugoso y se pela fácilmente, de pulpa cremosa con sabor a nuez. Es un árbol precoz altamente productivo de porte erecto (Bernal, 2008).

Raza antillana (*P. americana* var. *americana*): originaria de la costa del Pacífico de Chiapas (México), Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Esta raza se adapta a temperaturas de 18 a 26 °C, en alturas menores a 1000 m s.n.m.; es susceptible al frío, resistente a salinidad y clorosis; el fruto es de gran tamaño desde 250 g hasta 2500 kg de peso (Bernal, 2008).

Fotografía: archivo UPRA



Dentro de la raza antillana se destaca Lorena, que es una variedad originada en la finca Lorena, en Palmira, Valle del Cauca (Colombia) en 1957. Es un aguacate que se comporta muy bien a bajas altitudes y su época de cosecha en Colombia es de mediados de noviembre a febrero, y de abril a julio (Bernal, 2008).

Raza costaricensis: es originaria de condiciones subtropicales de Costa Rica, endémica de alturas entre 800 y 1500 m s.n.m. y es susceptible al frío. Presenta frutos pequeños, pedúnculo cilíndrico de grosor medio, cáscara lisa y flexible de grosor mediano y pulpa de sabor ligero o insípido (Téliz *et al.*, 2000).

Raza híbrida (Mexicana x Guatemalteca): combina las características de los aguacates mexicanos, tales como la resistencia al frío, con el tamaño y la calidad de los guatemaltecos. De esta manera, se generan frutos de tamaño intermedio y la maduración tiende a ser también intermedia (Bernal, 2008). El Fuerte es uno de los más sembrados en el mundo y de origen mexicano; los árboles son de porte bajo y precoces, frondosos, resistentes al frío, y es autofértil. Su fruto es piriforme u oblongo, con cáscara delgada, lisa, flexible y de color verde, con peso entre 250 y 450 g, con contenido de grasa entre 18 y 24 %, pulpa amarilla de excelente calidad y con sabor a nuez, de semilla pequeña y pegada a la pulpa (Bernal, 2008).

1.2.1.4 Aspectos fitosanitarios

El cultivo del aguacate presenta, durante su desarrollo y producción, plagas y enfermedades que están entre los factores que más limitan la productividad, la calidad y la longevidad de las plantas. A continuación, se presenta una breve reseña de los principales limitantes fitosanitarios de este cultivo, de acuerdo con lo reportado por autores como el ICA (2006).

Las enfermedades de mayor impacto económico para el cultivo comercial del aguacate son:

Pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi* Rands): la pudrición se presenta en cualquier etapa del cultivo (Erwin *et al.*, 1983; Ploetz *et al.*, 1994; Saltaren *et al.*, 1998; Lozano, 2004); en vivero, las plantas pueden llegar a morir prematuramente antes del prendimiento del injerto, debido a la necrosis del cuello del patrón. En otras ocasiones, las plántulas presentan poco crecimiento, reducido desarrollo foliar y amarillamiento generalizado de las hojas (Ploetz *et al.*, 1994); se presenta

muerte ascendente del patrón y descendente de la copa (ICA, 2012). A medida que avanza la infección, la parte basal del tallo del patrón se necrosa (Bernal *et al.*, 2014). En condiciones de campo, la enfermedad se presenta en focos, en las zonas más húmedas (Ramírez, 2013), manifestándose en detención del crecimiento de los árboles, reducción del tamaño de las hojas que pierden su color verde normal y son de apariencia pálida (Córdova y Barriga, 1968; Ploetz *et al.*, 1994). En alta severidad, el hongo puede atacar la base del tallo y colonizarlo totalmente, hasta causar marchitamiento, secamiento y hasta la muerte de la planta (Ploetz *et al.*, 1994). Puede ocurrir excesiva floración y fructificación, pero con frutos pequeños; los árboles mueren gradualmente de los extremos de las ramas, hacia abajo (ICA, 2012).

Marchitamiento de la planta de aguacate (*Verticillium albo atrum* Reinke & Berthier): los árboles afectados detienen parcialmente su crecimiento. El hongo invade los tallos y las ramas de un lado de la planta, lo que produce marchitez repentina, parcial o total de las hojas (Ploetz *et al.*, 1994). Estas toman una coloración café, permanecen adheridas a la planta por algún tiempo y luego caen. Los frutos se mantienen en el árbol, pero después caen y se presenta paloteo o muerte descendente de algunas ramas. En un corte longitudinal de la rama, se observa una necrosis color café claro que se extiende por un lado, a lo largo de la misma o puede abarcarla totalmente (Zentmyer, 1949; Ploetz *et al.*, 1994, citados por Bernal *et al.*, 2014).

Roña (*Sphaceloma perseae* Jenkins): en los frutos se presentan lesiones de apariencia corchosa, redondas o irregulares, color pardo o café claro, que pueden unirse y afectar parcial o totalmente el fruto (Zentmyer, 1949; Ploetz *et al.*, 1994, citados por Bernal *et al.*, 2014). Estas son superficiales sin afectar la calidad de la pulpa, aunque pueden ocurrir grietas que favorecen el ingreso de otros organismos fitopatógenos. En las hojas jóvenes y brotes tiernos se observan lesiones de 1 a 2 mm de diámetro, de color café oscuro, rodeadas de un leve halo clorótico en la hoja, lo que le da un aspecto roñoso y arrugado a la lámina foliar (Ploetz *et al.*, 1994, citado por Bernal *et al.*, 2014).

Pudrición del fruto por *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill.: el ataque está favorecido por humedad relativa alta o mal almacenamiento, por la

aparición de un moho grisáceo en el punto de inserción del pedúnculo con el fruto (Lund, 1977; Tamayo, 2004, citado por Bernal *et al.*, 2014). Es posible observar una pequeña lesión de color café o pudrición que invade parcialmente la cáscara y la pulpa de los frutos (Tamayo, 2004, citado por Bernal *et al.*, 2014). La pulpa afectada presenta sabor desagradable por la pudrición generada (ICA, 2012).

De otra parte, dentro de las plagas de importancia económica que afectan el cultivo del aguacate, se encuentran:

Pasador del fruto o polilla de la semilla del aguacate (*Stenoma catenifer* Walsingham): el adulto es una polilla de extensión alar entre 25 y 28 mm. La larva entra en la fruta en todos los estados de desarrollo y hace galerías que alcanzan la semilla; las larvas de cuarto y quinto instar causan el mayor daño, alimentándose de los cotiledones de la semilla (Bernal *et al.*, 2014).

En frutos atacados, se observan exudados blanquecinos y acumulación de excrementos en el orificio de entrada y pueden encontrarse varias larvas. Muchos frutos infestados con larvas de *S. catenifer* caen prematuramente. Allí, las larvas siguen alimentándose de las semillas antes de salir del fruto y empupan en el suelo (Hoddle, 2011, citado por ICA, 2012). Además, en periodos vegetativos y en floración, pueden llegar a afectar las ramas laterales, donde construyen túneles longitudinales al punto incluso de ocasionar la muerte de la rama.

Escama (*Coccus viridis* Green): se alimentan de hojas, tallos y frutos. Cuando hay una gran cantidad, estas secretan un líquido pegajoso sobre el cual crece el *Capnodium* sp., hongo causante de la fumagina que atrae hormigas. En altas densidades, las escamas pueden causar defoliación (Bernal y Díaz, 2005, citado por ICA, 2012). En Colombia se conocen alrededor de ciento ochenta especies de escamas en 13 familias.

Hormiga arriera (*Atta cephalotes*): estos insectos se clasifican en tres castas diferentes: obreras, machos o zánganos, y reinas, las cuales miden de 24 a 26 mm de largo. Las hormigas pueden causar la defoliación total o parcial del árbol de aguacate y afectan especialmente hojas y ramas tiernas; son de gran importancia económica en trasplante y durante los primeros seis meses de establecimiento del cultivo (ICA, 2012).

Trips (*Frankliniella gardeniae* Moulton; *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche; *Selenothrips rubrocinctus* Girard; *Frankliniella occidentalis* Pergante y *Thrips palmi* Karny): causan daños en hojas, flores y frutos de varias especies vegetales. Son insectos de 1 a 2 mm, delgados y con alas plumosas. No son buenos voladores, pero pueden ser llevados a grandes distancias por el viento. El ciclo biológico de algunos trips es de alrededor de 21 días; las hembras pueden ovipositar hasta 37 huevos. Los inmaduros y el adulto raspan el tejido vegetal al alimentarse; la hembra hace daño con el ovipositor al perforar varios puntos en el fruto antes de depositar los huevos (González-Hernández *et al.*, 2000, citados por Bernal *et al.*, 2014). La plaga se distribuye en focos y por esto es frecuente encontrar ramas y frutos atacados, mientras el resto del árbol o árboles vecinos están libres de ella.

Fotografía: archivo UPRA



Picudo del aguacate (*Compsus* sp.; *Heilipus lauri Boheman*): el adulto es un gorgojo que mide entre 14 a 17 mm de largo, es de color negro o marrón oscuro brillante y tiene dos bandas amarillas incompletas. Tanto larvas como adultos se alimentan de tallos, ramas y frutos, destruyéndolos en su totalidad (Castañeda-Vildozola *et al.*, 2007). El daño del adulto es provocado por la perforación del fruto en la oviposición (Caicedo *et al.*, 2010), mientras que la larva causa la pudrición de la pulpa y destruye parcial o totalmente la semilla, lo que ocasiona la caída del fruto (Garbanzo, 2011).

Nematodos (*Helicotylenchus* Steiner; *Rotylenchulus Lindford & Oliveira*; *Pratylenchus Filipjev*): esta plaga afecta directamente la absorción de agua y nutrientes en el cultivo, lo que reduce la vida útil de las plantas y favorece también la entrada de otros organismos fitopatógenos. En consecuencia, se presenta escaso desarrollo foliar, pobre crecimiento y clorosis moderada.

1.2.1.5. Recomendaciones de manejo

La decisión de siembra de un cultivo de aguacate variedad Hass debe considerar la planeación integral de las diferentes actividades que contribuyan a minimizar los riesgos de pérdidas por efectos ambientales, así como prever las necesidades de recursos económicos, de insumos y mano de obra, que respondan a los requerimientos de sostenibilidad ambiental, productividad y competitividad.

1.2.1.5.1. Previo a la siembra

El productor deberá disponer de suficiente información acerca de las características de la zona y el historial del predio que se va a cultivar, con el propósito de disminuir los riesgos asociados al ataque de plagas y enfermedades, así como el efecto negativo de algunos elementos del clima, como las heladas o condiciones adversas del suelo. Con este fin, el proceso de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass se constituye en un importante insumo que la UPRA deja a disposición de los productores para una correcta decisión de siembra con base en la determinación de aptitud de las tierras, el cual ofrece diversas características desde los componentes físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos.

Se recomienda considerar el mercado objetivo de la producción comercial de aguacate variedad Hass con el objeto de trazar un plan de negocios

dirigido al mercado nacional o la exportación, con el fin de buscar las mejores condiciones de oferta en términos de oportunidad, calidad y precio, así como la posible competencia en los diferentes escenarios de comercialización. Se prefiere el establecimiento de cultivos de aguacate variedad Hass en zonas que cuenten con suficiente infraestructura de vías, servicios públicos, mano de obra y mercados, que le permitan al productor mejorar la rentabilidad del negocio.

Será necesario realizar una selección y clasificación del material de siembra, preferiblemente procedente de viveros registrados ante el ICA. En el caso de hacer almárgos, se recomienda una selección de la semilla para patrón y un proceso adecuado de injertación que favorezca el buen desarrollo de las plántulas.

Se requiere que el productor se asegure de que los predios presenten unos niveles freáticos ideales que no generen encharcamientos, inundaciones, ni excesos de agua en la zona de raíces, para disminuir el riesgo de diseminación, propagación e incidencia de enfermedades, así como los efectos negativos, dada la susceptibilidad de los árboles a los excesos de humedad. De igual forma, se recomienda evitar el establecimiento de cultivos en zonas de cobertura natural, de protección o de condicionamiento legal, de rondas de aguas corrientes o estancadas, o en lotes de excesiva pendiente o de alta salinidad.

Es recomendable llevar a cabo una planeación del trazado del cultivo de acuerdo con la topografía, que facilite una apropiada densidad de siembra de árboles. En la etapa vegetativa del cultivo es posible hacer uso del suelo con diferentes especies vegetales, como actividad complementaria a la explotación comercial de aguacate variedad Hass.

Un adecuado plan de fertilización debe tener en cuenta los requerimientos del cultivo, el nivel de rendimiento esperado y la oferta de nutrientes del suelo. En este último aspecto, será indispensable hacer la toma de muestras de suelos para determinar sus propiedades y el balance de minerales, de materia orgánica y demás parámetros. Así mismo, la fertilización foliar se constituye en una posibilidad de aportar nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo.

Los productores de aguacate variedad Hass que deseen implementar mecanismos de certificación

en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) o Global GAP (Good Agricultural Practices) deberán garantizar la trazabilidad de todos los procesos y el cumplimiento de las obligaciones adquiridas. Bajo estos sistemas, se asegura la inocuidad del alimento, la protección del medioambiente y el bienestar de los trabajadores vinculados a la producción.

1.2.1.5.2. Durante el desarrollo del cultivo

Se hace necesario efectuar una correcta selección de un material de siembra de óptima calidad, en términos de sanidad y productividad, que garantice el éxito del cultivo a establecer, por medio de viveros debidamente registrados.

Un adecuado trasplante —así como la correcta implementación de las labores de siembra, drenajes, podas, riego, manejo de plagas, enfermedades y arvenses, fertilización y cosecha— será indispensable para optimizar la productividad del cultivo de aguacate variedad Hass.

Para el control de los problemas fitosanitarios, se recomienda la implementación de medidas de manejo integrado, partiendo de una acertada identificación del origen de los daños o síntomas, así como de la incidencia, severidad o prevalencia de los patógenos. Este manejo incluye las podas sanitarias y el uso de la aplicación de control biológico y microbiológico. El control químico será una alternativa que podrá utilizarse como una medida adicional, siempre y cuando se observen las recomendaciones de la etiqueta, donde se destacan las dosis, las frecuencias de aplicación, las mezclas, la rotación de los mecanismos de acción y los periodos de carencia.

El suministro de agua a través de sistemas de riego suplementario, en los casos que se utilice, se constituye en una herramienta que, aparte de suplir las demandas hídricas en las etapas críticas del cultivo, especialmente épocas secas o de baja precipitación, favorece el aumento en el rendimiento. Para el riego, el sistema a aplicar deberá contemplar un análisis de la calidad del agua.

Igualmente, las aplicaciones foliares de plaguicidas y fertilizantes solubles y otras sustancias que permitan proteger y cuidar el cultivo deberán atender las recomendaciones del uso eficiente del agua.

Para una óptima cosecha, es necesario un monitoreo del llenado, cuajado y punto de cosecha de la fruta, con el fin de asegurar la calidad que requieren los diferentes mercados, así como determinar los parámetros como color, tamaño y niveles máximos de daño permitidos.

1.2.1.5.3. En la poscosecha

Se recomienda establecer un protocolo de recolección, selección y empaque; y, para mantener la calidad de la fruta luego de la cosecha, evitar la excesiva manipulación.

Se deben asegurar procesos eficientes de selección y clasificación en campo: los frutos no comerciales, deformes, con daños mecánicos o pudriciones, así como los demás residuos de cosecha, deberán tener una disposición final adecuada que impida que se constituyan en fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

1.2.2 Contexto mundial

La producción mundial de aguacate creció a un ritmo sostenido en el periodo 2012-2015 (cuadro 1).

Cuadro 1. Producción mundial de aguacate periodo 2012-2015 (miles de t)

| Año | Producción mundial (miles de t) |
|-------|---------------------------------|
| 2012 | 4470 |
| 2013 | 4717 |
| 2014 | 4862 |
| 2015* | 5021 |

*Estimado

Fuente: Statista (2017).

De acuerdo con FAOSTAT (2015), citado por Blog agricultura (2017), para el año 2014, el principal país productor fue México con 1.520.695 toneladas (t) (30,2 %), seguido por República Dominicana (8,5 %), Perú (6,9 %), Indonesia (6,1 %) y Colombia (5,0 %). El cuadro 2 registra los diez principales países productores de aguacate en el mundo.

Cuadro 2. Producción de aguacate (t) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014)

| País | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| México | 1.107.135 | 1.264.141 | 1.316.104 | 1.467.837 | 1.520.695 |
| República Dominicana | 288.684 | 295.081 | 290.011 | 387.546 | 428.301 |
| Indonesia | 224.278 | 275.953 | 294.200 | 289.901 | 307.326 |
| Perú | 184.370 | 213.662 | 268.525 | 288.387 | 349.317 |
| Colombia | 205.443 | 215.089 | 255.195 | 294.997 | 288.739 |
| EE. UU. | 158.150 | 205.432 | 238.495 | 166.106 | 179.124 |
| Kenia | 202.294 | 149.241 | 166.948 | 177.799 | 218.692 |
| Chile | 166.382 | 156.247 | 160.000 | 165.000 | 160.000 |
| Brasil | 153.189 | 160.376 | 159.903 | 157.482 | 156.699 |
| Ruanda | 130.407 | 138.337 | 145.000 | 151.846 | 161.519 |
| Mundo | 3.946.231 | 4.230.120 | 4.490.729 | 4.742.432 | 5.028.756 |

Fuente: Blog agricultura (2017).

Igualmente, FAOSTAT (2015), citado por Blog agricultura (2017), reporta un crecimiento sostenido de la superficie cosechada de aguacate en el mundo, de 462.281 ha en 2010 a 547.849 ha en 2014. Para el año 2014, el principal país productor fue México con

153.771 ha (28,1 %), seguido por Colombia (6,3 %), Chile (5,8 %), Perú (5,5 %) y EE. UU. (4,4 %). El cuadro 3 registra los diez principales países productores de aguacate en el mundo.

Cuadro 3. Área cosechada de aguacate (ha) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014)

| País | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| México | 123.403 | 126.598 | 130.308 | 144.244 | 153.771 |
| Chile | 34.057 | 36.388 | 36.386 | 36.355 | 31.727 |
| Colombia | 21.592 | 24.513 | 27.555 | 32.089 | 34.513 |
| EE. UU. | 24.253 | 24.261 | 25.000 | 24.767 | 23.876 |
| Perú | 17.750 | 19.339 | 21.615 | 25.753 | 30.320 |
| Indonesia | 20.507 | 21.653 | 20.989 | 21.061 | 23.981 |
| Ruanda | 17.615 | 18.127 | 17.000 | 18.735 | 19.000 |
| China | 15.500 | 16.000 | 16.500 | 17.000 | 17.500 |
| Sudáfrica | 15.000 | 13.800 | 16.500 | 16.000 | 20.000 |
| Camerún | 14.200 | 14.623 | 14.500 | 15.674 | 15.929 |
| Mundo | 462.281 | 477.376 | 493.132 | 528.085 | 547.849 |

Fuente: Blog agricultura (2017).

Por su parte, el rendimiento del aguacate en el mundo se ha mantenido en un promedio de 9 t/ha durante los años 2010 a 2014, de acuerdo con el reporte de Blog agricultura (2017). No obstante, países como Guayana Francesa, Samoa, República Dominicana y Palestina superan ampliamente este registro, mientras que Sri

Lanka y Marruecos están en la media del rendimiento mundial, producto del descenso reportado para 2014.

El cuadro 4 muestra el comportamiento del rendimiento de aguacate en cuatro años en diez países del mundo.

Cuadro 4. Rendimiento de aguacate (t/ha) de los diez principales países en el mundo (periodo 2010–2014)

| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|
| Guayana Francesa | 35 | 36 | 36 | 36 |
| Samoa | 29 | 29 | 30 | 30 |
| República Dominicana | 27 | 28 | 26 | 30 |
| Palestina | 22 | 23 | 24 | 24 |
| Kenia | 20 | 15 | 15 | 16 |
| Marruecos | 18 | 13 | 26 | 9 |
| Brasil | 14 | 15 | 17 | 16 |
| Sri Lanka | 17 | 17 | 19 | 8 |
| Polinesia Francesa | 14 | 14 | 15 | 14 |
| Líbano | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Mundo | 9 | 9 | 9 | 9 |

Fuente: Blog agricultura (2017).

1.2.2.1 Dinámica de mercados en el ámbito global

En los últimos años, el consumo mundial de aguacate se ha multiplicado debido al aumento de la demanda urbana de productos frescos y a los requerimientos crecientes de la industria cosmética y la culinaria. Lo anterior se ha visto reforzado por hábitos de consumo que seleccionan alimentos nutritivos o enriquecidos, así como naturales y orgánicos, nuevas

líneas de productos verdes, de comida rápida verde o formas de presentación y envasado innovadoras (Asohofrucol, 2013).

El 90 % del mercado de aguacate en el mundo es de la variedad Hass. Las proyecciones apuntan a que su consumo crecerá a una tasa de 3 % anual. Se estima que existe un déficit de abastecimiento por el crecimiento del consumo del 87 % entre 2003 y 2013 (Asohofrucol, 2013).

La tendencia del mercado mundial muestra que el aguacate variedad Hass tiene un enorme potencial comercial, dadas sus posibilidades de consumo en fresco, además de su utilización en la industria, en particular en la elaboración de aceite, cosméticos, cremas, jabones, champú y de sus procesados, tales como guacamole, congelados y pastas. Los usos industriales han estado relacionados con fines cosméticos y, más recientemente, en la producción de aceite extra virgen para fines culinarios, que sustituye al aceite de oliva en diversos usos.

Entre 2001 y 2015, las exportaciones de aguacate han sido dominadas casi por los mismos países, 17 de 20 se mantienen como principales exportadores, con algunas variaciones (cuadro 5). México, Chile, Países Bajos, España, Perú, Israel, EE. UU., República Dominicana y Francia ocupan los primeros lugares a lo largo de 14 años; Colombia junto con Marruecos, Hong Kong y Tanzania han ganado posicionamiento en el mercado mundial de la fruta.

Fotografía: ICA



Cuadro 5. Principales países exportadores de aguacate 2001-2015 (USD FOB)

| Puesto | Países | 2001 | Porcentaje (%) | 2015 | Porcentaje (%) |
|--------|------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| 1 | México | 78.026 | 23,00 | 1.648.997 | 50,80 |
| 2 | Países Bajos | 26.001 | 7,60 | 320.782 | 9,90 |
| 3 | Perú | 3488 | 1,00 | 303.779 | 9,40 |
| 4 | España | 54.034 | 15,90 | 212.749 | 6,60 |
| 5 | Chile | 51.712 | 15,20 | 208.569 | 6,40 |
| 6 | EE. UU. | 11.865 | 3,50 | 99.416 | 3,10 |
| 7 | Nueva Zelanda | 10.788 | 3,20 | 62.559 | 1,90 |
| 8 | Sudáfrica | 11.179 | 3,30 | 59.808 | 1,80 |
| 9 | Kenia | 8434 | 2,50 | 57.973 | 1,80 |
| 10 | Israel | 37.060 | 10,90 | 52.631 | 1,60 |
| 11 | Francia | 23.428 | 6,90 | 46.443 | 1,40 |
| 12 | Alemania | 2991 | 0,90 | 30.990 | 1,00 |
| 13 | Bélgica | 4612 | 1,40 | 29.885 | 0,90 |
| 14 | Marruecos | - | - | 16.862 | 0,50 |
| 15 | Rep. Dominicana | 8551 | 2,50 | 16.586 | 0,50 |
| 16 | Colombia | - | 0,00 | 10.279 | 0,30 |
| 17 | Hong Kong, China | - | - | 9358 | 0,30 |
| 18 | Tanzania | - | - | 8311 | 0,30 |
| 19 | Reino Unido | 669 | 0,20 | 6964 | 0,20 |
| 20 | Brasil | 523 | 0,20 | 6561 | 0,20 |
| | Total | 339.979 | 100 | 3.246.610 | 100 |

Fuente: Trade Map y Marbury (2016).

La participación de los países latinoamericanos pasó de 41,9 % en 2001 a 67,6 % en 2015 debido, en gran parte, a las exportaciones mexicanas que crecieron más de 91 % en el mismo periodo. Este comportamiento latinoamericano ha ido en detrimento de los países europeos que pasaron del 32,9 % en 2001 a 20,2 % en 2015.

El cuadro 6 muestra que el principal exportador fue México, con poco menos de ochocientos setenta mil toneladas; seguido por los Países Bajos, con cerca de ciento nueve mil; y Chile, con aproximadamente noventa y un mil. Se destaca que Ruanda, Camerún e Indonesia no se encuentran entre los mayores exportadores, a pesar de ser grandes productores; es decir, que producen para su abastecimiento interno. El 73 % del volumen exportado se concentró en México, Perú y Países Bajos.

Cuadro 6. Exportaciones de aguacate por países en 2015

| Países | Exportaciones (t) | Participación (%) |
|---------------|-------------------|-------------------|
| México | 863.503 | 55 |
| Perú | 175.640 | 11 |
| Países Bajos | 108.414 | 7 |
| Chile | 90.010 | 6 |
| España | 81.581 | 5 |
| Sudáfrica | 48.798 | 3 |
| EE. UU. | 37.887 | 2 |
| Kenia | 29.142 | 2 |
| Nueva Zelanda | 19.197 | 1 |
| Francia | 15.271 | 1 |
| Alemania | 10.533 | 1 |
| Otros países | 89.160 | 6 |
| Total | 1.569.136 | 100 |

Fuente: FAO (2016).

En 2015, Colombia ocupó el puesto 15 del volumen de exportaciones con 5543 t y el puesto 25 en términos de valor exportado con USD 10,3 millones.

En cuanto a las importaciones de aguacate, estas fueron encabezadas por EE. UU., con USD 1703 millones

(46 % del total), seguido por los Países Bajos con USD 310 millones, Francia con USD 281 millones y Reino Unido con USD 169 millones. Los países de la Unión Europea concentraron el 29 % de las importaciones (cuadro 7).

Cuadro 7. Importaciones de aguacate por países en 2015

| Países | Valor (Miles de USD) | Participación (%) | Toneladas (t) | Participación (%) |
|--------------|-------------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| EE. UU. | 1.702.932 | 46 | 867.071 | 42 |
| Países Bajos | 309.568 | 8 | 145.678 | 7 |
| Francia | 280.885 | 8 | 116.177 | 6 |
| Reino Unido | 169.427 | 5 | 77.359 | 4 |
| Canadá | 155.653 | 4 | 70.033 | 3 |
| Japón | 153.516 | 4 | 57.588 | 3 |
| Alemania | 145.385 | 4 | 47.490 | 2 |
| España | 126.940 | 3 | 60.956 | 3 |
| Australia | 53.466 | 1 | 15.214 | 1 |
| Suecia | 51.903 | 1 | 17.764 | 1 |
| China | 45.092 | 1 | 15.989 | 1 |
| Otros países | 533.388 | 15 | 562.353 | 27 |
| Total | 3.728.155 | 100 | 2.053.672 | 100 |

Fuente: FAO (2016).

1.2.3 Contexto nacional

1.2.3.1 Importancia económica

En Colombia, cerca de ciento treinta mil familias derivan sus ingresos del aguacate. De acuerdo con Minagricultura (2016), en 2015 se generaron 31.646 empleos directos y 96.373 indirectos en todo el país.

El subsector del aguacate participa con aproximadamente un 5 % de los empleos directos generados dentro del sector frutales y con un 3,7 % del empleo total generado en el sector agrícola. La mano de obra en el cultivo de aguacate ocupa el segundo lugar en importancia en los costos de producción, con lo que se prevé que este cultivo aportará en gran medida a la ocupación de más personas en el área rural del territorio nacional.

Colombia tiene condiciones favorables para aprovechar el potencial de mercado interno y externo de aguacate en los próximos años. El país tuvo un crecimiento histórico de sus exportaciones de aguacate

de 215 % entre 2014 y 2015. Cerca del 30 % del área sembrada en el territorio nacional es de la variedad Hass, que es la de mayor demanda en el mundo.

De acuerdo con el Minagricultura, el aguacate en Colombia ha presentado un crecimiento en área sembrada y producción total entre 2014 y 2016. La superficie cultivada pasó de 27.177 ha en 2014 a 30.055 en 2016, mientras que la producción pasó de 248.936 t a 290.382 t en el mismo periodo (cuadro 8).

Fotografía: archivo UPRA



Cuadro 8. Área, producción y rendimiento del cultivo de aguacate en Colombia

| Departamentos | Área (ha) | | | Producción (t) | | | Rendimiento (t/ha) | | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016* | 2014 | 2015 | 2016* |
| Tolima | 9068 | 9291 | 10.894 | 58.851 | 77.208 | 90.529 | 8,01 | 8,31 | 8,31 |
| Antioquia | 4784 | 4902 | 5225 | 50.810 | 50.490 | 54.758 | 10,66 | 10,30 | 10,48 |
| Caldas | 3751 | 3748 | 3818 | 42.086 | 40.628 | 42.761 | 11,22 | 10,84 | 11,20 |
| Santander | 2994 | 3138 | 3258 | 26.107 | 26.327 | 27.823 | 8,72 | 8,39 | 8,54 |
| Bolívar | 2921 | 2941 | 2969 | 30.466 | 30.527 | 30.966 | 10,43 | 10,38 | 10,43 |
| Cesar | 1953 | 1882 | 1989 | 15.624 | 14.962 | 15.852 | 8,00 | 7,95 | 7,97 |
| Valle del Cauca | 1706 | 1795 | 1902 | 24.992 | 26.332 | 27.693 | 14,65 | 14,67 | 14,56 |
| Total | 27.177 | 27.697 | 30.055 | 248.936 | 266.474 | 290.382 | 10,24 | 10,12 | 10,21 |

* Estimado

Fuente: Minagricultura (2016).

Los departamentos de Tolima, Antioquia y Caldas presentan los mayores registros en área sembrada y producción anual en el año 2016; por su parte, los mayores rendimientos estimados se presentan en los departamentos de Valle del Cauca (14,5 t/ha), Antioquia (10,5 t/ha) y Bolívar (10,4 t/ha), superiores al promedio nacional que alcanza 10,2 t/ha para ese mismo año.

La información del tercer Censo Nacional Agropecuario permite establecer que en Colombia se producen 442.652 t de aguacate en 74.991 ha; es decir, hay un rendimiento promedio nacional de 5,9 t/ha. Los departamentos con mayor participación en la producción de aguacate como fruta fresca fueron: Valle del Cauca, Tolima, Antioquia, Nariño, Caldas y Cesar con el 69,0 % de la producción en el área rural dispersa censada. A su vez, estos departamentos concentraron el 64,6 % del área cosechada de aguacate (DANE, 2017).

Por otro lado, el crecimiento del consumo per cápita de aguacate ha pasado de 4,7 a 6,5 kg en cuatro años.

En Colombia las variedades sembradas son papellillos, pieles verdes, criollos y Hass. El departamento de Bolívar se cataloga como la principal despensa de aguacate criollo antillano del país, variedad que se caracteriza por la recolección en árboles nativos con poco o nulo manejo agronómico.

Entre 2010 y 2015 se sembraron 52.123 ha de la variedad Hass, con un crecimiento anual de área de 21 % (Minagricultura, 2016). El área cosechada en el mismo periodo ascendió a 7323 ha para una producción total entre 2010 y 2015 de 58.581 t. Esta producción provino casi en su totalidad de cerca de siete mil hectáreas ubicadas principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Risaralda, Quindío, Caldas, Tolima, Valle y Antioquia. En el Tolima, la producción de aguacate variedad Hass se concentra en los municipios de Fresno, Palocabildo, Casabianca, El Líbano y Herveo.

En el Cauca se han incrementado las áreas establecidas en aguacate variedad Hass, y la meseta de Popayán es la principal zona productora, en especial en los municipios de Popayán, Morales, Piendamó, Tambo y Timbío, en los que se encuentran aproximadamente cuatrocientas veinte hectáreas de esta variedad en el año 2016.

De acuerdo con Portal Agrícola y Finagro, citados por la Cámara de comercio colomboamericana (2015), Colombia siembra 24.094 ha, con una producción de 228.784 t y un rendimiento promedio de 5,9 t/ha de aguacate Hass. El cuadro 9 muestra el detalle de los indicadores por zonas productoras, donde se distinguen eje cafetero, Tolima y Antioquia con un 76,4 % del total.



Cuadro 9. Área, producción y rendimiento de aguacate Hass en Colombia

| Zona | Área (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|-----------------|---------------|----------------|--------------------|
| Antioquia | 4819 | 47.941 | 9,95 |
| Eje Cafetero | 6184 | 63.671 | 10,34 |
| Tolima | 7822 | 63.224 | 8,08 |
| Valle del Cauca | 1598 | 22.959 | 14,37 |
| Cundinamarca | 451 | 3567 | 7,92 |
| Santander | 3218 | 27.422 | 8,52 |
| Total | 24.092 | 228.784 | 5,92 |

Fuente: Cámara de comercio colomboamericana (2015).

Según el Consejo Nacional de Aguacate (CNA), el grado de tecnificación de los cultivos en Colombia varía en el ámbito regional. La región centroccidente del

país cuenta con una cobertura en asistencia técnica importante y los mejores cultivos establecidos. La región central y los santanderes han tenido avances en la tecnificación de los cultivos, con restricciones importantes en la disponibilidad de asistencia técnica, una relativa informalidad del agricultor y una baja asociatividad.

Gracias a la gran diversidad de ambientes, Colombia tiene la posibilidad de tener cosechas durante todo el año, con algunas deficiencias de oferta de la fruta en los meses de julio y agosto; la mayor cantidad de aguacate variedad Hass en Colombia se tiene entre los meses de octubre y marzo; el tercer trimestre presenta bajos niveles de abastecimiento (figura 2). El factor que determina la oferta de la variedad Hass casi todo el año es la altitud, con cosechas tempranas en los climas más cálidos, y más tardías, en climas más fríos.

Figura 2. Calendario de cosecha del aguacate variedad Hass en Colombia

| Zona | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Oriente - Antioquia | | | | | | | | | | | | |
| Norte - Tolima | | | | | | | | | | | | |
| Eje cafetero | | | | | | | | | | | | |
| Suroeste Antioquia | | | | | | | | | | | | |
| Meseta de Popayán | | | | | | | | | | | | |
| Norte del Valle | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Asohofrucol (2013).

En este contexto, las cosechas colombianas coinciden con el calendario de México, el líder de mercado. No obstante, países como Chile, Perú y Sudáfrica presentan cosechas entre abril y agosto, mientras la oferta baja entre noviembre y febrero (figura 3).

Figura 3. Calendario de presencia en el mercado mundial y ventanas de oportunidades

| Países | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| México | | | | | | | | | | | | |
| Chile | | | | | | | | | | | | |
| Perú | | | | | | | | | | | | |
| Sudáfrica | | | | | | | | | | | | |
| Colombia | | | | | | | | | | | | |

- Elevada presencia en el mercado
- Mediana presencia en el mercado
- Baja presencia en el mercado

Fuente: Asohofrucol (2013).

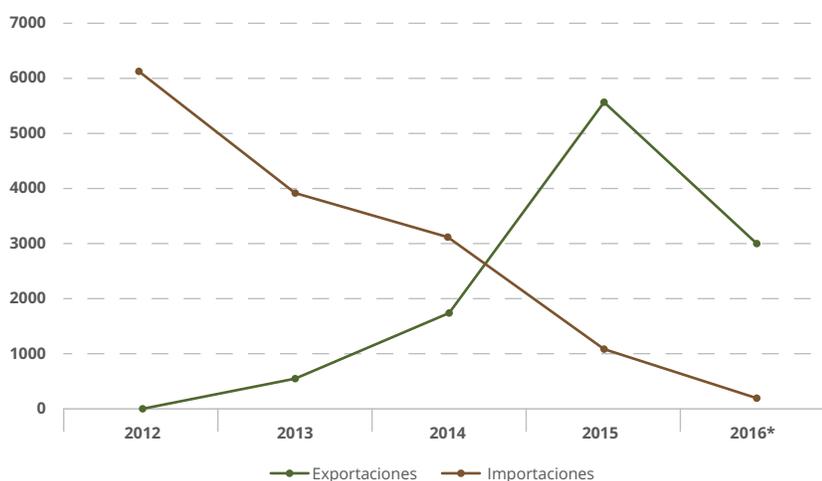
La producción y la comercialización de aguacate en Colombia tienen variaciones significativas en términos de los niveles tecnológicos, la calidad y el manejo de los problemas fitosanitarios. Una fuente importante de estas variaciones está en el ingreso de aguacate proveniente de Venezuela y Ecuador que se ha presentado en los últimos años: en numerosas ocasiones, entra por las fronteras como contrabando gracias al diferencial de precios (CNA, 2012).

La producción proveniente de estos dos países carece de estándares adecuados de manejo y condiciones fitosanitarias confiables. Cuando se han

usado las semillas de dichos aguacates, ha ocurrido propagación de plagas como el pasador del fruto, cuya presencia ha llegado a plazas mayoristas, restringiendo así las posibilidades de que la producción nacional cumpla los estándares fitosanitarios para acceder al mercado externo (CNA, 2012).

La balanza comercial en 2015 fue positiva, gracias al incremento en los volúmenes de exportación y al fortalecimiento del sector. Así mismo, hubo un crecimiento de las exportaciones de aguacate de 5543 t, frente a 1760 t en 2014, con un crecimiento del 215 % (figura 4).

Figura 4. Exportaciones e importaciones de aguacate (t)



Fuente: DNP-DANE (2016).

Colombia pasó de tener una balanza comercial deficitaria de USD 420.624 en 2012 a un superávit de USD 10.202.116 en 2015 (cuadro 10).

Cuadro 10. Balanza comercial para el aguacate en Colombia (USD)

| Exportaciones | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Toneladas | 6 | 542 | 1760 | 5543 |
| Valor FOB | 12.376 | 1.179.277 | 3.573.365 | 10.279.279 |
| Importaciones | | | | |
| Toneladas | 6126 | 3904 | 3128 | 1130 |
| Valor CIF | 433.000 | 313.677 | 217.906 | 77.163 |
| Balanza comercial | -420.624 | 865.600 | 3.355.459 | 10.202.116 |

Fuente: DNP-DANE (2016).

En gran parte, este cambio de tendencia en la balanza comercial ha ocurrido gracias a los avances en seguridad, asistencia técnica y financiación de proyectos para promover nuevas siembras.

Los principales destinos del aguacate colombiano en los últimos años son Países Bajos y Reino Unido (cuadro 11).

Cuadro 11. Exportaciones colombianas de aguacate (t)

| Países destino | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016* |
|----------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Países Bajos | 0,32 | 507,82 | 1369,06 | 3338,98 | 1156,60 |
| España | - | 0,01 | 80,37 | 582,51 | 721,86 |
| Reino Unido | - | - | 223,59 | 1169,69 | 681,63 |
| Francia | - | 0,02 | 44,00 | 407,33 | 345,46 |
| Alemania | 0,02 | - | 0,02 | - | 9,46 |
| Panamá | 1,90 | 11,81 | 17,16 | 21,89 | 2,00 |
| Italia | - | - | 0,11 | 0,17 | 0,02 |
| Canadá | - | 17,66 | 0,11 | 0,05 | 0,02 |
| Otros | 3,69 | 4,95 | 25,16 | 22,35 | 82,09 |
| Total | 5,93 | 542,27 | 1759,58 | 5542,97 | 2999,10 |

* Datos a febrero de 2016

Fuente: Agronet con base en estadísticas del DANE (2016).

La variedad Hass predomina en las preferencias de Reino Unido, Francia, España y los países escandinavos (Minagricultura, 2016). Esto se explica por sus bondades nutricionales, sabor y contenido de aceite. De esta manera, mientras que otras variedades (Fuerte, Pinkerton, Bacon, Reed, Gween) tienen entre 10 y 12 % de aceite, el aguacate Hass tiene un 27 %.

Los Estados Unidos consumen el 50 % del total de las exportaciones mundiales de aguacate y tienen una tasa de crecimiento en el consumo del 16 %. La variedad Hass es el tercer producto hortofrutícola más importado por EE. UU., fruta procedente de México, Perú y Chile.

Las exportaciones de la variedad Hass están en función del cumplimiento de las normas fitosanitarias, en particular en el mercado de EE. UU., y de la implementación de las buenas prácticas agrícolas, certificadas por el ICA. Este país es el principal socio comercial de Colombia, con una participación en el 2013 del 31 % del valor de las exportaciones nacionales. En este contexto, se avanza de manera articulada con el ICA y con el Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria (APHIS), del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) para la admisibilidad sanitaria del aguacate variedad Hass de Colombia.

La Unión Europea es el segundo importador de productos de Colombia. En 2012, el 15,1 % de las exportaciones nacionales fueron dirigidas a esta zona y

el sector agropecuario participó en un 15,2 % del valor de dichas exportaciones. El tratado con la Unión Europea otorga grandes oportunidades a la comercialización de productos orgánicos, amigables con la naturaleza y con responsabilidad social (comercio justo o *fairtrade*, por ejemplo), afirmándose como un nuevo nicho de mercado para los productos colombianos (Minagricultura, 2016).

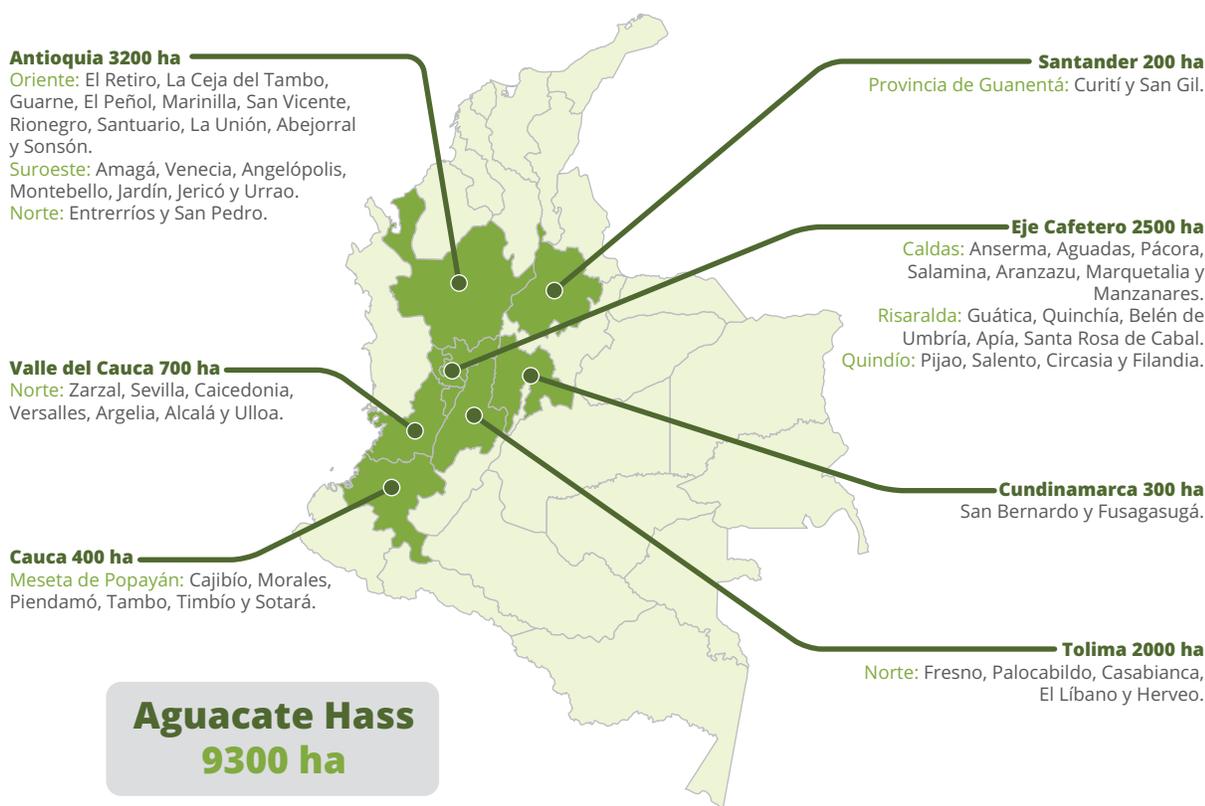
1.2.3.2 Principales zonas de producción de aguacate en Colombia

Los departamentos de Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca, Risaralda y Quindío representan el 86 % del total de área sembrada del país. En el caso del aguacate variedad Hass, Colombia cuenta con condiciones edafoclimáticas favorables para la producción.

En el país se presentan siete zonas principales de producción de aguacate variedad Hass: oriente de Antioquia, norte del Tolima, Eje Cafetero, suroeste antioqueño, Cauca, Valle del Cauca y Santander (CNA, 2011, citado por ICA, 2012).

El CNA, citado por Bareño (2014), reporta 9300 ha de aguacate Hass sembradas en Colombia. Las principales zonas productoras son Antioquia (3200 ha), seguida por el Eje Cafetero (2500 ha) y Tolima (2000 ha), las cuales representan el 82,8 % del área cultivada. La figura 5 muestra las principales zonas productoras de la fruta en el territorio nacional.

Figura 5. Distribución geográfica del área sembrada en aguacate Hass en Colombia



Fuente: Bareño (2014)

1.2.3.3 Dinámica del mercado nacional

El aguacate es uno de los productos alimenticios preferidos por las familias colombianas para acompañar los platos típicos. La variedad Hass es una de las más demandadas, sobre todo en el mercado externo, por su potencial nutricional.

El mercado interno presenta señales de saturación y sobreoferta en épocas de cosecha, agravadas por la entrada de fruta de contrabando, lo que afecta los precios del aguacate nacional.

Para lograr una exportación continua al mercado europeo es necesario contar con las certificaciones internacionales como Global GAP que son exigidas; lo que implica una estructuración local de instituciones como el ICA y el Invima, así como el apoyo de entidades públicas y privadas relacionadas con el sector frutícola colombiano.

1.2.3.4 Importancia ambiental

La hortofruticultura ha tenido, en los últimos años en Colombia, un fuerte crecimiento derivado de la prioridad de fomentar, mediante estos cultivos, el

aumento de la competitividad agrícola en el ámbito internacional. De esta manera, se ha identificado así una oportunidad productiva de corto plazo con el fin de aprovechar las ventajas comparativas que ofrece la geografía y las condiciones físicas para su implementación.

Sin embargo, este proceso ha subordinado, en gran parte, aspectos fundamentales basados en la sostenibilidad territorial a largo plazo, un desarrollo social más equitativo del sector agrícola y un manejo adecuado de los recursos naturales. Ante estos hechos, la UPRA incorpora el componente socioecosistémico en la zonificación de aptitud de diversas cadenas agrícolas, pecuarias y forestales. Dicho componente vela por establecer un equilibrio entre un uso apropiado —basado en un desarrollo sostenible, con todo lo que este concepto implica— y los aspectos puramente competitivos que llevan en general a obtener una productividad de máximas utilidades, aún a costa de la degradación de los bienes y servicios ecosistémicos y ambientales, económicos, culturales y sociales de las diferentes regiones del país.

El territorio colombiano sigue padeciendo grandes transformaciones ambientales, relacionadas principalmente con el cambio de uso del suelo, la construcción de infraestructuras productivas y el uso de tecnologías no apropiadas para la generación de excedentes. Es evidente el crecimiento exponencial de la población, la apropiación creciente de los recursos y la disminución de la oferta de los mismos.

De igual manera, la necesidad de mejorar el soporte en infraestructura de producción y de servicios, con el fin de garantizar la satisfacción de las necesidades básicas ha generado una fuerte presión sobre los recursos naturales, lo que favorece la expansión de tierras cultivables, a favor de los monocultivos, con el aumento de la pérdida de diversidad biológica, a expensas de las áreas naturales no intervenidas (Figueroa, 2000).

Así mismo, el aprovechamiento, uso intensivo y reconversión de los recursos naturales en los ecosistemas tropicales han generado procesos de erosión; lixiviación; reducción en la fertilidad de los suelos; pérdida y desbalance de nutrientes y de materias primas potenciales y actuales; desplazamiento de especies; fragmentación de hábitats; pérdida de la diversidad biológica y transformación acelerada de los hábitats naturales (Figueroa, 2000).

Según lo reportado en la guía ambiental (MAVDT y Asohofrucol, 2009), las actividades desarrolladas por el subsector hortofrutícola generan impactos ambientales como contaminación de las fuentes de agua con plaguicidas, sedimentos y materia orgánica, contaminación y deterioro de la calidad del suelo, disminución de la fauna y flora, y deterioro de la salud de las personas por el uso inadecuado de plaguicidas, entre otros. Cabe anotar que la utilización de agua contaminada en el lavado de las frutas y los vegetales puede conllevar a la diseminación de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholerae*, *Shigella* spp., *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxoplasma gondii* así como los virus de la hepatitis A y el de Nolvalk12 (DNP, 2008).

La erosión del suelo es uno de los principales problemas ambientales que afecta de forma directa a los productores de frutas y hortalizas. El incremento en las áreas afectadas por procesos de erosión y

desertificación evidencia la necesidad de implementar acciones para la preservación y conservación de los recursos naturales relacionados con los sistemas de producción. En «Los conflictos de uso de las tierras en Colombia» (IGAC, 2002) se mostró que la principal causa del cambio en la estabilidad del suelo es la deforestación de laderas, costas y cauces de ríos para ampliar la frontera agrícola, conflictos generados principalmente por la concentración de la propiedad y el manejo incoherente entre el uso real y el uso potencial en una determinada región.

Además, asociado también al sector hortofrutícola, es muy importante el efecto negativo causado por la contaminación del suelo por el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, lo cual no solo afecta la salud de las personas y la inocuidad de los productos agrícolas, sino también la productividad del suelo.

Otro aspecto tiene que ver con la afectación de los recursos hídricos. El agua es un factor determinante para el sector agroalimentario: aguas de riego con alto contenido de sales y compuestos tóxicos, como plaguicidas o metales pesados, ponen en riesgo la inocuidad del producto, la salud de las personas y los animales, y el normal desarrollo de los cultivos. Según el Estudio nacional del agua (ENA) (Ideam, 2015), la mayor demanda del recurso hídrico en el país corresponde al sector agrícola (56 % con respecto a la demanda total), seguida por la de los sectores doméstico, industrial y pecuario (23, 12 y 9 %, respectivamente); esto muestra la alta presión sobre las fuentes de agua, lo cual ha llevado a la necesidad de realizar proyecciones para evaluar el riesgo de abastecimiento de la población colombiana.

Es también necesario anotar la inadecuada disposición de residuos de cosecha que genera malos olores y se constituye en el sustrato ideal para la proliferación de enfermedades para los cultivos y las personas, así como la alta generación de residuos sólidos no biodegradables y altamente contaminantes como, por ejemplo, plásticos de mulch y acolchados, y cintas de riego, entre otras.

Los efectos nocivos del uso inadecuado de los plaguicidas han provocado el desarrollo de las nuevas concepciones tendientes a minimizar el deterioro ambiental, entendiéndose que más de trescientas plagas han desarrollado resistencia a un extenso

rango de productos químicos y pueden representar un riesgo para la salud de los ecosistemas y los seres vivos. De igual manera, los residuos de fertilizantes pueden filtrarse a través del suelo con las aguas de riego, contaminar los acuíferos y ríos, afectar la calidad del agua y las condiciones de vida de los organismos acuáticos. El resultado es un círculo vicioso que se refleja en el deterioro de la calidad de los recursos naturales y en la generación de un modelo agrícola insostenible.

Con respecto a lo anterior, el documento CONPES 3514, «Política Nacional Fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y de otros vegetales» (DNP, 2008) expresa que las condiciones de inocuidad de los productos hortofrutícolas son un compromiso de las autoridades de agricultura y salud, y también es una exigencia de los consumidores en los mercados nacionales e internacionales; por tanto, las autoridades deben contar con la capacidad suficiente para ofrecer la seguridad que los consumidores y el comercio requieren.

Para los productos hortofrutícolas aún no se ha evaluado ni caracterizado la situación de la detección y evaluación de niveles máximos de residuos de plaguicidas, contaminantes químicos y microbiológicos que son requisito para el ingreso de alimentos frescos y procesados de origen agropecuario desde Colombia a los países interesados. De otro lado, bajo el enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), se requiere garantizar las condiciones del transporte de frutas y otros vegetales en aspectos fitosanitarios y de inocuidad, desde la finca a los centros de acopio o distribución y a las plantas de procesamiento.

Otros aspectos de igual importancia ligados al subsector hortofrutícola y, en general, a todo el sector agrícola, se relacionan con los efectos asociados por la ampliación de la frontera agrícola y la explotación no sostenible de los ecosistemas y de los recursos forestales. Estos constituyen, entre otros, los factores de mayor amenaza para la conservación del patrimonio ecológico y ecosistémico. La tasa anual de deforestación en Colombia se estima alrededor de 101.303 ha, debido principalmente al avance de la frontera agropecuaria (Ideam, 2015).

A la anterior problemática se adicionan la vulnerabilidad y la falta de medidas contundentes para generar una buena adaptabilidad al calentamiento global y al cambio climático. A partir del Protocolo de Kioto, firmado en 1998, se han venido divulgando los efectos del cambio climático, por sus imprevisibles riesgos en cuanto a efectos sobre el agua, degradación de suelos, salud y seguridad alimentaria, especialmente en los países del trópico.

Estudios realizados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales demuestran que las emisiones del subsector agropecuario son principalmente de CH_4 y NO_2 y, en menor cantidad, de CO y NO_x ; en Colombia el sector agrícola es el de mayor importancia en lo relacionado con la emisión de óxido nitroso: 72,4 % del total nacional. Las quemas de praderas y residuos de cosecha son fuente de emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno, considerados como gases de efecto invernadero; la quema de bosques y el proceso de deforestación son los responsables del 23 % de las emisiones de CO_2 con respecto al total nacional.

Fotografía: archivo UPRA



1.3 Marco político

La política pública, en lo relacionado con el cultivo de aguacate, ha tenido algunos desarrollos que se concretan en los instrumentos de política, entre los cuales están los siguientes (cuadro 12):

Cuadro 12. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate en Colombia

| Marco de política | Lineamientos relacionados |
|---|---|
| Ley 69 de 1993 | Establece el seguro agropecuario en Colombia como «instrumento para incentivar y proteger la producción de alimentos, buscar el mejoramiento económico del sector rural, promoviendo el ordenamiento económico del sector agropecuario y como estrategia para coadyuvar al desarrollo global del país». |
| Ley 101 de 1993 | Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. Dentro de esta se promulga el «elevar la eficiencia y la competitividad de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros mediante la creación de condiciones especiales» y «crear las bases de un sistema de incentivos a la capitalización rural (ICR) y a la protección de los recursos naturales». |
| Decreto Minagricultura 626 de 1994 | Reglamenta parcialmente la Ley 101 de 1993 y se dicta algunas disposiciones sobre el incentivo a la capitalización rural (ICR), específicamente el artículo 28. |
| Resolución Comisión Nacional de Crédito Agropecuario 05 de 2011 | Reglamenta la línea especial de crédito (LEC), instrumento orientado a mejorar las condiciones de financiamiento de proyectos agrícolas asociados con la siembra y mantenimiento de cultivos comerciales de ciclo corto, especialmente aquellos de la canasta básica, de alimentos sensibles a las importaciones o de interés exportador. |

1.4 Marco normativo

El marco normativo describe la evolución de las leyes, los decretos, las resoluciones y demás, concernientes a la jurisprudencia, que enmarcan los lineamientos y demás aspectos relacionados con la normatividad colombiana y de las políticas públicas asociadas con la cadena del aguacate.

En Colombia, la política de cadenas productivas agrícolas, como es natural, aborda prioritariamente

aspectos técnicos y ambientales; sin embargo, no ha dado el mismo énfasis a las características sociales, culturales y políticas, las cuales son determinantes de las relaciones entre las dinámicas poblacionales y el territorio.

El cuadro 13 muestra el normograma que se identifica pertinente para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate en Colombia, a escala 1:100.000:

Cuadro 13. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate en Colombia

| Marco normativo | Lineamientos relacionados con la zonificación |
|--|---|
| Resolución Ministerio de Salud 14712 de 1984 | Reglamenta lo relacionado con producción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de vegetales como frutas y hortalizas elaboradas. |
| Resolución Ministerio de Salud 14712 de 1984 | Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo relacionado con la elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas azucaradas y refrescos de frutas. |
| Ley 70 de 1993 | Establece mecanismos para la protección y desarrollo de los derechos y de la identidad cultural de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana. |
| Ley 99 de 1993 | Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medioambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y dicta otras disposiciones. |

Continúa >>>

| Marco normativo | Lineamientos relacionados con la zonificación |
|--|---|
| Decreto 1840 de agosto 3 de 1994 | Reglamenta el artículo 65 de la Ley 101 de 1993, mediante la definición del ámbito de aplicación, obligaciones, sanciones y demás acciones del ICA en lo referente al desarrollo de políticas y planes tendientes a la protección de la sanidad, la producción y la productividad agropecuarias del país. |
| Ley 160 de 1994, artículo 69 | Reglamenta las sabanas comunales y playones; zonas con riesgo de inundaciones; e islas, playones y madrevejas desecadas de los ríos, lagos y ciénagas de propiedad nacional. |
| Ley 160 de 1994, Capítulo XIV - Decreto 2164 de 1995 | Reglamentación sobre dotación y titulación de tierras a comunidades indígenas. Constitución de resguardos indígenas. |
| Decreto 1996 de 1999 | Reglamentación sobre reservas de la sociedad civil. |
| Resolución Minsalud 599 de 1998 | Adopta el formulario único para solicitud, modificación y renovación del registro sanitario para los productos alimenticios y establece la nomenclatura para la expedición de registro sanitario de los alimentos de fabricación nacional y de los importados. |
| Ley 811 de 2003 | Crea las organizaciones de cadenas en los sectores agropecuario, pesquero, forestal, acuícola y las sociedades agrarias de transformación (SAT) y dicta disposiciones para mejorar la competitividad de las cadenas estableciendo los acuerdos de competitividad, entre los eslabones de la cadena. |
| Decreto 4145 de 2011 | Crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA) y dicta otras disposiciones. |
| Generales | |
| Decisión CAN 182 de 1983 | Crea el Sistema Andino «José Celestino Mutis» sobre agricultura, seguridad alimentaria y conservación del ambiente. |
| Resolución ICA 431 de 1996 | Norma Andina sobre requisitos fitosanitarios de aplicación al comercio de productos agrícolas. |
| Resolución Minambiente 1442 de 2008 | Por la cual se establece el procedimiento para la expedición del dictamen técnico-ambiental al que alude la Norma Andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola, Decisión 436, de la Comisión de la Comunidad Andina, y se toman otras determinaciones. |
| Resolución ICA 3593 de 2015 | Crea el mecanismo para establecer, mantener, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas de Colombia. |
| Reglamentación ICA en semillas (ICA, 2015) | |
| Resolución ICA 1226 de 1976 | De conformidad con los decretos 2420 y 3120 de 1968 y 133 de 1976 corresponde al ICA la función de controlar la calidad de los insumos agrícolas y en especial la producción y comercialización de semillas. |
| Resolución ICA 1880 de 1992 | Establece los requisitos para el control de la calidad de las semillas que se produzcan, importen, exporten o distribuyan para siembra en el país y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución ICA 3034 de 1999 | Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas en el país y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución ICA 2046 de 2003 | Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución ICA 0148 de 2005 | Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y se dictan otras disposiciones. |
| Resolución ICA 3168 de 2015 | Reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y dicta otras disposiciones. |
| Resolución ICA 20009 de 2016 | Establece los requisitos para la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en producción primaria de vegetales y otras especies para el consumo humano. |
| Regulación en insumos agrícolas (ICA, 2015) | |
| Decisión CAN 436 de 1998 | Norma Andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola y su Resolución 630 de 2002 Manual Técnico Andino para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola. |

Continúa >>>

| Marco normativo | Lineamientos relacionados con la zonificación |
|--|---|
| Resolución ICA 3759 de 2003 | Dicta disposiciones sobre el registro y control de plaguicidas. |
| Resolución 2906 Minprotección de 2007 | Establece los límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes. |
| Resolución ICA 4754 de 2011 | Establece los requisitos para la ampliación de uso de bioinsumos y plaguicidas de uso agrícola en cultivos menores y se dictan otras disposiciones. |
| Reglamentación relacionada con estatus sanitario (ICA, 2015) | |
| Decisión CAN 253 de 1989 | Programa Andino de prevención, control y erradicación de las moscas de la fruta. |
| Resolución ICA 2697 de 2008 | Declara la República de Colombia, como país libre de especies del género <i>Bactrocera</i> , y establece las medidas necesarias para su mantenimiento. |
| Resolución ICA 001 de 2011 | Establece medidas fitosanitarias para el control de la mosca de las frutas en el territorio nacional y dicta otras disposiciones. |
| Reglamentación ICA sobre exportaciones (ICA, 2015) | |
| Resolución ICA 3761 de 2014 | Autoriza terminales marítimos, aeropuertos, puertos fluviales y pasos terrestres de frontera como puntos de ingreso, salida y tránsito autorizado para el comercio internacional de plantas, animales, sus productos y artículos reglamentados. |
| Resolución ICA 448 de 2016 | Establece los requisitos para el registro ante el ICA de los predios de producción de vegetales para exportación en fresco, el registro de los exportadores y el registro de las plantas empacadoras de vegetales para la exportación en fresco. |
| Normatividad ambiental | |
| Ley 2 de 1959 | Dicta normas «sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables», donde «para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, establece siete zonas de reserva forestal con carácter de “Zonas Forestales Protectoras” y “Bosques de Interés General”». |
| Decreto 2811 de 1974 | Dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medioambiente. |
| Decreto 622 de 1977 | Reglamenta las áreas protegidas del sistema de parques nacionales naturales, distritos de manejo integrado, reservas forestales protectoras parques naturales regionales, distritos de conservación de suelos y áreas de recreación. |
| Ley 160 de 1994, artículo 67 - Ley 1728 de 2014, Parágrafo 1 | Reglamentación de las zonas de protección con radio de 2500 m alrededor de las zonas donde se adelanten procesos de explotación de recursos naturales no renovables. |
| Ley 160 de 1994. Capítulo XIII | Establece condiciones especiales para el trazado de las zonas de reserva campesina y las de desarrollo empresarial y señala condicionantes para el uso del suelo y el agua. |
| Ley 357 de 1997 | Sitios Ramsar: conservación y uso racional de los humedales mediante acciones locales, nacionales y cooperación internacional. |
| Decreto 2372 de 2010 | Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados. |
| Decreto 1076 de 2015: decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo | Reglamenta el Sinap. Incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y vía parque. Esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales. |
| Resolución 1628 Minambiente de 2015 y Resolución 1814 Minambiente de 2015 | Declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de parques nacionales naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las corporaciones autónomas regionales). |
| Ley 397 de 1997 Ley general de cultura | Las áreas arqueológicas protegidas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, que permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto. |

1.5 Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000 contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA fortaleciendo así el desarrollo de políticas para el subsector del aguacate desde su planificación hasta su ordenamiento territorial.

La zonificación considera todo el territorio colombiano y de carácter indicativo, teniendo en cuenta su escala, 1:100.000, de tipo general. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, cuya competencia corresponde a los entes territoriales en su área de jurisdicción y no reemplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales, los cuales requieren de análisis e información más detallados, además del aval local de los requerimientos particulares de acuerdo con el tipo de especies, variedades o híbridos y las condiciones de competitividad relacionadas con la ubicación del proyecto, los objetivos específicos de la producción, los productos por obtener, el mercado y el flujo de caja del proyecto.

Es posible que las áreas aptas para el desarrollo del cultivo de aguacate variedad Hass, resultantes del presente trabajo, coincidan con las áreas de aptitud para otros productos. Por consiguiente, la decisión de sembrar uno u otro responde a factores estratégicos de competitividad regional específicos, decisiones de inversión, así como estudios de suelos y otros complementarios con mayor detalle. Adicionalmente, la combinación asocio y rotación del aguacate con otros cultivos es factible en las zonas que este estudio identifica como aptas.

La zonificación de aptitud se desarrolla considerando las siguientes premisas:

- La zonificación prioriza las áreas más competitivas para el desarrollo de cultivos comerciales de aguacate variedad Hass, por lo cual se identifican los territorios con mejores condiciones en cada criterio de análisis.
- Las áreas con restricción legal son catalogadas como excluyentes y predominan bajo esta clasificación, independientemente de la aptitud identificada en los diferentes criterios.
- Las áreas donde aplique normatividad de tipo ambiental, social y cultural que condicione el uso a otros procesos o instrumentos vigentes, tales como los territorios colectivos, deben ser analizadas de forma diferencial con el fin de proteger el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho de autodeterminación de dichas comunidades.
- El cultivo comercial de aguacate variedad Hass no pondrá en riesgo áreas naturales o con potencial como ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos); por lo cual, prima para estas el criterio de exclusión técnica y legal.
- La inclusión de nuevos criterios o variables dentro del proceso de zonificación está sujeta a la disponibilidad de información oficial; en este sentido, algunas variables que pueden ser relevantes no se contemplan en la metodología hasta que la información sea entregada oficialmente por la entidad encargada de su recolección.
- Finalmente, el mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000, toma como base para su elaboración la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene, en algunos casos, niveles de generalización que pueden afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Igualmente, la información disponible no está en su totalidad con corte a un determinado periodo de tiempo, lo cual plantea la necesidad de actualizar la zonificación por lo menos cada cinco años mediante un proceso sistemático que facilite el desarrollo.



SAN LUIS

MUNICIPIO DE SAN LUIS

Cuchilla El Cajicá

El Pando

La Reforma

Alto La Cruz

RÍO CUCUMANA

RÍO CUCUMANA

San Anestasio

Colares

Mesa de Ortega

Falco

Cerro La Campana

Loma Larga

Mato de Indio

MUNICIPIO DE ORTEGA

ORTEGA

Toporco

El Cedral

Cerro El Neme

Sameria

Pueblo Nuevo

Filo Balsillas

Olaya Herrera

Olaya Herrera

Lemayá

COYAIMA

Guapi

Filo Malnombro

MUNICIPIO DE COYAIMA

Duenavista

Cerro Hilarco

Torreón Grande

CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



**Marco
conceptual**

2. Marco conceptual

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en tema central para el diseño de las políticas y las decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para una planificación efectiva del uso del suelo con fines productivos, los gobiernos y las entidades encargadas de la planificación agrícola requieren información sobre la capacidad de la tierra para apoyar diversos usos de la misma (Harms *et al.*, 2015), ya que este sector es uno de los más importantes para el bienestar humano debido a que aumenta los ingresos y la condición social de los agricultores, y depende de la distribución y calidad de los recursos disponibles en determinado lugar.

En este contexto, es necesario aplicar y mejorar las técnicas de evaluación de tierras y, por ello, el modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la UPRA parte de un enfoque multidisciplinario que toma en consideración para su aplicación, los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad como pilares para su desarrollo, los cuales se abordan en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, asociados con las características particulares de un tipo de utilización de tierras.

Adicionalmente, la zonificación integra un proceso analítico jerárquico, como técnica de análisis multicriterio, el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas de uso del suelo, donde se incluye la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan pesos a cada uno de los criterios. De esta forma, la zonificación apoya la planeación del uso del suelo necesaria para el diseño de estrategias y prioridades en materia de un desarrollo rural sostenible (figura 6).

La evaluación de tierras es un proceso que permite identificar y valorar usos específicos que se adaptan a condiciones específicas de las tierras evaluadas (FAO, 2007), cuya finalidad es proponer sistemas de uso apropiados, que sean sostenibles a largo plazo. Aun cuando el marco de la FAO presenta limitaciones por centrarse básicamente en el aspecto físico, ha sido el procedimiento más utilizado en todo el mundo para hacer frente al ordenamiento territorial local, regional

Figura 6. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014).

y nacional, y las adaptaciones que han surgido en los últimos años ofrecen una alternativa de aplicación frente a nuevos retos agroambientales.

La FAO propone un conjunto de cualidades y características para ser usadas en el proceso de evaluación de tierras —denominados en este desarrollo metodológico como criterios y variables, respectivamente—, cuyo número es flexible y está determinado por los objetivos de aplicación, la escala de trabajo y los datos disponibles (FAO, 2007). Dentro de la zonificación, el proceso de evaluación de tierras se aborda de manera multidisciplinaria, brindando los elementos para el análisis de criterios relacionados con las dimensiones físicas, socioecosistémicas y socioeconómicas de la cadena productiva a evaluar sobre una base sostenible.

El enfoque productivo, analizado por medio del componente físico, permite la evaluación del territorio que determina los distintos tipos de aptitud para soportar un tipo de producción definida. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para el cultivo de aguacate variedad Hass y los requerimientos climáticos, de suelos y fitosanitarios, se han precisado las principales características que inciden en su

producción comercial. Este análisis permite identificar los criterios y variables de mayor incidencia en el desarrollo óptimo de las plantas.

El enfoque socioecosistémico reconoce los vínculos existentes entre los ecosistemas y el bienestar humano, en el que los cambios de uso del suelo están determinados por decisiones en el sistema social, que afectan directamente el estado de los ecosistemas y, por ende, los diferentes niveles de organización biológica; es decir, cualquier toma de decisiones relativa a la gestión de los servicios de los ecosistemas afecta la estructura y funcionamiento tanto de los ecosistemas como de los sistemas sociales (Martin-López, *et al.*, 2009). Este enfoque dentro de la zonificación aporta de manera transversal los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica y prestación de bienes y servicios ambientales), de una forma equitativa, incluyendo a la sociedad, la economía y la cultura.

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

En cuanto al enfoque socioeconómico, la competitividad es definida como 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); esta constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, toda vez que es la condición de viabilidad de los productos en el mercado y genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

En relación con la zonificación de una cadena productiva, la competitividad se expresa en la capacidad de una zona para generar las condiciones de producción que promueven el desarrollo sostenido del cultivo, y con ello, permiten mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los empresarios y las familias dedicadas al negocio; es decir, la competitividad implica un proceso mediante el cual

un cultivo necesita en el municipio requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción.

A continuación, se sintetizan algunos de los principios que, según la FAO (2007), se deben contemplar en una evaluación de tierras y que representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas:

- Considerar un enfoque multidisciplinario y sectorial para la zonificación de una cadena productiva.
- Usar un enfoque paralelo, en el que cada criterio se aborde de manera conjunta y se obtenga directamente una clasificación para cada uno de ellos.
- Reconocer las múltiples funciones de la tierra, tanto para la producción de alimentos como para la conservación del medio ambiente.
- Reconocer una variedad de criterios asociados con el uso de la tierra, que integren características físicas, climáticas, fitosanitarias, ecosistémicas, institucionales, de transporte, mano de obra y población, entre otras.
- Fomentar la participación de los interesados en los procesos de zonificación de aptitud de tierras.
- Definir ampliamente la sostenibilidad para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
- Valorar la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.



CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



Metodología



3. Metodología

La zonificación de aptitud para cultivos comerciales de aguacate (*P. americana* Mill.) variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del «Esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque por etapas paralelas de integración y análisis de los componentes físico, socioeconómico y ecológico, propuesto en el «Framework for Land Evaluation» (FAO, 2007).

Dentro del esquema de evaluación de tierras de la FAO, es necesaria la definición de unidades de tierra y los requerimientos del cultivo, proceso que va acompañado con una evaluación multicriterio, con el fin de hacerlo más acorde con la disponibilidad de las herramientas actuales de procesamiento, calificación, estandarización de datos, entre otros, para generar resultados más sólidos frente al procedimiento normalmente empleado.

La metodología planteada se fundamenta en el análisis de tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, que son evaluados por una serie de criterios que, a su vez, están conformados por unas variables que los caracterizan.

Un criterio se define como «el conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural». Para efectos de la zonificación, los criterios pueden ser de cuatro tipos (figura 7):

- **Criterios de análisis jerárquico:** factores para los cuales se definen los niveles de aptitud; un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.
- **Criterios de exclusión técnica:** zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no es factible el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass.
- **Criterios de exclusión legal:** zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agrícolas productivas.

Figura 7. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014).

- **Criterios condicionantes:** zonas con condicionante legal o técnico que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

Por su parte, las variables son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y que son utilizadas como un medio para describir las cualidades de la misma (criterios).

Con base en el esquema metodológico propuesto para la zonificación de plantaciones forestales con fines comerciales (UPRA, 2014), la figura 8 muestra el esquema metodológico de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Figura 8. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2015)

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

El tipo de utilización de la tierra es una descripción a un nivel apropiado de detalle, del uso de la tierra e incluye las características del sistema de producción, el contexto socioeconómico y el ecológico, entre otros, que le confieren rasgos diferenciadores al cultivo de aguacate variedad Hass desde un punto de vista de evaluación de tierras; es decir, que pueden ser expresados como requisitos o requerimientos de uso de la tierra con valores cualificables o cuantificables en el país, o que sirven para delimitar las opciones de uso eficiente de la tierra.

El tipo de utilización de la tierra evaluado en el presente documento corresponde al **«Cultivo comercial de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass, cuya producción está enfocada al**

consumo como fruta fresca o procesada, dirigido al mercado nacional e internacional».

En función de la definición del TUT se tuvieron en cuenta los requerimientos del cultivo, la caracterización de los sistemas de producción y la descripción de la cadena:

• **Requerimientos del cultivo**

Los factores del clima (temperatura, precipitaciones, brillo solar, humedad relativa), la calidad del aire y los efectos posicionales —tanto dentro del cultivo como dentro del árbol—, entre otros, determinan la respuesta del cultivo de aguacate variedad Hass; también son perjudiciales la mayor incidencia de organismos fitopatógenos asociados a condiciones de abundante lluvia, especialmente durante la floración

(por ejemplo, la antracnosis) y la pérdida de fruta dañada por bajas temperaturas (Bernal *et al.*, 2014).

La posición ecuatorial de Colombia y el origen del aguacate permiten que el cultivo de variedades o de cultivares interraciales pueda establecerse desde el nivel del mar hasta aproximadamente 2400 m s.n.m. Para ello, se tiene en cuenta que la viabilidad comercial de una explotación de aguacate está determinada por la minimización del estrés y la selección apropiada del suelo y del clima (Fischer y Orduz, 2012).

La precipitación en el cultivo de aguacate tiene un rango óptimo menor a 2200 mm al año bien distribuidos (Fischer y Orduz, 2012; Miranda, 2012; Saavedra *et al.*, 2012; Ávila *et al.*, 2014). El aguacate tiene una amplia adaptación a la pluviosidad; se cultiva sin riego en zonas con precipitaciones que varían entre 665 y más de 2000 mm/año (Galán-Sauco, 1990). El rango óptimo de precipitación para el aguacate variedad Hass se encuentra entre 1000 y 2000 mm/año bien distribuidos; el periodo crítico de necesidad hídrica comprende desde el cuajado hasta la recolección.

Es a su vez una planta muy sensible al encharcamiento, lo que produce asfixia radical y favorece el desarrollo del hongo *P. cinnamomi* Rand., causante de la pudrición de las raíces; el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación reduce la producción y provoca la caída del fruto (Alfonzo, 2008, citado por Bernal *et al.*, 2014). Igualmente, las sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que disminuye el rendimiento.

El cultivo de aguacate variedad Hass se desarrolla muy bien a temperaturas promedio de 16 a 18 °C

que se encuentran aproximadamente entre 1600 y 2200 m s.n.m. (Saavedra *et al.*, 2012). La fruta que crece a menor temperatura tiende a ser más redondeada que la que crece bajo condiciones más cálidas, que tiende a ser alargada (Bárceñas, 2002).

El clima también tiene un efecto marcado en el tiempo que tarda el árbol desde la floración a la cosecha. Bárceñas (2002), en México, encontró que este periodo fue de ocho meses en ambientes cálidos, entre 1400 a 1600 m s.n.m., mientras que, en ambientes más fríos, entre 2000 y 2500 m s.n.m., fue de 12 a 14 meses (Bernal *et al.*, 2014).

Las altas temperaturas pueden ser perjudiciales en periodos críticos, como el de la polinización y cuajado de frutos, así como la presencia de vientos cálidos y secos, comunes en muchas zonas productoras, que pueden reducir considerablemente la producción de los árboles (Bernal *et al.*, 2014).

El aguacate se considera una planta altamente heliófila, de modo que los lotes para su producción comercial deben estar ubicados en áreas de alta luminosidad; el cultivo presenta óptimos resultados con más de 2000 horas luz/año. El brillo solar óptimo se encuentra entre 4 y 5,5 horas/día. Un exceso de radiación produce quemaduras en las ramas y golpe de sol en el fruto (Fischer y Orduz, 2012; Miranda, 2012; Saavedra *et al.*, 2012).

La humedad relativa óptima para este cultivo está entre 50 y 80 %; el exceso de humedad relativa puede ocasionar el desarrollo de algas o líquenes sobre el tallo, ramas y hojas o enfermedades fúngicas. Un ambiente muy seco, menor de 50 %, provoca la muerte del polen

Fotografía: archivo UPRA



por desecación (Bernal, 2008; Fischer y Orduz, 2012; Miranda, 2012; Saavedra *et al.*, 2012).

El viento para el aguacate es un factor muy importante, ya que las ramas son muy frágiles y se quiebran fácilmente; de otra parte, la deshidratación impide la fecundación y la formación de los frutos (Avilán *et al.*, 1989).

El aguacate requiere suelos muy bien drenados, ya que sus raíces son altamente susceptibles a enfermedades; es ideal que estos sean profundos y con un nivel freático superiores a 1 m con texturas livianas que favorezcan la formación de un sistema radicular denso y ramificado (Avilán *et al.*, 1989).

La profundidad efectiva para el aguacate variedad Hass óptima es mayor o igual a 50 cm. Profundidades menores ocasionan crecimiento deficiente del sistema radical, atrofiamiento, dificultades de anclaje y reducción del crecimiento del árbol (Miranda, 2012; Saavedra *et al.*, 2012).

La pendiente para este cultivo debe ser menor al 50 % como óptimo; el establecimiento en zonas con pendientes mayores al óptimo puede implicar prácticas de manejo de la erosión (Bernal, 1995).

El régimen de humedad údico representa las mejores condiciones para el cultivo, ya que indirectamente indica buena distribución de las lluvias; el régimen ústico indica que, en alguna época del año, la humedad debe suministrarse por medio de algún sistema de riego (FAO, 1997; Miranda, 2012).

En general, el rango comprendido entre 5,5 y 6,5 se considera como un pH óptimo (Saavedra *et al.*, 2012).

Los suelos ideales para el crecimiento de la planta de aguacate requieren un contenido de materia orgánica igual o superior al 6 %, lo que le otorga ciertas propiedades como un excelente drenaje interno y alto contenido de aire para facilitar las cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de las plantas, encontrándose dificultades en suelos con materia orgánica inferior a 2 % (FAO, 1999; Bernal y Díaz, 2005; Bernal, 2008; Gómez, 2012).

Los requerimientos nutricionales del aguacate son mayores para nitrógeno y potasio, y menores en fósforo. El nitrógeno participa en la regulación del crecimiento de la planta y es un factor determinante del rendimiento. Para el cultivo de aguacate variedad Hass, es adecuado un suelo con un contenido de 0,3 % de nitrógeno, para facilitar el crecimiento y desarrollo del cultivo (FAO, 1999; Gómez, 2012).

El fósforo tiene una demanda intermedia durante la vida de la planta, su óptimo está por los 25 a 30 mg/kg por año. Este elemento es necesario para el desarrollo de las raíces, la síntesis energética, el proceso de intercambio de iones, la síntesis de enzimas y otros. Las necesidades y concentración de potasio de esta planta tienen un rango óptimo de 0,3 me/100 g por año. El potasio actúa en las funciones metabólicas del crecimiento y la división celular de los tejidos jóvenes (FAO, 1999; Gómez, 2012). La deficiencia de potasio produce frutos con malformaciones en la zona peduncular, arrugados y baja tolerancia de las plantas al ataque de insectos (FAO, 1999; Gómez, 2012).

En la relación Ca/Mg se considera como óptima para el cultivo 3:1 (FAO, 1999; Gómez, 2012). La saturación de aluminio debe ser baja, menor a 1,1 % (FAO, 1995; FAO, 1997). El cultivo de aguacate se considera poco



tolerante a la salinidad, por lo que se requiere de suelos cuya presencia de sales sea inferior a 2,0 dS/m (FAO, 1995; FAO, 1997; Miranda, 2012).

• Caracterización de los sistemas de producción

El cultivo de aguacate se propaga en forma sexual por semilla o de forma vegetativa por injerto. Esta última consiste en utilizar un patrón o portainjerto que se obtiene por semilla, al que se injerta como copa la variedad Hass.

Para la etapa de vivero, es recomendable cortar la parte angosta de la semilla en un tramo de una cuarta

Fotografía: archivo UPRA



parte del largo total para ayudar así a la salida del brote y para hacer una primera selección, al eliminar semillas que no presenten el color natural blanco amarillento, debido a pudriciones, lesiones o cualquier otro daño.

Las semillas se despulpan y se exponen al sol de 20 a 30 minutos para facilitar el desprendimiento de la cáscara; luego se sumergen por 10 minutos en una solución de agua con un fungicida específico (Alfonzo, 2008 citado por Banrot, 2013). El semillero se desinfecta por métodos como la solarización, el uso de agua caliente o las aplicaciones de productos para la protección de cultivos, con el fin de prevenir el ataque de organismos fitopatógenos.

La semilla desinfectada se siembra en una cama o era bien drenada y desinfectada. En una era de 2 m² se producen los patrones para una hectárea. La siembra es a 10 cm entre semillas y 20 entre hileras. El periodo de germinación es de 30 a 60 días, dependiendo de la variedad y el clima.

El injerto se realiza cuando el tallo de la planta patrón tiene 1 cm de diámetro (unos seis meses después de la siembra), y a 10 cm de la base. El método más utilizado es el de unión lateral o el injerto de púa terminal; el de escudete y el de hendidura tienen menor éxito para el aguacate. Las púas a injertar deben tener diferentes grosores para contar con material que se adapte a los diferentes diámetros de los patrones. Cuando el injerto ha pegado, entre tres a cuatro semanas después de realizado, se empieza a eliminar la parte superior del patrón de forma paulatina hasta llegar al injerto; el corte se hace a bisel y cubierto con una pasta fungicida. Cuando el injerto tiene de 20 a 25 cm de alto, se puede trasplantar al campo definitivo siempre y cuando el corte haya sido cubierto por el tallo del injerto (Alfonzo, 2008).

El material vegetal de los cultivos comerciales generalmente proviene de viveros registrados ante el ICA con el objeto de garantizar la calidad genética, agronómica y fitosanitaria. Las plántulas están listas para trasplantarse en campo entre cuatro y seis meses después de injertadas.

El trazado del cultivo tiene arreglos como el marco real a distancias promedio de 6 m entre filas x 6 m entre hileras en terrenos planos (277 árboles/ha), tresbolillo o hexagonal de 6 m entre filas x 6 m entre hileras (319 árboles/ha) y cuando las pendientes son del 15 a

45 %, en curvas a nivel o desnivel, con distanciamientos de 6 m entre plantas x 7 m entre calles (Alfonzo, 2008).

Para la siembra en sitio definitivo, en suelos sueltos se pueden hacer hoyos de 0,8 m de diámetro x 0,8 m de profundidad, mientras que, en suelos pesados o arcillosos, se amplía a 1 x 1 m (Alfonzo, 2008). Al momento de trasplante en sitio definitivo, se cortan las raíces enrolladas y malformadas.

Para la fertilización se hacen aplicaciones de cal cuando se presentan pH bajos, aplicaciones de materia orgánica y fertilización química fraccionadas al suelo, desde el trasplante y durante el desarrollo del cultivo. De igual manera, se realizan aplicaciones de fertilización foliar y, en explotaciones tecnificadas, aplicación de fertirriego.

Dentro de las labores culturales, las podas son indispensables para el óptimo desarrollo de los árboles. Se realiza inicialmente una poda de formación en las primeras etapas de desarrollo. En la etapa productiva se retiran ramas enfermas, secas o muertas, así como las que están en contacto con el suelo. En árboles en producción, se podan ramas basales a 1 m de altura o las más cercanas al suelo, procurando no eliminar ramas productivas porque se reduce la capacidad productiva en el estrato inferior donde es fácil y rentable cosechar. Es común una poda de las ramas internas que no reciben luz solar y son improductivas, labor que se realiza después de la cosecha.

El déficit hídrico genera pérdida de flores y frutos, en especial durante el cuajado del fruto y su madurez fisiológica. Por ende, el suministro adicional de agua es una práctica a realizar en explotaciones comerciales de aguacate de la variedad Hass.

La cosecha se presenta cuando el fruto está en su punto de madurez, determinado por cambios como pérdida de brillo y cambio en las lenticelas de color amarillo o verde a café. Una vez cosechada la fruta, se selecciona en campo y se almacena o se envía a las empacadoras donde se hace otra selección y clasificación (Saavedra *et al.*, 2012).

Puede establecerse como monocultivo o asociado con otros cultivos como ayuama, arracacha, calabaza, frijol o frutales u otro tipo de vegetación. El rendimiento se

encuentra alrededor de 7 t/ha para pequeños productores y 15 t/ha para medianos y grandes productores.

En lo que se refiere a los cultivos compactos (solos, mixtos o intercalados) el 88 % del área sembrada se encuentra en fincas medianas y grandes mayores a 5 ha. Solamente el 12 % se siembra en fincas pequeñas con extensiones menores a 5 ha, tal como se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Participación del área del cultivo del aguacate y de las explotaciones según tamaño de la finca

| Tamaño de la finca en hectáreas (ha) | Participación (%) | |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| | Área del cultivo | Explotaciones agropecuarias |
| Entre 1 y 3 | 3 | 11 |
| Entre 3 y 5 | 8 | 15 |
| Entre 5 y 10 | 19 | 21 |
| Entre 10 y 15 | 9 | 10 |
| Entre 15 y 25 | 18 | 16 |
| Entre 25 y 50 | 12 | 10 |
| Entre 50 y 100 | 11 | 12 |
| Entre 100 y 500 | 18 | 6 |

Fuente: Minagricultura (2012).

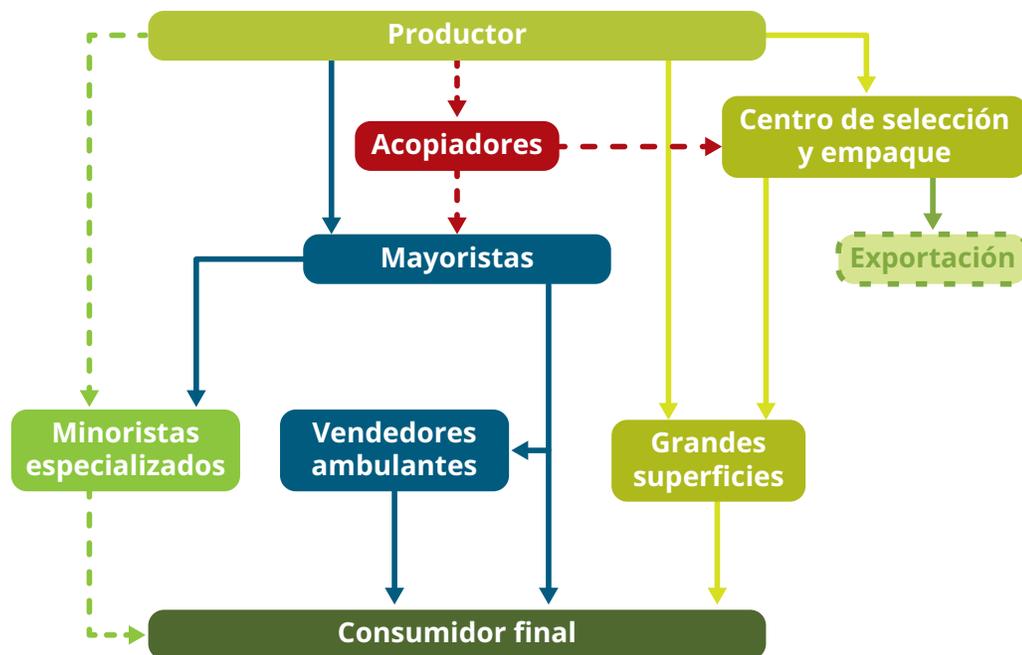
El pequeño productor se caracteriza por ser un poblador del campo, le interesa mantener la diversificación de su predio asociando el cultivo de aguacate con otros productos como plátano, café, yuca, frutales, hortalizas y especies pecuarias menores (porcinos), lo cual garantiza la seguridad alimentaria de la familia. El productor mediano está más relacionado con empresarios del campo, productores que no necesariamente tienen arraigo campesino, pero que han hecho de los negocios del campo su empresa. En este caso, predomina el monocultivo que tiene un manejo más estandarizado.

• Descripción de la cadena productiva de aguacate

La cadena productiva del aguacate en Colombia está conformada por los productores, comercializadores, plazas mayoristas, almacenes de cadena, industrias de procesamiento, productores de material vegetal, proveedores de insumos, exportadores y entidades de apoyo como universidades, centros de investigación e instituciones adscritas al Gobierno que acompañan el proceso (Minagricultura, 2016).

La figura 9 muestra el esquema de la cadena productiva del aguacate en Colombia, desde el productor hasta el consumidor final.

Figura 9. Esquema de la cadena productiva del aguacate



Fuente: UT Crece-Federación Nacional de Cafeteros (2014)

En junio de 2008 se creó el Consejo Nacional de Aguacate (CNA), como órgano consultivo del Gobierno nacional en materia de política para la sostenibilidad y competitividad de la cadena. Una de sus tareas es trabajar en la zonificación y censo de la cadena, con miras a fortalecer los encadenamientos entre productores y comercializadores y, de esta manera, acercar más los productos a las preferencias de los consumidores en términos de calidad e inocuidad. El CNA está conformado por eslabones del sector privado, del sector público y entidades de apoyo.

El aguacate, en todas sus variedades, es un producto que aún no es diferenciado por el comprador final en Colombia, quien simplemente busca la compra de un fruto de calidad y a punto para consumir. En el caso del aguacate variedad Hass, el consumidor global sí diferencia y exige estándares de calidad.

Algunos pasos en esta dirección se están dando con la conformación de la Corporación de Productores y Exportadores de Aguacate Hass de Colombia

(Corpohass), instancia empresarial privada que reúne a una alta proporción de los productores de la variedad en el país. Los otros dos componentes que exigen un trabajo coordinado de la cadena son la autorización del APHIS y el cumplimiento de estándares sanitarios, en cabeza del ICA.

Los productores de aguacate, en la mayoría de los casos, entregan el producto a granel sin valor agregado, a los diferentes agentes que intervienen en la cadena de comercialización.

En las grandes superficies se encuentran las variedades verdes y Hass; para incentivar la compra del aguacate, se observan algunas estrategias como es la presentación del producto en lugares destacados de los locales.

A manera de ejemplo, existen empresas como ColHass, en la zona cafetera, y Westfalia, ubicada en Antioquia, que acopian, dan valor agregado al producto y lo comercializan en el mercado nacional e internacional.

Las dos principales centrales mayoristas del país son Corabastos, en Bogotá; y la Central Mayorista de Antioquia, en Itagüí, cerca de Medellín. El abastecimiento de aguacate de Corabastos proviene del departamento del Tolima con más del 70 % del volumen registrado, seguido por Caldas con el 5,6 % y Antioquia con el 4,7 % (cuadro 15).

Cuadro 15. Suministro de aguacates a Corabastos, Bogotá, en 2014

| Departamento | Toneladas (t) | Participación (%) |
|---------------------|---------------|-------------------|
| Tolima | 10.871 | 70,8 |
| Caldas | 858 | 5,6 |
| Antioquia | 725 | 4,7 |
| Otros departamentos | 2894 | 18,9 |
| Total | 15.348 | 100 |

Fuente: DANE (2015).

En la Central Mayorista de Antioquia se observa predominancia regional en el suministro de aguacate. Caldas es la principal fuente para ese mercado con el

32,7 % del abastecimiento, seguido por Antioquia con el 24,9 % y Quindío con el 12,4 % (cuadro 16).

Cuadro 16. Suministro de aguacate a la Central Mayorista de Antioquia en 2014

| Departamento | Toneladas (t) | Participación (%) |
|---------------------|---------------|-------------------|
| Caldas | 2477 | 32,7 |
| Antioquia | 2309 | 30,5 |
| Quindío | 1545 | 20,4 |
| Otros departamentos | 1246 | 16,4 |
| Total | 7578 | 100 |

Fuente: DANE (2015).

Hacia Corabastos, el 29,4 % del abastecimiento provino de Mariquita, el 24,4 % de Fresno y el 4,3 % de Rioblanco, todos en el departamento de Tolima, destacándose también el 3,2 % del volumen total aportado por Ecuador. En cuanto a la Central Mayorista de Antioquia, el principal origen del aguacate fue Chinchiná (Caldas) con el 23,8 %, seguido por Armenia (Quindío) con el 20,1 %.

Fotografía: archivo UPRA



3.2 Criterios de análisis jerárquico

3.2.1 Criterios físicos

El componente físico es importante ya que, por medio del análisis de sus elementos en un espacio territorial, se puede determinar en primera instancia la aptitud de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios

agronómicos realizados para el cultivo de aguacate variedad Hass, se han precisado algunas características desde este componente que identifican criterios y variables determinantes para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario (figura 10).

Figura 10. Criterios y variables del componente físico



- **Subcomponente climático:** el conjunto cambiante de las condiciones atmosféricas propias de un lugar o región, caracterizado por los estados y evoluciones de las variables climáticas (precipitación, temperatura y humedad del aire, radiación, insolación, viento) durante un periodo largo de tiempo. Para la zonificación, se tomaron como criterios de evaluación

las condiciones climáticas; según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo de aguacate variedad Hass, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en las fases de desarrollo del cultivo, tales como la temperatura, la precipitación o lluvia y el brillo solar (cuadro 17).

Cuadro 17. Criterios y variables del subcomponente climático

| Criterio (definición) | Variables (definición) |
|---|--|
| <p>Condiciones climáticas</p> <p>Conjunto de las condiciones meteorológicas correspondientes a un espacio geográfico específico, caracterizado por las estadísticas basadas en un periodo cronológico extenso de las variables o elementos climáticos referentes al estado de la atmósfera en dicho espacio. Cuando se hace referencia al clima se enfatiza en los tres elementos climáticos más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción del cultivo de aguacate variedad Hass: la precipitación, la temperatura y el brillo solar.</p> | <p>Temperatura: magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como índice de balance calórico de las plantas.</p> |
| | <p>Precipitación: cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida. En términos prácticos, es la cantidad de lluvia media que se precipita en una determinada zona y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de aguacate. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un (1) litro de agua por metro cuadrado de superficie (10 m³ de agua/ha). El análisis de la información para la variable se realizó con el promedio anual.</p> |
| | <p>Brillo solar: cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre; también se denomina insolación.</p> |

- **Subcomponente edáfico:** el suelo, como cuerpo natural y complejo, tiene vital importancia en el desarrollo de los cultivos dependiendo de sus características; es el medio donde las especies vegetales pueden sobrevivir y cumplir su ciclo de vida. Las buenas relaciones entre el suelo y las plantas determinan las interacciones adecuadas entre las

demás cadenas alimenticias de los animales y el hombre mismo, presentándose un equilibrio entre la productividad del suelo y su manejo o conservación. El cultivo comercial de aguacate variedad Hass requiere de condiciones óptimas para su siembra, crecimiento y desarrollo, en especial en lo que tiene que ver con profundidad, textura, drenaje y contenidos de nutrientes (cuadro 18).

Fotografía: archivo UPRA



Cuadro 18. Criterios y variables del subcomponente edáfico

| Criterio (definición) | Variables (definición) |
|---|---|
| <p>Capacidad de laboreo</p> <p>Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo de aguacate variedad Hass implica la preparación del terreno y, en la mayoría de los casos, el uso de maquinaria. La capacidad para laborear el suelo depende de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil.</p> | <p>Pendiente: inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.</p> <p>Textura: «El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).</p> <p>Pedregosidad: cantidad de fragmentos mayores a las gravas a 2 mm sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. Con fines prácticos, se toma el tamaño guijarro (7,6 cm de diámetro) y mayores. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas las mayores de 35 %. Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de los implementos agrícolas.</p> |
| <p>Condiciones de enraizamiento</p> <p>Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas. Tienen relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, la profundidad hasta donde penetran las raíces sin obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes.</p> | <p>Profundidad efectiva: es el total de la profundidad del perfil del suelo favorable para desarrollo de las raíces (USDA, 1961). También se entiende como profundidad radicular; es decir, el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables.</p> <p>Textura: «El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).</p> <p>Pedregosidad: cantidad de fragmentos mayores a 2 mm. Con fines prácticos, se toman los guijarros (7,6 cm de diámetro) y mayores sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. Está relacionada con la cantidad, el tamaño y el espaciamiento. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas. Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede impedir el uso de maquinaria e implementos agrícolas.</p> |
| <p>Disponibilidad de humedad</p> <p>Capacidad que tienen los suelos para aportar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo; se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año. El criterio depende a su vez de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos. Para el cultivo del aguacate, 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.</p> | <p>Régimen de humedad: los regímenes de humedad del suelo se definen en términos del nivel de agua subterránea y en términos de la presencia o ausencia de agua retenida a una tensión inferior a 1.500 kPa en la sección de control (Soil survey staff, 2014).</p> <p>Textura: «El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).</p> |

Continúa >>>

| Criterio (definición) | Variables (definición) |
|--|---|
| <p>Disponibilidad de oxígeno</p> <p>Cualidad del suelo 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 CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.</p> | <p>Susceptibilidad a inundaciones: la inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento ocurre cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacines o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).</p> <p>Drenaje natural: tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).</p> |
| <p>Disponibilidad de nutrientes</p> <p>Es la capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y menores, esenciales para el desarrollo del fruto.</p> | <p>Acidez: logaritmo negativo de la actividad de iones H⁺ en la solución o suspensión del suelo.</p> <p>Saturación de bases: suma de las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresada como el porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %. El pH es directamente proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender, 1987).</p> <p>Carbono orgánico: es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999, citado por Martínez <i>et al.</i>, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000, citado por Martínez <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Capacidad de intercambio catiónico (CIC): mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, hierro, manganeso, amonio), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y regularización de la disponibilidad de nutrientes. Se expresa en cmol/kg suelo.</p> |

Continúa >>>

| Criterio (definición) | | Variables (definición) |
|---|---|---|
| Toxicidad por sales, sodio y aluminio | Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores a las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (hierro, manganeso, cloro, zinc y níquel), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos), la saturación del catión sodio y la saturación de aluminio. En Colombia, es importante la presencia de altas saturaciones de aluminio (Al) en suelos ácidos de clima húmedo, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio (Na). | <p>Salinidad o sodicidad: contenido de sales solubles o sodio intercambiable en zona radicular; el contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).</p> <p>Saturación de aluminio: relación porcentual entre el aluminio del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al⁺³), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).</p> |
| Susceptibilidad a la pérdida de suelos | Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos; integra las variables que causan o que originan dichos procesos. El cultivo de aguacate no involucra el uso intensivo del suelo. | <p>Pendiente: corresponde a la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje; en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.</p> <p>Erosión actual: proceso de degradación física e integral que consiste en el desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de otros materiales a través de la acción del agua en movimiento y el viento. Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en la superficie por estos procesos.</p> <p>Susceptibilidad a movimientos en masa: probabilidad de ocurrencia de procesos de movimientos en masa en el terreno. Los deslizamientos son movimientos fuertes de suelo o roca que se desplazan respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de roturas netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; las masas generalmente se comportan como una unidad en su recorrido. Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que debe considerarse a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass.</p> |

• **Subcomponente fitosanitario:** se identificaron los problemas de plagas y enfermedades más recurrentes a lo largo de las zonas productoras. El criterio relacionado con este subcomponente se denomina riesgo fitosanitario, el cual se explica por las condiciones climáticas y edáficas que inciden directamente en el proceso epidemiológico (aparición, inoculación, propagación e infección) de los agentes

patógenos de mayor impacto en el cultivo comercial del aguacate Hass. En función de este propósito, se consideraron como las más importantes para este cultivo las especies cuarentenarias de control oficial por parte del ICA y el hongo *Phytophthora cinnamomi* relacionado con la temperatura, el drenaje natural y el exceso hídrico (cuadro 19).

Cuadro 19. Criterios y variables del subcomponente fitosanitario

| Criterio (definición) | Variables (definición) |
|---|---|
| <p>Riesgo fitosanitario</p> <p>Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura, exceso hídrico y drenaje) y epidemiológicas (municipios reportados), que aumentan la probabilidad y explican el riesgo de inoculación, infección, propagación, infestación y daños causados por organismos fitopatógenos y fitófagos en cultivos comerciales de aguacate variedad Hass.</p> | <p>Especies cuarentenarias: ubicaciones geográficas establecidas por medio del monitoreo a diferentes municipios productores de aguacate que definen la presencia o no de plagas de control oficial, que explican la probabilidad de infestación, diseminación y daños causados en cultivos comerciales de aguacate variedad Hass, los cuales limitan la admisibilidad del producto a los mercados de exportación.</p> <p>Temperatura asociada a <i>P. cinnamomi</i>: magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del mismo con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como índice de balance calórico de las plantas.</p> <p>Exceso hídrico asociado a <i>P. cinnamomi</i>: cantidad de agua presente en el suelo, que supera la capacidad de campo y genera encharcamiento o lámina de agua.</p> <p>Drenaje natural asociado a <i>P. cinnamomi</i>: profundidad y tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).</p> |

3.2.2 Criterios socioecosistémicos

El enfoque socioecosistémico considera la biodiversidad, los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales, donde el hombre, la sociedad y su cultura, como componentes centrales de los ecosistemas, modelan y se adaptan a los cambios en la naturaleza. De esta manera, el objeto último del enfoque socioecosistémico —como un enfoque donde las estrategias de gestión deben considerar tanto la dinámica en las diferentes escalas de la organización biológica, como en las relaciones e interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales— es el uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas y el mantenimiento de la integridad ecológica como paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012 y Martín-López *et al.*, 2009, citados por UPRA, 2014).

Este enfoque, dentro de la zonificación de la cadena productiva comercial de aguacate variedad Hass, adquiere una importancia trascendental puesto que genera de manera transversal a los demás componentes de análisis los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica y prestación de bienes y servicios

ambientales), de una forma equitativa, lo que incluye a 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 o utilitaristas.

A partir de los conceptos teóricos generales de aptitud de la tierra —en la cual se entiende como la adaptabilidad de un territorio para una actividad dada— para el proyecto de zonificación se establece que, desde el componente socioecosistémico, esta adaptabilidad está en estrecha relación con el potencial de uso para el fin comercial, sin que la actividad represente un generador de degradación frente a los intereses de protección y conservación de la biodiversidad.

Para la determinación de este potencial, en la escala de trabajo nacional (1:100.000), se identifican algunos atributos a escala ecosistémica y de paisaje, cuya simplicidad y alto valor predictivo y de síntesis permiten obtener una interpretación desde una visión sistémica de la estructura, función y dinámica ecológica (figura 11).

Figura 11. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica



Fuente: UPRA (2014).

Estos atributos se evalúan a partir de los siguientes criterios: cobertura de la tierra (estructura), integridad ecológica (función), huella ecológica y transformación (dinámica).

Desde el componente socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el

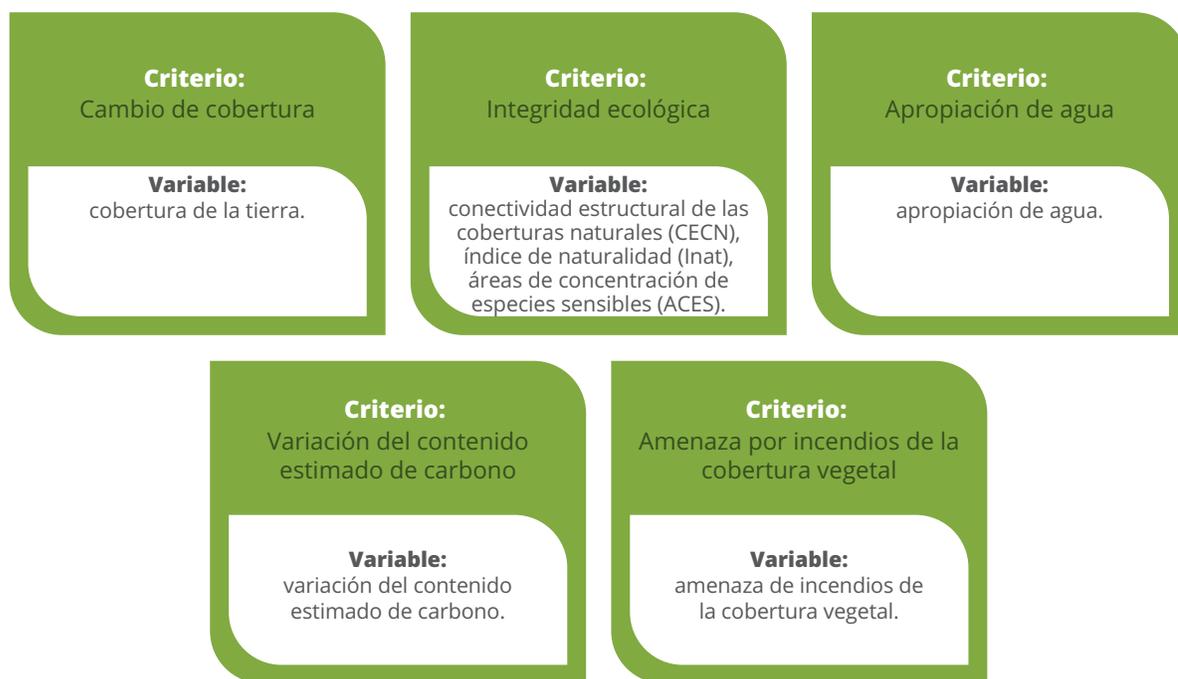
establecimiento de cultivos de aguacate variedad Hass y permanencia de la actividad. De esta forma, las áreas con mayor aptitud para el establecimiento de esta actividad económica son aquellas donde se genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o contribuya a mejorarlos.

El componente socioecosistémico aporta a la zonificación una mirada desde la estructura, función y dinámica ecológica de las coberturas introducidas en paisajes culturales y en áreas con mosaicos de transformación de sus coberturas naturales. Al igual que los criterios físicos, aporta criterios para definir si un territorio tiene o no aptitud para el desarrollo del cultivo.

Para el componente socioecosistémico, se identifican los siguientes criterios y variables claves para su aplicación en la definición de la aptitud para el establecimiento y desarrollo de cultivo comercial de aguacate variedad Hass:

La figura 12 y el cuadro 20 muestran el detalle de los criterios y variables del componente socioecosistémico.

Figura 12. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Cuadro 20. Criterios y variables del componente socioecosistémico

| Criterio (definición) | Variable (definición) |
|---|--|
| <p>Cambio de cobertura</p> | <p>Determina la favorabilidad del cambio de cobertura en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los siguientes principios: grado de antropización y transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura, de acuerdo con sus características; e importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.</p> <p>Por medio de este criterio es posible identificar áreas con vegetación natural sujetas a exclusiones y aquellas transformadas donde es favorable establecer el cultivo comercial de aguacate, bajo una visión integral del territorio. Así mismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas de menor impacto socioecosistémico como producto del cambio para el establecimiento del cultivo.</p> |
| <p>Integridad ecológica</p> | <p>Habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad balanceada y adaptada de organismos, con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región. Este estimador de la calidad ambiental es útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación.</p> <p>Conectividad estructural de las coberturas naturales: medida a escala del paisaje transformado que permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como espacio vital requerido para el mantenimiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.</p> <p>Índice de naturalidad por subzona hidrográfica: cualidad de un ecosistema o de alguna parte del mismo que da a conocer su grado de independencia con respecto a la acción del hombre o, lo que es igual, lo escaso de la influencia transformadora antrópica. Permite estimar la cantidad de espacios naturales destinados a garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en una unidad territorial determinada.</p> <p>Áreas de concentración de especies sensibles: establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles mediante indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas. De igual forma, se integran las áreas importantes para la conservación de las aves (AICA); así, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento y desarrollo de cultivo de aguacate es mayor.</p> |
| <p>Apropiación de agua</p> | <p>Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como materia prima, como para el sustento del cultivo y en la producción de aguacate.</p> <p>La importancia de esta variable para este estudio radica en que permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de evapotranspiración real por subzona hidrográfica) en el escenario de establecimiento del cultivo de aguacate. De esta forma, es posible identificar si, dada la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica (SZH), se configura un riesgo para el abastecimiento para el cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes en su interior.</p> |
| <p>Variación del contenido estimado de carbono</p> | <p>Balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual y en el suelo, frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass.</p> <p>Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. De forma complementaria, esta estimación permite incorporar elementos de competitividad ambiental y económica, pues se puede articular a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono.</p> |
| <p>Amenaza por incendios de la cobertura vegetal</p> | <p>Permite medir la probabilidad, de un área cualquiera, de verse afectada por un incendio de la cobertura vegetal y cómo puede esta posibilidad afectar en mayor o en menor medida los cultivos de aguacate establecidos en una zona determinada.</p> <p>Los incendios de la cobertura vegetal son uno de los mayores peligros para cualquier tipo de cultivo, ya que estos eventos pueden llegar a afectar desde unos pocos individuos, hasta destruir un cultivo por completo, lo que genera pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercana.</p> |

3.2.3 Criterios socioeconómicos

La competitividad es la capacidad para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio frente a otros productores domésticos e internacionales, y se define por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales; es decir, depende tanto del valor de los productos y servicios de un país —medido por los precios que se pagan por ellos en los mercados libres— como de la eficiencia con la que pueden producirse (Porter, 1980 y 1985).

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

La sostenibilidad y el crecimiento en los niveles de competitividad dependen de alcanzar un uso eficiente de los factores de producción, consolidar altos niveles de innovación en los sistemas productivos, diversificar y ampliar los mercados, y articular los mercados regionales y la población rural desarrollando su potencial productivo y elevando su calidad de vida.

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de aguacate variedad Hass con fines comerciales, la competitividad se expresa en la capacidad de una región (municipio) para generar las condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenido de esta actividad agrícola; así, permite mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los empresarios y familias dedicadas a ella.

Con base en la definición planteada, la competitividad del cultivo de aguacate variedad Hass con fines comerciales implica un proceso mediante el cual este cultivo necesita en los municipios requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción. Ellos son los criterios o variables estructurales que conducen hacia la competitividad. Desarrollada la competitividad, esta debe revelarse en mejores condiciones de vida (criterios o variables resultado) para las comunidades dedicadas a esta actividad agrícola. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso del cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Bajo esta premisa, un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, mercado laboral estable y con disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros con PIB, créditos e incentivos significativos; todo lo anterior redundará en beneficio del productor de aguacate variedad Hass y de las comunidades locales, y se verá representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista en el cultivo de aguacate variedad Hass le puede ser indiferente invertir donde haya mejores o peores condiciones de vida, pero su inversión sí beneficiará a la comunidad local. En consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos de este cultivo interesa en especial a las agencias del Gobierno y a los productores con responsabilidad social.

Dentro del componente socioeconómico, el índice de competitividad (IC) es un indicador regional que compara las capacidades de las regiones con potencial comercial para generar un desarrollo sostenible de un cultivo y a la vez promueve el bienestar para las familias que dependen de esta actividad. El IC es el resultado de incorporar las variables seleccionadas en un esquema de cálculo de indicadores mediante la estandarización y normalización de la información. Para lograrlo, compara los diferentes aspectos de competitividad entre municipios y define debilidades y fortalezas relativas para cada uno de ellos. Esto permite establecer sectores críticos susceptibles de mejora en la competitividad de las regiones, con lo cual se obtiene un instrumento para la inversión.

La metodología de aptitud competitiva tiene el propósito de clasificar los municipios para obtener su medición frente a los demás municipios del país. Para ello, según el caso, se aplican los siguientes indicadores:

- Si la clasificación es por IC (variables cuantitativas), la escala es de 0 a 1. Esta se realiza con el fin de analizar integralmente los índices, en el proceso de clasificación: estandarizar los resultados de las variables y eliminar los valores extremos (máximos y mínimos) que causan valoraciones inconsistentes.
- Si es por distancia o por área de influencia (variables cualitativas), se utilizan criterios de distancias y áreas de influencia como, por

ejemplo, cercanía a centros de servicio, distancia a vías 4G, áreas de influencia de entidades como el SENA o Corpoica, entre otras.

La unidad de análisis es el municipio y se establecen tres rangos de aptitud competitiva: aptitud alta (A1), aptitud moderada (A2) y aptitud marginal o baja (A3). Con el fin de analizar integralmente los indicadores y homogenizar los resultados, se utiliza el IC con el complemento de promedios simples para obtener un índice por criterio. En el proceso del cálculo y espacialización de dicho índice se analiza la consistencia de la información suministrada por la fuente y se organiza con miras a estimar el índice de competitividad, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de competitividad} = \frac{(I - \text{MÍN})}{(\text{MÁX} - \text{MÍN})}$$

Donde:

I = valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN = valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX = valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC calculado genera una puntuación de 0 a 1; este resultado corresponde a la posición que ocupó este municipio en la aptitud competitiva, para la variable en consideración, con respecto a los demás municipios del país.

Una vez calculado el IC de la variable objeto de estudio en cada uno de los municipios del país, este se clasificó, según su aptitud competitiva, así: aptitud alta (A1), si el IC tiende a 1; y aptitud baja (A3), si el IC tiende a 0. Los valores intermedios corresponden a aptitud media (A2).

En resumen, el método permitió asociar los resultados de los indicadores con valores de rango entre 0 y 1. Se asoció 1 al mejor resultado de cada indicador o de aptitud competitiva alta; 0 al resultado de aptitud competitiva baja; y los valores intermedios entre 0 y 1 a la aptitud competitiva media. De esta manera, el análisis posterior individual por cada variable pudo realizarse de manera homogénea, indistintamente de la cantidad de municipios o indicadores presentes.

Posteriormente, se calculó el valor de las categorías de aptitud aplicando un promedio simple a los valores de los indicadores pertenecientes a cada categoría para obtener un valor único por municipio, de acuerdo con la categoría en análisis. Finalmente, se calculó el IC utilizando de nuevo un promedio simple sobre el valor de las categorías calculadas anteriormente.

En la figura 13 y en el cuadro 21 se muestran los criterios y las variables que forman parte del componente socioeconómico.

Figura 13. Criterios y variables del componente socioeconómico



Cuadro 21. Criterios y variables del componente socioeconómico

| Criterio | Definición | Variable |
|----------------------------------|---|--|
| Indicadores económicos | Reflejan las tendencias de asignación de los recursos financieros e incentivos que contribuyen al apalancamiento del cultivo en un entorno macroeconómico, que considera el desempeño económico en el municipio e incide en el desarrollo del negocio de los cultivos de aguacate variedad Hass con fines comerciales. | <p>Grado de participación agropecuaria municipal: busca medir indirectamente el nivel de vocación agropecuaria del municipio de modo que, si el sector agropecuario tiene una mayor participación porcentual que otros sectores dentro del municipio, su vocación agropecuaria es mayor.</p> <p>Líneas especiales de crédito (LEC): préstamos otorgados a personas naturales o jurídicas para desarrollar diferentes actividades, desde el proceso de producción y comercialización hasta la transformación primaria de los bienes (Minagricultura, 2012).</p> <p>Incentivo a la capitalización rural (ICR): apoyo económico no reembolsable otorgado mediante el abono al saldo del capital del crédito contraído por el productor, para la ejecución de nuevos proyectos de inversión orientados a mejorar la infraestructura de producción y de comercialización agropecuaria.</p> |
| Tamaño de la tierra rural | Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la unidad agrícola familiar (UAF) (2 SMMLV) por municipio, y por las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva. Para efectos de la zonificación, cada municipio del país se ubica dentro de un rango de tamaño tipo predominante y, por consiguiente, en una aptitud determinada. La medición se hace por medio de la comparación predio a predio de acuerdo con la información catastral manejada en la Dirección de Ordenamiento Territorial de la UPRA, comparada con la UAF definida en las resoluciones del Incoder 1132 y 1133 de 2013, para el municipio donde se encuentre el predio. | <p>Tamaño tipo de los predios rurales: superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la UAF (2 SMMLV) por municipio.</p> |
| Factores productivos | Con este criterio se busca espacializar algunas variables que tienen relación con los costos de producción, para medir el impacto y el nivel de aptitud de un sitio respecto a la tradición del cultivo, el arriendo o el precio de la tierra —según sea el caso— los rendimientos medidos como toneladas producidas por hectárea y la distancia al lugar donde se obtiene la semilla. | <p>Precio de la tierra rural municipal: expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. Busca medir de forma indirecta el arriendo de una hectárea para la producción agrícola. Para efectos de la zonificación, esta variable se asimila e incorpora como el avalúo catastral por hectárea de los predios rurales de un municipio, donde se tiene información.</p> <p>Rendimientos: peso por unidad de superficie cosechada de un producto vegetal. En general, se representa como t/ha.</p> <p>Centros de consumo: centros poblados donde normalmente existe demanda de consumo para la cadena productiva.</p> |

Continúa >>>

| Criterio | Definición | Variable |
|---|--|--|
| <p>Infraestructura y logística</p> | <p>Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.</p> | <p>Existencia de cultivos: área sembrada con aguacate por municipio.</p> <p>Cercanía a centros de servicios: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro de servicios) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción con relación a la obtención de insumos básicos requeridos en el proceso productivo. Por ejemplo, soldador, ferretería, mangueras, agroquímicos, entre otros.</p> <p>Cercanía a puertos marítimos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (en este caso, un puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos marítimos dado que este producto tiene una clara vocación exportadora.</p> <p>Presencia de aeropuertos: los aeropuertos analizados se clasifican teniendo en cuenta los servicios de facilitación no aeronáuticos útiles para el transporte internacional de carga. Estos servicios son controles migratorios, aduana, policía, controles fito y zoonosarios, así como servicios de sanidad general. Categoría A. Igualmente, el orden de importancia de cada aeropuerto se define dependiendo de cuántas, de las 32 líneas aéreas con cupos de carga que operan en Colombia, están presentes en cada puerto aéreo.</p> <p>Districtos de riego: presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según su tamaño (Incoder, 2015).</p> <p>Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización: distancia en isócronas (tiempo, pendiente y distancia de recorrido) desde el centro de transformación, empaque y comercialización hacia cualquier punto del territorio.</p> |
| <p>Mercado laboral</p> | <p>Identifica condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de aguacate en el municipio.</p> | <p>Cercanía a vías 4G: facilidad con la que se pueden alcanzar los tramos de vías 4G, desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hacia los puntos donde se construyen vías 4G en busca de mejores opciones de ingreso. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta las vías 4G que están en construcción y han empleado buena parte de la mano de obra utilizada en cultivos como los hortofrutícolas.</p> <p>Población en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄): personas de determinada edad a partir de la cual se considera que están en capacidad de trabajar. Por la información disponible por municipio, esta variable se incorporó para esta zonificación como la población entre los 20 y 64 años en capacidad de trabajar.</p> <p>Años promedio de escolaridad: número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más por municipio.</p> <p>Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias: oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas; existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, forestales, agropecuarias y afines, con modalidad presencial en el municipio.</p> |

Continúa >>>

| Criterio | Definición | Variable |
|--|---|---|
| Seguridad ciudadana | Sensación de confianza, entendida como ausencia de riesgos y daños a la vida y a la integridad física y psicológica de un individuo o de un grupo poblacional, determinada por situaciones sociales. | Índice de riesgo de amenazas: eventual ocurrencia de acciones o sucesos relacionados con el conflicto armado interno en cada municipio de Colombia, que tengan la potencialidad de causar daño a la población civil y a sus bienes. Dichos eventos son ocasionados por agentes preponderantemente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014). |
| Institucionalidad y asociatividad | Identifica la oferta institucional de organizaciones cuyas actividades tienen efectos directos sobre el desempeño de la actividad agrícola a nivel local, como el ICA, el SENA y Corpoica, así como indirectos, como la calidad del gasto público local, las cuales —cuando funcionan adecuadamente— se convierten en generadoras de externalidades positivas que propician una mayor competitividad. | <p>Índice de desempeño fiscal: medición global del resultado fiscal anual alcanzado por cada municipio, a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la Nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y la capacidad de ahorro.</p> <p>Programas y servicios que ofrece el SENA: facilidad con la que se puede alcanzar, desde un sitio en el territorio, el centro más cercano del Servicio Nacional de Aprendizaje, que ofrezca programas de formación profesional integral para la incorporación, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervengan directamente con la producción agrícola en los cultivos hortofrutícolas desde otros puntos en el territorio. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta la sede del SENA más cercana que ofrezca programas y servicios especializados como lo son jóvenes rurales emprendedores, escuelas líderes Cedagro-SER, SENA emprende rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, jóvenes en acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental o apoyo a empresas agrícolas.</p> <p>Predios certificados BPA por el ICA: número de predios certificados en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.</p> <p>Programas o servicios ofrecidos por Corpoica: facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica que ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervienen directamente con la producción agrícola en la cadena hortofrutícola desde otros puntos en el territorio. La variable sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de Corpoica que ofrecen estos programas específicos.</p> <p>Extensión y asistencia técnica sectorial: existencia de entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio, cuya función es articular y orientar acciones para el incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción, considerando la sostenibilidad ambiental. El término sectorial está referido tanto al sector agropecuario en general como al sector del aguacate.</p> <p>Organizaciones gremiales o de base del sector: distancia entre la sede de Asohfrucol y cualquier punto del territorio. Se espacializa teniendo en cuenta el número de sedes en el país con las que cuenta Asohfrucol y su ubicación.</p> |

Continúa >>>

| Criterio | Definición | Variable |
|----------------------------|--|---|
| Bienestar económico | Conjunto de circunstancias materiales e inmateriales de la existencia y supervivencia de un individuo o grupo humano. Refleja el grado de desarrollo humano de la población perteneciente a un municipio analizado, en relación al concepto de competitividad. | Índice de pobreza multidimensional (IPM): grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres (DNP, 2011). Permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria al reflejar diversos conjuntos de privaciones. En Colombia, las cinco dimensiones que se utilizan para calcular el IPM son las condiciones educativas del hogar; condiciones de la niñez y juventud; trabajo; salud y acceso a servicios públicos domiciliarios; y condiciones de la vivienda. |

3.3 Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial del aguacate, se tomaron como referencia las categorías usadas para el «Mapa de zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en

Colombia, escala 1:100.000» (UPRA, 2014), las cuales corresponden a cuatro categorías de aptitud, una de exclusiones legales y otra de condicionantes legales (cuadro 22).

Cuadro 22. 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 apta | Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que, en la actualidad, imposibilitan el desarrollo de la actividad. |
| Exclusiones legales | | |
| N2 | Exclusión legal | Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. |
| 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 comercial de aguacate variedad Hass. |

Fuente: UPRA (2014)

Desde el componente físico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1) en donde, dados los requerimientos específicos del cultivo en términos de clima y suelos, se presentaron unas restricciones que

imposibilitan el desarrollo de la actividad del cultivo de aguacate variedad Hass. En el cuadro 23 se registran los rangos de aptitud desde el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas (N1).

Cuadro 23. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico

| Subcomponente | Criterio | Variable | Unidad dimensional de la variable | Rangos de aptitud | | | Exclusión técnica |
|--|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | | | | A1 | A2 | A3 | N1 |
| Climático | Condiciones climáticas | Temperatura media | °C/añual | ≥ 15 - < 18 | ≥ 18 - ≥ 20 | ≥ 13 - ≥ 15 | < 13 y > 20 |
| | | Precipitación total | mm/año | ≥ 1000 - ≤ 2000 | > 2000 - < 3000 | ≥ 500 - < 1000 y ≥ 3000 - < 4000 | < 500 y ≥ 4000 |
| | | Brillo solar medio diario anual | horas sol/día | ≥ 5 | ≥ 3 - < 5 | < 3 | - |
| Edáfico | Capacidad de laboreo | Pendiente | % | ≤ 25 | > 25 - ≤ 50 | > 50 - ≤ 75 | > 75 |
| | | Textura | Cualitativo | F, FL, FA, FArA, FArL | FAr, ArA, ArL, L | A, AF, Ar | - |
| | | Pedregosidad | Cualitativo | Sin fase de pedregosidad | - | Con fase de pedregosidad | - |
| | Condiciones de enraizamiento | Profundidad efectiva | cm | > 100 | ≥ 50 - ≤ 100 | - | < 50 |
| | | Textura | Cualitativo | F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr | ArA, ArL, AF | Ar, A | - |
| | | Pedregosidad | Cualitativo | Sin fase de pedregosidad | - | Con fase de pedregosidad | - |
| | Disponibilidad de humedad | Régimen de humedad | Cualitativo | Údico | Ústico | - | Árido, ácuico y perácuico |
| | | Textura | Cualitativo | Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F | FA, L, FL | A, AF | - |
| | Disponibilidad de oxígeno | Susceptibilidad a inundaciones | Cualitativo | No hay | Ocasionales | - | Frecuentes y muy frecuentes |
| | | Drenaje natural | Cualitativo | Bueno y excesivo | Moderado | Imperfecto | Pobre y muy pobre |
| | Disponibilidad de nutrientes | Acidez (pH) | pH | 5,5-6,5 | 5,0-5,4 y 6,6-7,3 | 4,0-4,9 y 7,4-8,4 | < 4,0 y > 8,4 |
| | | Saturación de bases | % | > 35 | ≥ 10 - ≤ 35 | < 10 | - |
| | | Carbono orgánico | % | > 1,70 - ≤ 10; andisoles ≥ 1,7 - ≤ 15 | ≥ 0,50 - ≤ 1,70; > 10; andisoles > 15 | < 0,50; histosoles | - |
| | | Capacidad de intercambio catiónico | cmol/kg de suelo | > 20 | ≥ 10 - ≤ 20 | < 10 | - |
| | Toxicidad por sales, sodio y aluminio | Salinidad o sodicidad | dS/m | ≤ 2 | > 2 - ≤ 4 | > 4 - ≤ 8 | > 8 |
| | | | PSI (% sodio intercambiable) | ≤ 10 | > 10 - ≤ 15 | - | > 15 |
| | | Saturación de aluminio | % | ≤ 30 | > 30 - ≤ 60 | > 60 | - |
| Susceptibilidad a la pérdida de suelos | Pendiente | % | ≤ 25 | > 25 - ≤ 50 | > 50 - ≤ 75 | > 75 | |
| | Erosión actual | Cualitativo | No hay; ligera | Moderada | - | Severa; muy severa | |
| | Susceptibilidad a movimientos en masa | Cualitativo | Muy baja; baja | Media | Alta; muy alta | - | |

Continúa >>>

| Subcomponente | Criterio | Variable | Unidad dimensional de la variable | Rangos de aptitud | | | Exclusión técnica |
|---------------|----------------------|--|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------|
| | | | | A1 | A2 | A3 | N1 |
| Fitosanitario | Riesgo fitosanitario | Municipios reportados (plagas control oficial) | Reporte ICA | Negativos* | - | Positivos** | - |
| | | Temperatura (<i>P. cinnamomi</i>) | °C | < 24 | > 28 | 24-28 | - |
| | | Drenaje natural (<i>P. cinnamomi</i>) | Nivel de drenaje | Drenaje natural | Excesivo, bien drenado y moderado | Imperfecto | - |
| | | Exceso hídrico (<i>P. cinnamomi</i>) | mm | ≤ 500 | > 500 - ≤ 1500 | > 1500 | - |

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

La primera hace referencia al criterio de cambio de cobertura, donde las áreas de exclusión corresponden a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, superficies de aguas y territorios artificializados. Estas áreas se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido, deben ser protegidas y mantener su cobertura actual; por ende, no puede establecerse el cultivo comercial de aguacate.

La segunda categoría involucra aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después del año 2010 y que se identificaron por medio del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Cabrera *et al.*, 2011). Estas zonas no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola. Se toma 2010 como fecha límite, en concordancia con la «Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante

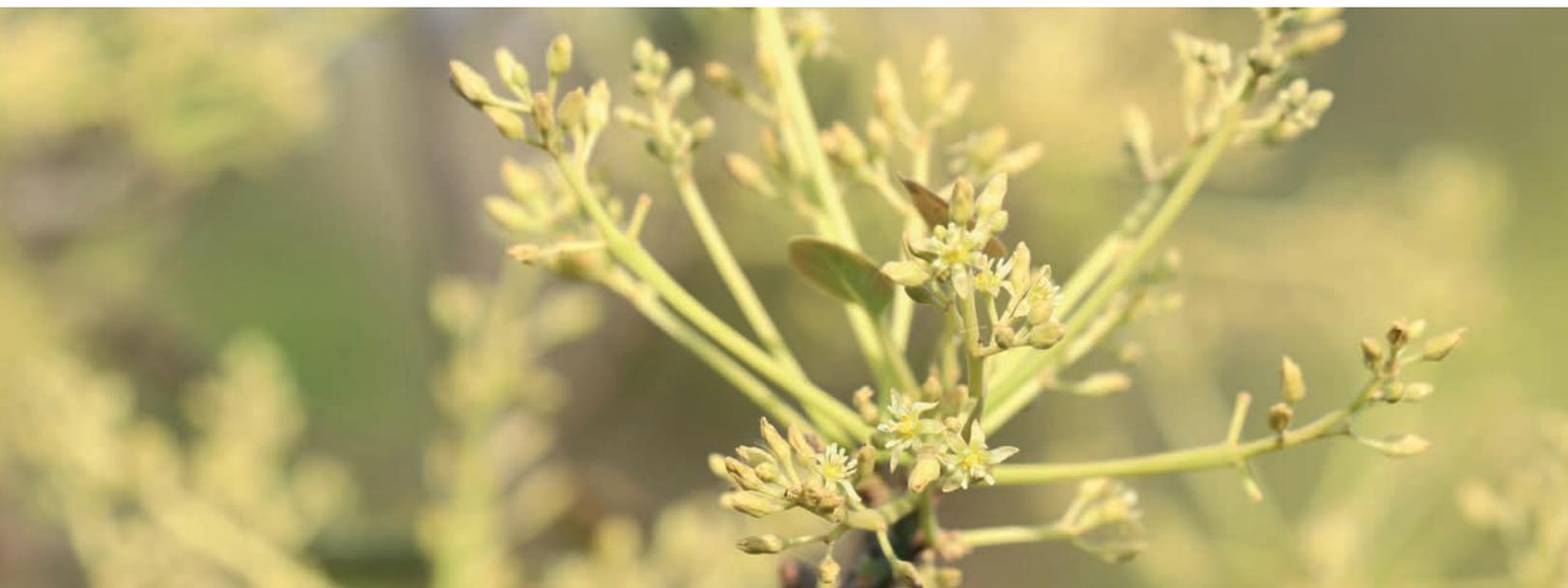
la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático», en donde se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la implementación de estrategias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

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

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

En el cuadro 24 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioecosistémico.

Fotografía: archivo UPRA



Cuadro 24. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico

| Criterio | Variable | Rangos de aptitud | | | Exclusión técnica |
|---|---|--|--|--|---|
| | | A1 | A2 | A3 | N1 |
| CAMBIO DE COBERTURA | Cobertura de la tierra | Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan las áreas de pastos arbolados y enmalezados, y los cultivos permanentes y la palma de aceite. | Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los mosaicos de pastos y cultivos, los pastos limpios y los cultivos permanentes para la producción de alimentos. | Corresponden a aquellas coberturas en donde predominan los cultivos de ciclo corto, o permanentes dedicados a la producción de alimentos humanos. También agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para cultivos de aguacate; adicionalmente, incluye algunos herbazales densos de tierra firme. | Corresponde a coberturas no favorables para el establecimiento de cultivos de aguacate variedad Hass. Son aquellas excluidas técnicamente y están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, las áreas húmedas, las superficies de aguas y los territorios artificializados. Categorías leyenda <i>Corine Land Cover</i> : 1. Territorios artificializados, 3. Bosques y áreas seminaturales (exceptuando 3.1.5 Plantaciones forestales y 3.3.4 Zonas quemadas), 4. Áreas húmedas y 5. Superficies de agua. |
| | | IE = a(CECN) + b(Inat) + c(ACES) Donde: a = 0,6175, b = 0,2968 y c = 0,0856 | | | |
| INTEGRIDAD ECOLÓGICA | Conectividad estructural de las coberturas naturales | 0,13-0,49 | ≥ 0,49 - ≤ 0,82 | 0,82-1 | No aplica |
| | Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (%) | (0 - 50) Inat muy baja - vital, baja - estratégica y moderada | (≥ 50 - ≤ 75) Inat alta | (75-100) Inat muy alta | No aplica |
| | Áreas de concentración de especies sensibles | Áreas Prioritarias de Conservación (APC) | | | |
| | | (< -10,02) In D Áreas sin identificación de APC | (-10,02 a -2,77) In D APC con baja y muy baja densidad de especies sensibles | (-2,76 a 6,42) In D APC con moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles | No aplica |
| | | Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) | | | |
| (< -8,085) In D Áreas sin AICA | | (-8,085 a -4,189) In D AICA con densidad muy baja o baja, de especies sensibles | (-4,189 a 1,67) In D AICA con densidad moderada de especies sensibles | No aplica | |
| Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios | | | | | |
| Valoración cualitativa de riqueza mediante la reclasificación de aptitud para el cultivo de aguacate variedad Hass de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque. Se tienen en cuenta los periodos estacionario y migratorio. | | | | No aplica | |

Continúa >>>

| Criterio | Variable | Rangos de aptitud | | | Exclusión técnica |
|---|--|--|--|--|-------------------|
| | | A1 | A2 | A3 | N1 |
| APROPIACIÓN DE AGUA | A1 = IUA A1 - USO A1 A2 = IUA A2 - USO A1, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A2 A3 = IUA A3 - USO A1, IUA A3 - USO A2, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A3, IUA A3 - USO A3 | | | | |
| | Apropiación de agua | Uso consuntivo (USO) | | | No aplica |
| | | < 7000 | ≥ 7000 - ≤ 9800 | > 9800 | |
| | | Índice de uso del agua (IUA) | | | |
| | > 7277,25 | ≤ 7277,25 - ≥ 1452,34 | < 1452,34 | | |
| VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO | Variación del contenido estimado de carbono | < -20 | > 0 - ≤ -20 | ≥ 0 | No aplica |
| AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL | Amenaza de incendios de la cobertura vegetal | Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | No aplica |

A partir del componente socioeconómico, los municipios se clasificaron solamente en tres categorías de aptitud competitiva (A1, A2 y A3). Ningún municipio se clasificó como no apto (N1),

dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos cuya variación respondió a factores exógenos. En el cuadro 25 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.

Cuadro 25. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico

| Criterio | Variables | Unidad dimensional de la variable | Rangos de aptitud | | |
|------------------------|---|-----------------------------------|--|---|--------------------------|
| | | | A1 | A2 | A3 |
| INDICADORES ECONÓMICOS | Grado de participación agropecuaria municipal | % | Municipio ≥ 27 % | Municipios entre 10 y 27 % | Municipios < 10 % |
| | Líneas especiales de crédito (LEC) | Pesos | Municipios con líneas especiales de crédito otorgados ≥ \$ 10,4 millones | Municipios con líneas especiales de crédito otorgados entre \$ 220.000 hasta \$ 10,4 millones | Municipios sin historial |
| | | IC | ÍC ≥ 0,1330 | ÍC < 0,1330 | |
| | Incentivo a la capitalización rural (ICR) | Pesos | Municipios con Incentivos ICR otorgados ≥ \$ 37,3 millones | Municipios con Incentivos ICR otorgados entre \$ 472.000 hasta \$ 37,3 millones | Municipios sin historial |
| | | IC | ÍC ≥ 0,0378 | ÍC < 0,0378 | |

Continúa >>>

| Criterio | Variables | Unidad dimensional de la variable | Rangos de aptitud | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------------|--|---|----------------------------------|
| | | | A1 | A2 | A3 |
| TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL | Tamaño tipo de los predios rurales | Unidad agrícola familiar (UAF) | Predios < 2 UAF | Predios entre 2 y 5 UAF | Predios ≥ 5 UAF |
| FACTORES PRODUCTIVOS | Precio de la tierra rural municipal | Pesos | Municipios < \$ 2 millones | Municipios entre \$ 2 y \$10 millones | Municipios > \$ 10 millones |
| | Rendimientos | t/ha | Municipios > 11,57 t/ha | Municipios entre 9,01 y 11,57 t/ha | Municipios < 9,01 t/ha |
| | Centros de consumo | Kilogramos | Municipios con consumo ≥ 1.019.000 kg | Municipios con consumo entre 185.000 kg y 1.019.000 kg | Municipios sin historial |
| INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | Cercanía a centros de servicios | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Existencia de cultivos | Hectáreas | Municipios > 133 ha sembradas | Municipios entre 38,33 y 133 ha sembradas | Municipios < 38,3 ha sembradas |
| | Cercanía a puertos marítimos | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Presencia de aeropuertos | Categoría | Categoría A | Categoría B | Categoría C |
| | Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Distritos de riego | Tamaño | Municipios con distritos de riego de gran tamaño | Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño | Municipios sin distrito de riego |
| MERCADO LABORAL | Cercanía a vías 4G | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≥ 2 horas | Municipios entre 1 y 2 horas | Municipios < 1 hora |
| | Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄) | Índice de competitividad (IC) | IC > 0,01015 | IC entre 0,00419 y 0,01015 | IC < 0,00419 |
| | | Personas | > 50.000 personas | Entre 20.000 y 50.000 personas | < 20.000 personas |
| | Años promedio de escolaridad | Índice | IC > 0,2511 | IC entre 0,1483 y 0,2511 | IC < 0,1483 |
| | | Años | > 5 años | Entre 3 y 5 años | < 3 años |
| | Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias | Número de programas | 4 o más | 2 o 3 | 0 o 1 |

Continúa >>>

| Criterio | Variables | Unidad dimensional de la variable | Rangos de aptitud | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | A1 | A2 | A3 |
| SEGURIDAD CIUDADANA | Índice de riesgo de amenazas | Índice | ≤ 0,42 | > 0,42 y ≤ 0,58 | > 0,58 |
| | | IC | IC ≥ 0,720 | 0,519 ≤ IC ≤ 0,720 | IC < 0,519 |
| INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | Índice de desempeño fiscal | Índice | ≥ 70,02 y hasta 90,73 | ≥ 60,00 y < 70,02 | ≥ 33,23 y < 60,00 |
| | | IC | IC ≥ 0,655 | 0,476 ≤ IC < 0,655 | IC < 0,476 |
| | Programas y servicios ofrecidos por el SENA | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Predios certificados en BPA por el ICA | Número de predios certificados | ≥ 5 predios certificados | Entre 1 y 5 predios certificados | Municipios sin predios certificados |
| | Programas y servicios ofrecidos por Corpoica | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Extensión y asistencia técnica sectorial | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 horas | Municipios entre 2 y 4 horas | Municipios > 4 horas |
| | Organizaciones gremiales o de base del sector | Presencia | Con presencia | - | Sin presencia |
| BIENESTAR ECONÓMICO | Índice de pobreza multidimensional (IPM) | Índice | < 64 | Entre 64 y 83 | > 83 |
| | | IC | IC > 0,46731 | 0,22069 < IC < 0,46731 | IC < 0,22069 |

Las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico considerados dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass contienen, entre otra información, la siguiente: tipo de criterio que representa, definición,

importancia del criterio o la variable, rango de evaluación establecido, limitantes, ponderación del criterio, metodología de procesamiento de la información, representación cartográfica del criterio o la variable y fuentes de información.

Fotografía: archivo UPRA



3.4 Exclusiones legales y condicionantes legales

Esta fase de la metodología identifica la normatividad que afecta la realización de actividades agrícolas productivas, en este caso en particular para el cultivo de aguacate variedad Hass, ya sea de forma excluyente o condicionante. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o excluyen un uso determinado del territorio rural, lo que implica, en este caso, restricciones legales o condicionantes para el uso. El carácter excluyente ocurre donde existen áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos, mientras las condicionantes se refieren a impedimentos temporales, que están directamente relacionados con la normatividad que limita los usos del suelo por interés ambiental, cultural y social.

Los condicionantes agrupan todos aquellos factores de orden ecológico o social, cuyo soporte legal implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes o con las comunidades allí establecidas; es decir, las áreas bajo condicionantes podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en

el futuro, de las solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas (territorios indígenas y afrocolombianos) o de la aclaración de los determinantes legales que puedan ser incluidos en la evaluación.

Desde el punto de vista socioecosistémico y socioeconómico, las áreas definidas por su importancia biológica y el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad, así como la preexistencia de comunidades humanas —que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural— han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial ha de proceder por medio de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana, evaluaciones de zonificación o planes de manejo, de ser el caso.

Los cuadros 26 y 27 presentan, de forma abreviada, los criterios de exclusión legal y los condicionantes definidos para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, respectivamente. De igual manera, las figuras 14 y 15 muestran los mapas de exclusiones legales y de condicionantes legales para esta zonificación de aptitud, respectivamente.

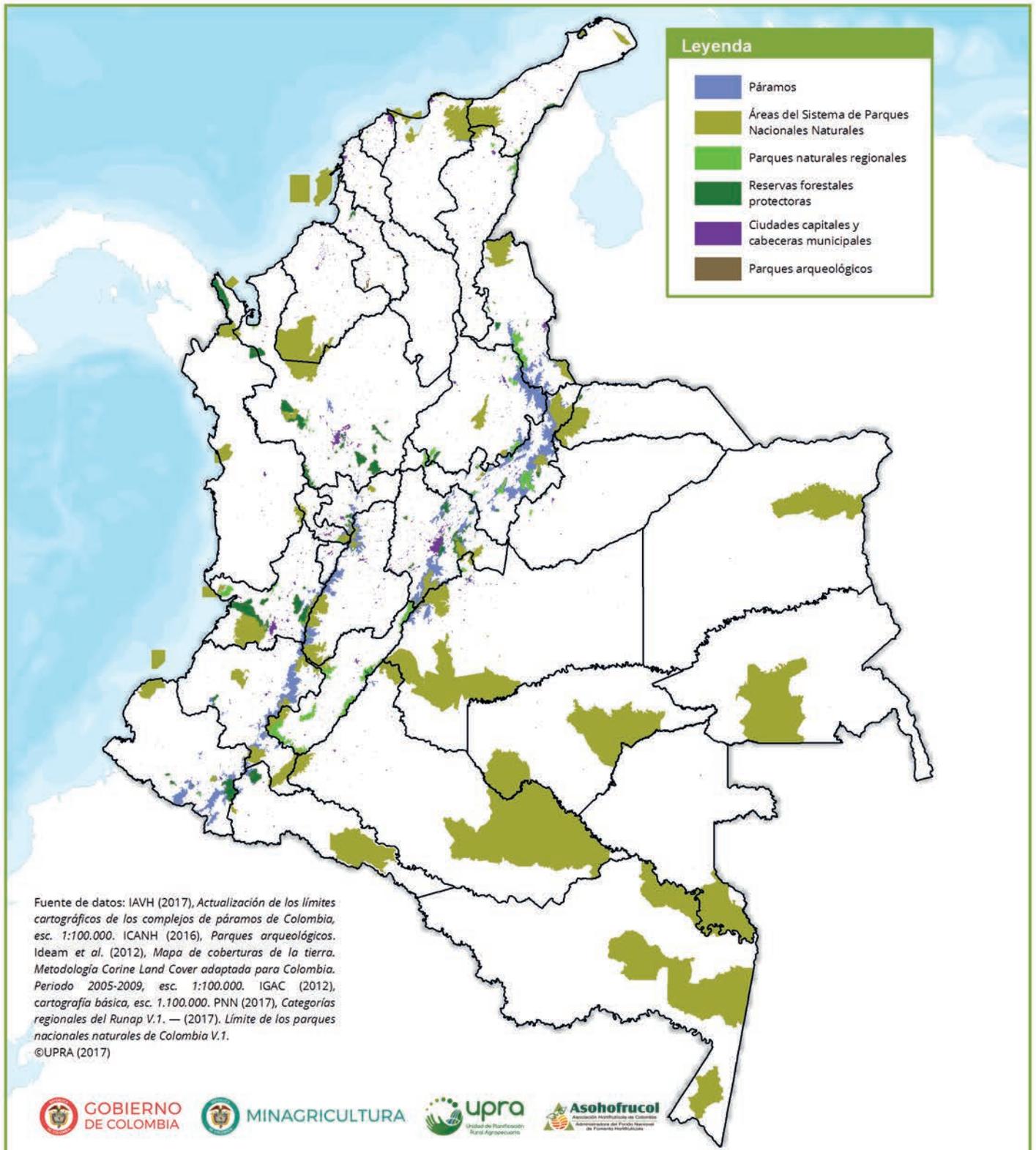
Fotografía: archivo UPRA



Cuadro 26. Exclusiones legales

| Variable | Áreas de exclusión |
|---|--|
| <p>Ecosistemas estratégicos (páramos)</p> | <p>Páramos: el artículo 173 de la Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el «Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, “Todos por un nuevo país”», establece que en las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias. Asimismo, define que es responsabilidad de la autoridad ambiental regional elaborar los estudios técnicos que permitan caracterizar el contexto ambiental, social y económico de las áreas de páramos (Congreso de Colombia, 2015).</p> <p>La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, establece que, ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema, puesto que constituye un tipo de bioma no común en el mundo, y presta servicios ambientales, sumado al hecho de que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia.</p> |
| <p>Áreas protegidas</p> | <p>Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y vía parque. De conformidad con el artículo 30 del Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.</p> <p>Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera que es el espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana con el fin de destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute.</p> <p>Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera que es el espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificados y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona, de propiedad pública o privada, se destina al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.</p> |
| <p>Áreas urbanas y suburbanas</p> | <p>Tejido urbano continuo y discontinuo: según la Ley 388 de 1997, los centros urbanos son aquellos espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada, por lo cual no pueden ser objeto de actividades agrícolas.</p> |
| <p>Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)</p> | <p>Parques arqueológicos: están a cargo del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) y se crean como espacios de conservación, divulgación e investigación en torno al patrimonio arqueológico y cultural de la Nación y como patrimonio de la humanidad, por lo cual deben ser salvaguardados, protegidos y conservados por el Estado con el propósito de que sirva de testimonio de la identidad cultural nacional, en el presente y en el futuro, según la Ley General de Cultura (Ley 397 de 1997, artículo 1 de la Ley 1185 de 2008 y Decreto 1080 de 2015).</p> |

Figura 14. Mapa de exclusiones legales para la zonificación de aptitud



Exclusiones legales

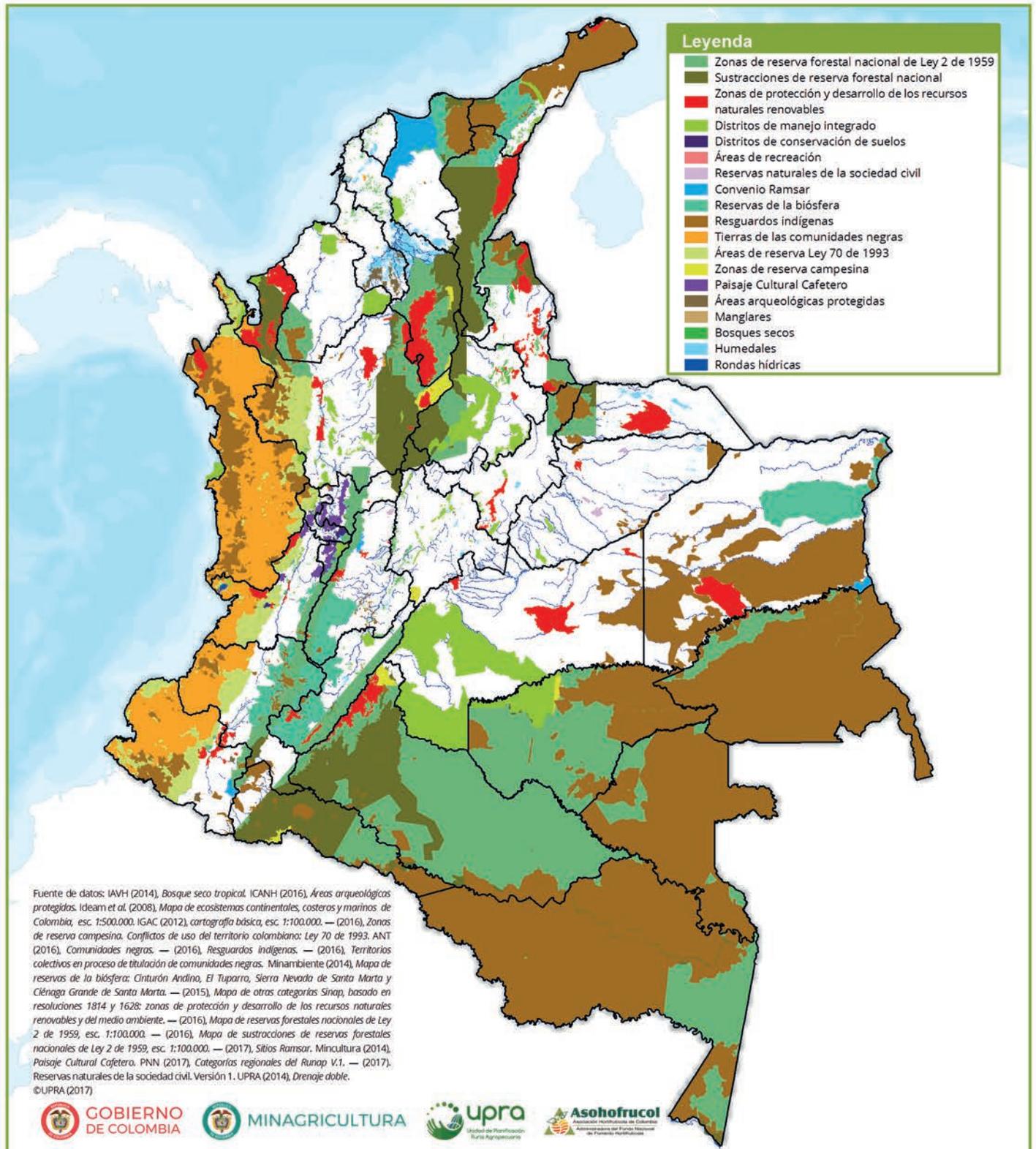
Cuadro 27. Condicionantes legales

| Condicionante | Descripción |
|--|--|
| <p>Ecosistemas estratégicos</p> | <p>Humedales: el Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndose como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación de disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada. La Ley 1753 de 2016, en su artículo 172, establece que, con base en la cartografía de humedales que determine el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el aporte de los institutos de investigación adscritos o vinculados, las autoridades ambientales podrán restringir, parcial o totalmente, el desarrollo de actividades agropecuarias de alto impacto, de exploración y explotación minera y de hidrocarburos, con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales, conforme a los lineamientos definidos por el MADS. Cuando sea efectuado el deslinde y delimitación de un humedal que no pertenezca al Convenio Ramsar, se determina un plan de manejo especial, precave una serie de usos a saber como usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos. De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa respectiva de humedales estará supeditada a ser considerada una vez sea delimitada, zonificada y sean determinados sus respectivos usos, en la formulación del respectivo Plan de Manejo Ambiental y, por ende, será una capa flotante cuya estimación de condicionante pende de la determinación de los usos compatibles y prohibidos, sobre los cuales habrá lugar a formular desde la competencia del sector agropecuario.</p> |
| | <p>Manglares: ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias, denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del Minambiente). Para su conservación, el Minambiente desarrolló el Programa Nacional para el Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar, en 2002. En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área del manglar, y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995 de Minambiente).</p> |
| | <p>Rondas hídricas: el artículo 3 del Decreto 1449 de 1977, «por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974», compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales tienen la obligación de mantener en cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo, las áreas forestales protectoras, «una faja no inferior a 30 metros 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». De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa de rondas hídricas estará supeditada a ser considerada exclusión legal para las actividades agropecuarias, una vez sea delimitada, zonificada y sean determinados sus respectivos usos, por la autoridad ambiental competente y, por ende, será una capa flotante cuya estimación de condicionante pende de la determinación de los usos compatibles y prohibidos.</p> |
| | <p>Bosques secos: forman parte de las zonas secas, donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo se asocia con escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, razón por la cual el Minambiente desarrolló el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (PAN) 2005, por medio del cual se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, así como aplicar medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir los procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.</p> |

| Condicionante | Descripción |
|------------------------------------|---|
| Áreas protegidas | <p>Distritos de manejo integrado (DMI): de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.</p> |
| | <p>Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.</p> |
| | <p>Áreas de recreación: conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.</p> |
| | <p>Reservas naturales de la sociedad civil: conforme al artículo 1 del Decreto 1996 de 1999, corresponde a la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales.</p> |
| | <p>Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de la Resolución 1628 de 2015 y de la Resolución 1814 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante las cuales se declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de Parques Nacionales Naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las corporaciones autónomas regionales).</p> |
| Zonas de reserva forestal nacional | <p>Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959: comprenden siete zonas de reserva forestal nacional (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. Para el estudio, se manejaron como condicionantes, dado que está establecido mediante resolución que, para un cambio en el uso del suelo, se requiere de una solicitud de sustracción de reserva forestal.</p> |
| | <p>Sustracciones de las reservas forestales de Ley 2 de 1959: de acuerdo con el numeral 18, artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011, se facultó al hoy MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción; por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para la actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.</p> |

| Condicionante | Descripción |
|--|--|
| <p>Distinciones internacionales</p> | <p>Reservas de la biósfera: de acuerdo con la «Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural» (<www.unesco.org>), los estados parte se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (artículo 6), y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (las reservas de la biósfera son el cinturón andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, Seaflower).</p> |
| | <p>Ramsar: la «Convención sobre los humedales de importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos. Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, aprueba la «Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas»; se obliga, como parte contratante de la convención, a elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio (artículo 3), así como a fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos (artículo 4).</p> |
| <p>Áreas de interés cultural y social</p> | <p>Tierras de las comunidades negras: titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5 de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicadas, cada comunidad formará un consejo comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».</p> |
| | <p>Áreas de reserva Ley 70 de 1993: de acuerdo con el artículo 1 de la Ley 70 de 1993, «la presente Ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y el derecho a la propiedad colectiva. Así mismo, tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana».</p> |
| | <p>Zonas de reserva campesina: según el artículo 80 de la Ley 160 de 1994, son «las áreas geográficas seleccionadas por la Junta Directiva del INCORA, teniendo en cuenta las características agroecológicas y socioeconómicas regionales. En los reglamentos respectivos se indicarán las extensiones mínimas y máximas que podrán adjudicarse, determinadas en Unidades Agrícolas Familiares, el número de éstas que podrá darse o tenerse en propiedad, los requisitos, condiciones y obligaciones que deberán acreditar y cumplir los ocupantes de los terrenos. En las Zonas de Reserva Campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción».</p> |
| | <p>Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen; conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una o más comunidades indígenas que, con un título de propiedad colectiva que goza de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (artículo 21, Decreto 2164 de 1995). El condicionante se fundamenta en lo establecido por la Constitución Política de Colombia (artículos 63 a 329), la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989.</p> |
| | <p>Paisaje Cultural Cafetero: está inscrito en la lista de patrimonio mundial desde el 25 de junio de 2011, y ratificado por el Gobierno nacional mediante la Resolución 2079 del Mincultura, del 7 de octubre de 2011, cuyo artículo 3 dice: «velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del Paisaje Cultural Cafetero en la lista de patrimonio mundial de la Unesco» (s. t., 2012).</p> |
| | <p>Áreas arqueológicas protegidas: áreas cuyo alto potencial arqueológico debe ser protegido según la Ley 397 de 1997 (Ley General de Cultura); cada una de estas contiene un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, en donde se permite la realización de labores de agricultura tradicional y se restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.</p> |

Figura 15. Mapa de condicionantes para la zonificación de aptitud



Condicionantes legales

3.5 Análisis multicriterio

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

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

3.5.1 Proceso analítico jerárquico

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más usadas es el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) desarrollado por el matemático Thomas Saaty que consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito del método es permitir que los agente decisores (expertos consultados) puedan estructurar

un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico.

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

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando así una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty se basa en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, para medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (cuadro 28).

Fotografía: archivo UPRA



Cuadro 28. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

| Escala de valoración de la importancia de un criterio X sobre un criterio Y | | | | | | | | |
|---|-----------------|-------------|---------------|-------------------|----------------|-------------|-----------------|-----------|
| 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 | | | |

3.5.2 Matriz del proceso analítico jerárquico

Siguiendo el procedimiento planteado, se realiza la comparación por pares de criterios, para calificar cada uno de acuerdo con la importancia relativa de un

criterio respecto a otro; esto se desarrolla para el total de los criterios definidos para el análisis mediante un taller donde cada criterio se califica por pares usando una escala de importancia que se presenta en el cuadro 29.

Cuadro 29. 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 |

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

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

La entrada de datos en esta herramienta fue la matriz de comparación de pares de criterios, la cual se normalizó por columna (se dividió el valor de cada casilla de la matriz entre el total de la sumatoria de la

columna a la cual pertenecía dicho valor). A partir de la matriz normalizada, se obtuvo el llamado vector de prioridad asociado, que representó los pesos de cada uno de los criterios considerados.

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

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

Donde n = número de criterios

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

El cuadro 30 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo del aguacate y el cuadro 31 los pesos relativos de cada criterio, resultantes de la ejecución de la matriz en el *software* PriEst.

Cuadro 30. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo de aguacate variedad Hass

| Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---|---|-----------------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|--|
| Matriz de ponderación de criterios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Componente | Criterios | Condiciones climáticas | Condiciones de enraizamiento | Disponibilidad de oxígeno | Riesgo fitosanitario | Capacidad de laboreo | Susceptibilidad a la pérdida de suelos | Disponibilidad de humedad | Toxicidad por sales, sodio y aluminio | Disponibilidad de nutrientes | Apropiación de agua | Integridad ecológica | Cambio de cobertura | Variación del contenido estimado de carbono | Amenaza por incendios de la cobertura vegetal | Infraestructura y logística | Factores productivos | Mercado laboral | Tamaño de la tierra rural | Institucionalidad y asociatividad | Seguridad ciudadana | Indicadores económicos | Bienestar económico | |
| FÍSICO | Condiciones climáticas | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Condiciones de enraizamiento | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Disponibilidad de oxígeno | 1/3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Riesgo fitosanitario | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Capacidad de laboreo | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Susceptibilidad a la pérdida de suelos | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Disponibilidad de humedad | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Toxicidad por sales, sodio y aluminio | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Disponibilidad de nutrientes | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| SOCIOECOSISTÉMICO | Apropiación de agua | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | Integridad ecológica | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | Cambio de cobertura | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1/3 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | Variación del contenido estimado de carbono | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | | |
| | Amenaza por incendios de la cobertura vegetal | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | | | | | | | | | |
| SOCIOECONÓMICO | Infraestructura y logística | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | | | | | | | | |
| | Factores productivos | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1/3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1/3 | 1 | | | | | | | |
| | Mercado laboral | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1 | | | | | | |
| | Tamaño de la tierra rural | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | | | | | |
| | Institucionalidad y asociatividad | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 1 | | | | |
| | Seguridad ciudadana | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | | | |
| | Indicadores económicos | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | | |
| | Bienestar económico | 1/9 | 1/7 | 1/7 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/7 | 1/7 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Cuadro 31. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo de aguacate variedad Hass

| Orden | Componente | Criterio | Ponderación (%) |
|-------|-------------------|---|-----------------|
| 1 | Físico | Condiciones climáticas | 14,3 |
| 2 | Físico | Condiciones de enraizamiento | 11,3 |
| 3 | Físico | Disponibilidad de oxígeno | 10,4 |
| 4 | Socioecosistémico | Apropiación de agua | 8,1 |
| 5 | Físico | Riesgo fitosanitario | 7,0 |
| 6 | Socioeconómico | Infraestructura y logística | 6,1 |
| 7 | Socioeconómico | Factores productivos | 5,3 |
| 8 | Socioecosistémico | Integridad ecológica | 5,0 |
| 9 | Físico | Capacidad de laboreo | 4,7 |
| 10 | Físico | Susceptibilidad a la pérdida de suelos | 4,3 |
| 11 | Socioecosistémico | Cambio de cobertura | 3,8 |
| 12 | Físico | Disponibilidad de humedad | 3,3 |
| 13 | Socioeconómico | Mercado laboral | 2,4 |
| 14 | Socioecosistémico | Variación del contenido estimado de carbono | 2,3 |
| 15 | Físico | Toxicidad por sales, sodio y aluminio | 2,2 |
| 16 | Socioeconómico | Tamaño de la tierra rural | 1,9 |
| 17 | Físico | Disponibilidad de nutrientes | 1,7 |
| 18 | Socioeconómico | Institucionalidad y asociatividad | 1,5 |
| 19 | Socioeconómico | Seguridad ciudadana | 1,2 |
| 20 | Socioecosistémico | Amenaza por incendios de la cobertura vegetal | 1,2 |
| 21 | Socioeconómico | Bienestar económico | 1,0 |
| 22 | Socioeconómico | Indicadores económicos | 1,0 |

| | |
|-------------------|--------|
| Físico | 59,2 % |
| Socioecosistémico | 20,4 % |
| Socioeconómico | 20,4 % |

Se combinó la información de los criterios considerados en la zonificación realizando una suma lineal ponderada, en la cual a estos criterios se les aplicaron los pesos calculados para cada uno y se obtuvo un mapa preliminar de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass que fue validado ante expertos de la cadena.

$$S = \sum W_i * X_i$$

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)

El análisis estadístico utilizando el *software* PriEsT indicó una consistencia del 93,3 %.

3.6 Análisis espacial y modelos cartográficos

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

(generalmente ráster) con el propósito de producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso de zonificación de aptitud, esta fase soporta muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención del mapa de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 16.

Figura 16. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2014)

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

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

Uno de los procedimientos de mayor uso en esta fase fue el álgebra de mapas, una serie de

procedimientos que, operando sobre una o varias capas de información, en este caso los mapas generados de cada criterio, permitían obtener información derivada cuyo resultado fue el mapa de zonificación de aptitud.

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

En la figura 17 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, a escala 1:100.000. En las figuras 18 a 20 se identifican los modelos cartográficos por cada componente (físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente). Los mapas de las exclusiones legales y los condicionantes, se presentan en las figuras 21 y 22.

Fotografía: archivo UPRA



Figura 17. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate Hass

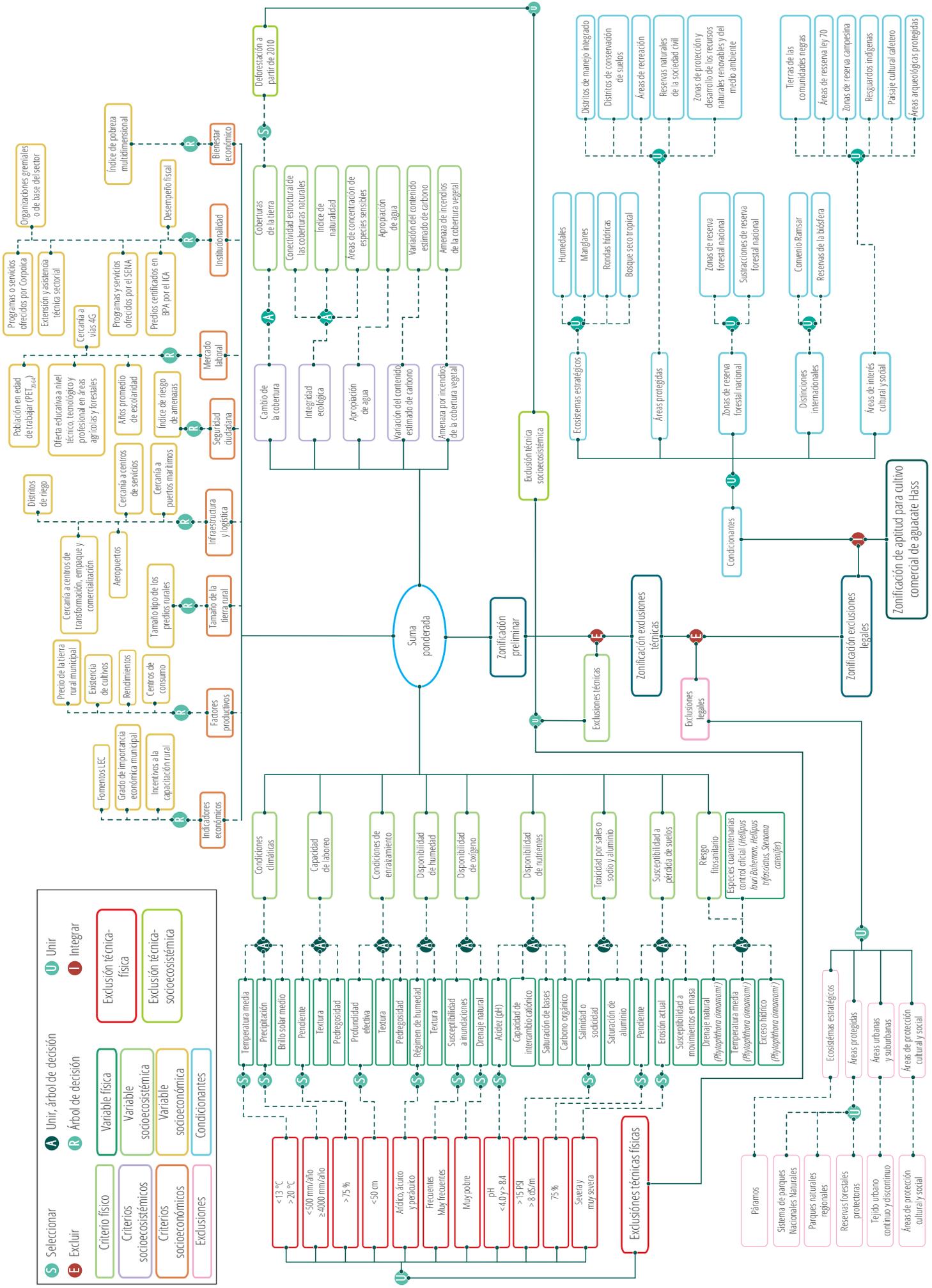


Figura 18. Modelo cartográfico del componente físico

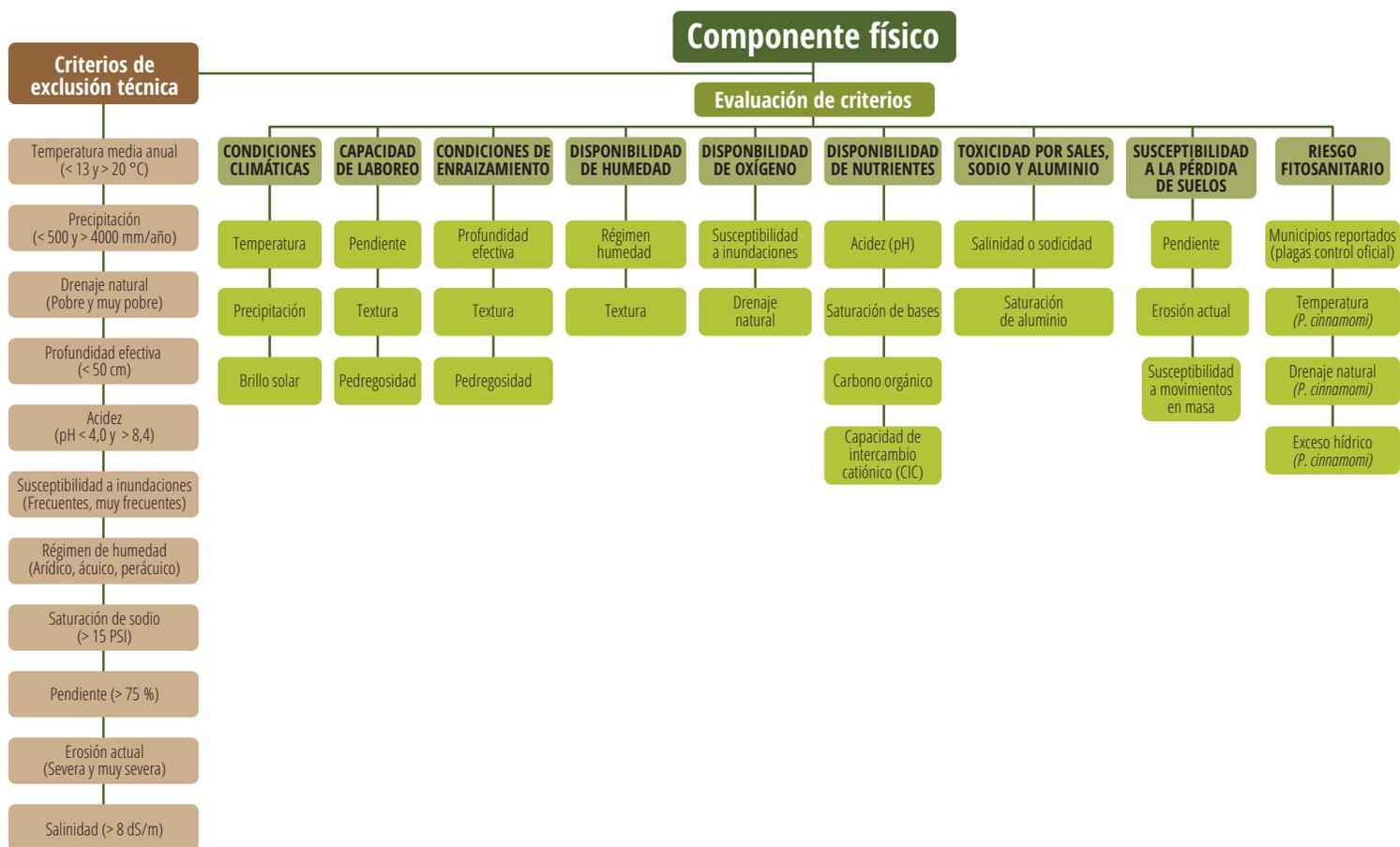


Figura 19. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico



Figura 20. Modelo cartográfico del componente socioeconómico

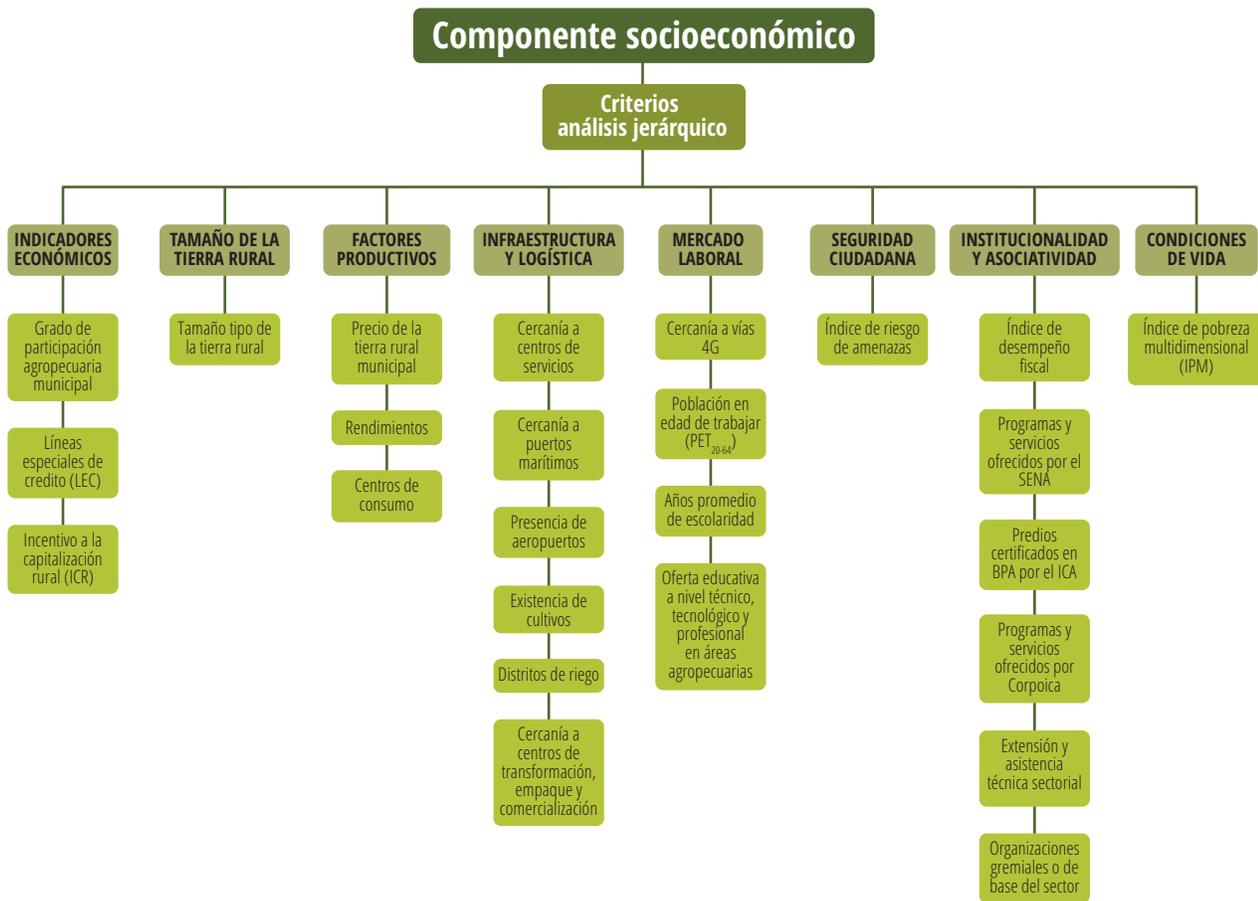
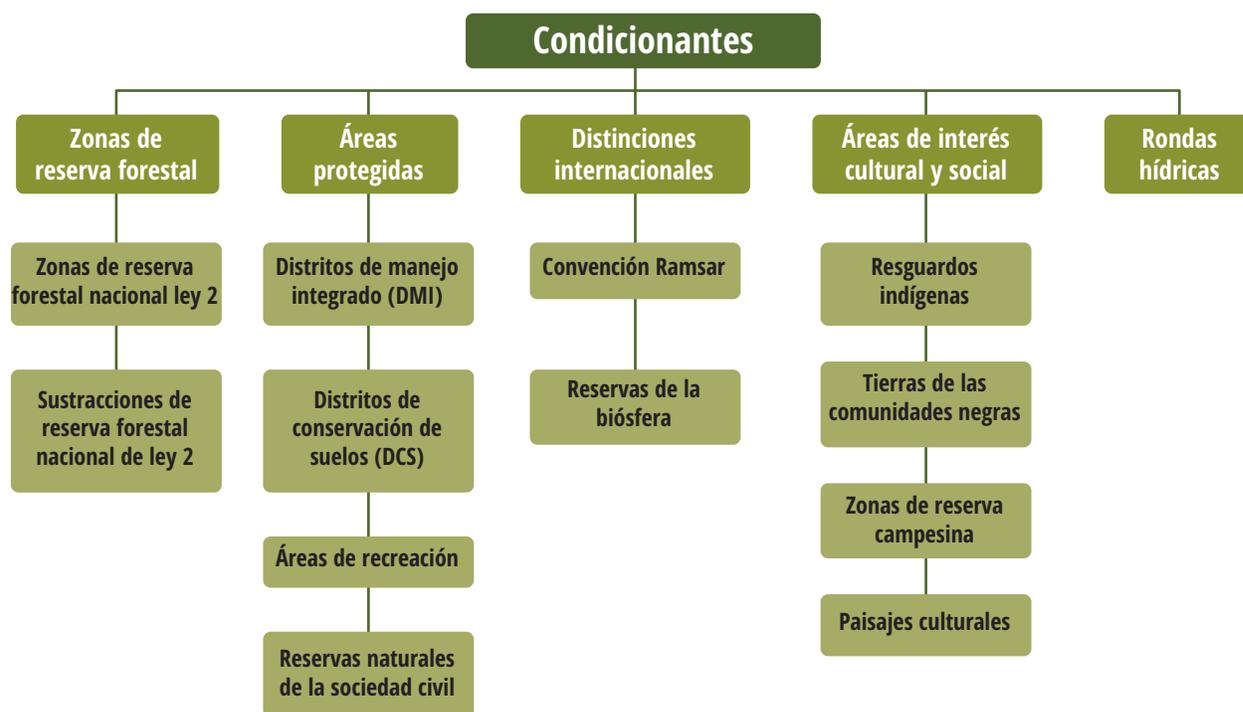


Figura 21. Modelo cartográfico de exclusiones legales



Figura 22. Modelo cartográfico de condicionantes

3.7 Proceso de validación de los mapas

Como parte del proceso de socialización y validación de la metodología y del mapa de aptitud obtenido, se desarrollaron dos tipos de actividades:

- Trabajo conjunto con representantes de Asohofrucol, Corpohass, Corpoica y otros actores de la cadena productiva del aguacate variedad Hass mediante talleres de discusión para realimentar el proceso.
- Recorridos de campo para validar los criterios, las variables, los rangos y las unidades cartográficas

definidas de manera preliminar para el cultivo, con el fin de efectuar los ajustes necesarios para la obtención del mapa de aptitud integrado.

En la figura 23 se presenta la estrategia adelantada para la socialización y validación del proyecto de zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia a escala 1:100.000.

Figura 23. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud

3.7.1 Socialización con los actores de la cadena productiva de aguacate variedad Hass

En función de presentar la metodología, discutir los criterios, las variables y los rangos de aptitud, así como de evaluar los diferentes mapas generados durante el desarrollo del ejercicio, se adelantaron jornadas de socialización del proyecto de zonificación de aptitud con Asohofrucol, cadenas productivas de Minagricultura, expertos en aguacate Hass, profesionales del sector, Corpoica, ICA, productores, Bancoldex, Corpohass, Umata, exportadores y viveristas vinculados a la cadena productiva de aguacate variedad Hass. En estas actividades se logró identificar la información relevante y realimentar el trabajo desarrollado.

En los departamentos del Valle del Cauca y Risaralda se realizaron reuniones para presentar los resultados preliminares del mapa de aptitud, así como la discusión de las variables y los criterios en cada componente. En Palmira, el evento se realizó el día 25 de julio de 2016 y en Pereira el 12 de septiembre de 2016 (figuras 24 y 25).

Figura 24. Registro fotográfico del taller de socialización en Corpoica en Palmira (Valle del Cauca), 25 de julio de 2016.



Figura 25. Registro fotográfico del taller de socialización en Asohofrucol en Pereira (Risaralda), 12 de septiembre de 2016.



Esta etapa culminó con una reunión en el Centro de Investigaciones de Corpoica, La Selva, en Rionegro, departamento de Antioquia, el día 16 de septiembre de 2016. El objeto de esta fue exponer la metodología desarrollada por la UPRA para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000, según rangos de aptitud, y presentar los criterios y las variables identificadas desde los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico) para su validación con los asistentes (figura 26).

Figura 26. Registro fotográfico del taller de socialización en Corpoica en Rionegro (Antioquia), 16 de septiembre de 2016.



3.7.2 Validación en campo

Con el objeto de socializar el proyecto de zonificación de aptitud con los actores de la cadena productiva del aguacate en las principales zonas actuales de producción de la variedad Hass; de validar los criterios, variables, rangos de aptitud y unidades cartográficas desde de los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico), mediante la consulta directa con

técnicos y productores; y de evaluar, mediante recorridos de campo, los diferentes mapas generados en el marco de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, se realizaron diferentes visitas, que incluyeron el vivero Zaracay y la exportadora Wolf & Wolf; los municipios de Guática, Quinchía, Apía y Supía en Risaralda y El Retiro en Antioquia (figuras 27 a 29).

Figura 27. Registro fotográfico de los recorridos de campo exportadora Wolf & Wolf, 13 de septiembre de 2016.



Figura 28. Registro fotográfico de los recorridos de campo en Risaralda y Caldas



Figura 29. Registro fotográfico de los recorridos de campo en El Retiro (Antioquia), 16 de septiembre de 2016.





SAN LUIS

MUNICIPIO DE SAN LUIS

Cuchilla El Cajicá

El Pando

La Reforma

Alto La Cruz

RÍO CUCUMANA

RÍO CUCUMANA

San Anastasio

Colares

Mesa de Ortega

Fábulo

Cerro La Campana

Loma Larga

MUNICIPIO DE ORTEGA

ORTEGA

Mesa de la Cruz

Toporco

Cerro El Neme

Samaria

Pueblo Nuevo

Filo Balsillas

Olaya Herrera

Olaya Herrera

Lemayá

COYAIMA

Guapi

Filo Malnombro

MUNICIPIO DE COYAIMA

Duenavista

Cerro Hilarco

Torreón Grande

CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA

ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000

A photograph of a man in a field, wearing a dark hat and glasses, looking through a small white device at a branch of Hass avocado flowers. The background is a blurred field of similar plants. The image is overlaid with a decorative border of green and brown squares.

Resultados

4. Resultados

El mapa de zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000, mostró que en Colombia se disponen 3.935.177 ha aptas para el establecimiento y desarrollo del cultivo, lo cual equivale al 3,5 % del territorio del país (figura 30).

El cuadro 32 muestra que, de las áreas aptas, el 0,6 % corresponde a una aptitud alta (A1); el 1,6 %, a aptitud media (A2) y el 1,3 %, a aptitud baja (A3). En Colombia se cuenta con 632.639 ha con condiciones de alta aptitud (A1) para la producción de aguacate variedad Hass; respecto a la aptitud media (A2), en Colombia se tienen 1.806.841 ha aptas y 1.495.697 ha en aptitud baja (A3).

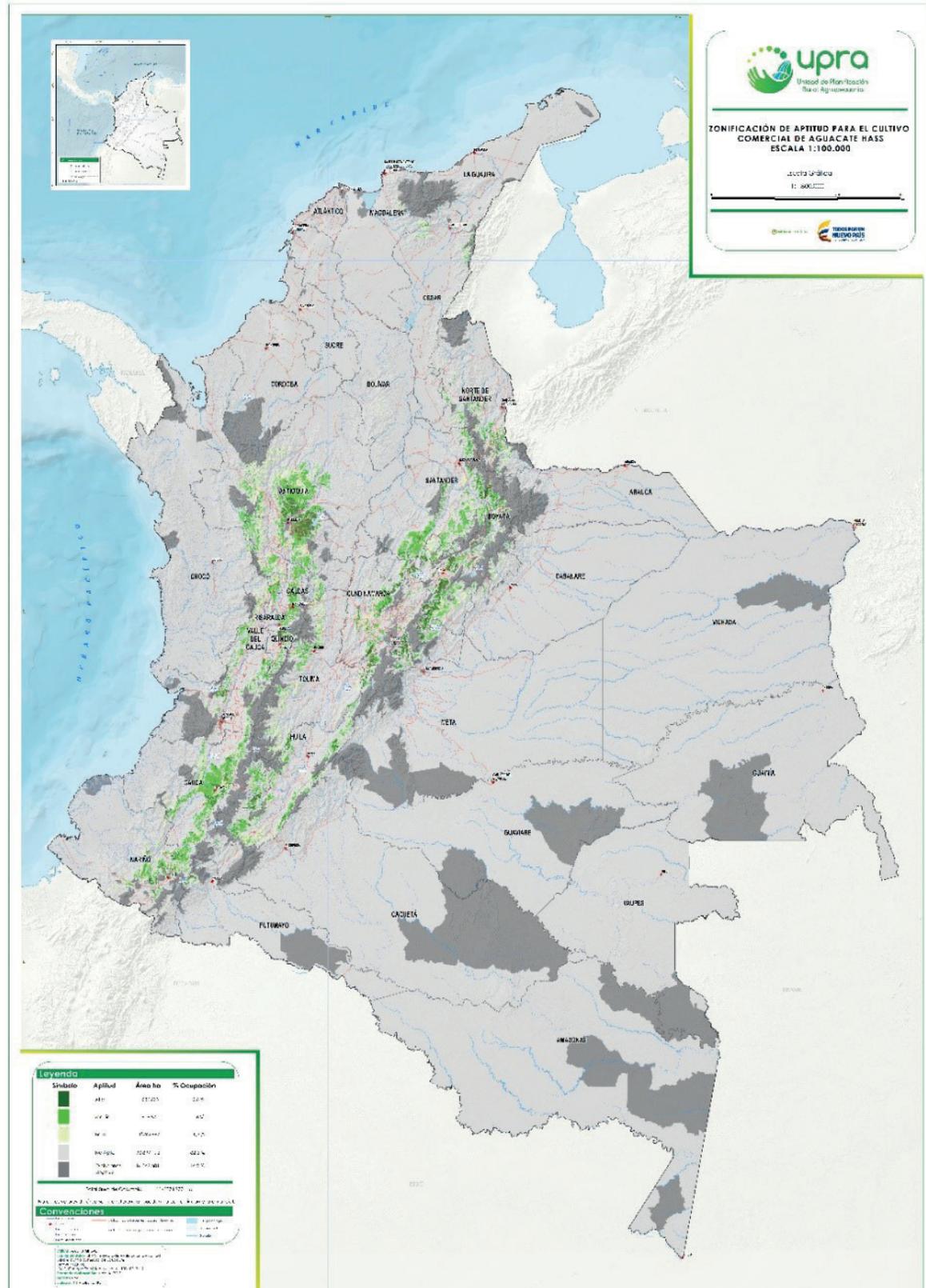
Cuadro 32. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass

| Aptitud | | Área (ha) | Porcentaje (%) |
|------------------------|-----------------|------------------|----------------|
| A1 | Alta | 632.639 | 0,6 |
| A2 | Media | 1.806.841 | 1,6 |
| A3 | Baja | 1.495.697 | 1,3 |
| Total área apta | | 3.935.177 | 3,5 |
| N1 | No apto | 93.897.193 | 82,3 |
| N2 | Exclusión legal | 16.242.601 | 14,2 |

Fotografía: archivo UPRA



Figura 30. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, a escala 1:100.000

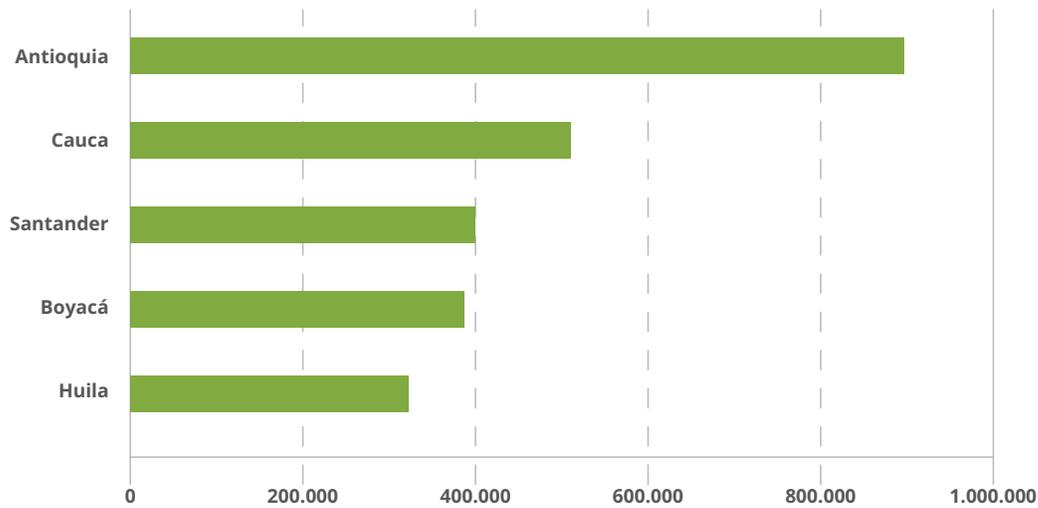


Los principales departamentos aptos para el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass son Antioquia, con 893.821 ha (22,7 %); Cauca, con 510.873 ha (13,0 %); Santander, con 396.658 ha (10,1 %); Boyacá, con 386.493 ha (9,8 %); y Huila, con 321.912 ha (8,2 %). Estos cinco departamentos suman 2.509.757 ha, equivalentes a un 63,8 % del área apta para este cultivo (cuadro 33 y figura 31).

Cuadro 33. Resultados del mapa de zonificación para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia, escala 1:100.000

| Departamentos | Aptitud alta (ha) | Aptitud media (ha) | Aptitud baja (ha) | Total apto (ha) |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Antioquia | 154.807 | 401.160 | 337.854 | 893.821 |
| Cauca | 54.110 | 297.095 | 159.668 | 510.873 |
| Santander | 49.363 | 247.794 | 99.501 | 396.658 |
| Boyacá | 99.568 | 132.650 | 154.274 | 386.493 |
| Huila | 47.644 | 120.624 | 153.643 | 321.912 |
| Cundinamarca | 121.193 | 134.912 | 57.078 | 313.183 |
| Nariño | 30.236 | 107.764 | 95.671 | 233.671 |
| Tolima | 2998 | 53.029 | 159.922 | 215.950 |
| Valle del Cauca | 18.086 | 80.666 | 64.512 | 163.264 |
| Caldas | 20.552 | 83.679 | 39.531 | 143.761 |
| Norte de Santander | 13.449 | 55.256 | 70.169 | 138.874 |
| Risaralda | 6495 | 33.048 | 34.726 | 74.269 |
| Quindío | 8530 | 31.799 | 6865 | 47.195 |
| Cesar | 218 | 10.086 | 24.458 | 34.763 |
| Magdalena | 68 | 1789 | 13.367 | 15.224 |
| Putumayo | 3748 | 5480 | 360 | 9588 |
| Chocó | - | 3259 | 5289 | 8548 |
| Casanare | - | 1688 | 5561 | 7249 |
| Bolívar | - | - | 6590 | 6590 |
| Caquetá | 1058 | 1544 | 2913 | 5516 |
| Meta | 514 | 3280 | 1297 | 5091 |
| La Guajira | - | 238 | 2447 | 2685 |
| Amazonas | - | - | - | - |
| Arauca | - | - | - | - |
| Atlántico | - | - | - | - |
| Córdoba | - | - | - | - |
| Guainía | - | - | - | - |
| Guaviare | - | - | - | - |
| San Andrés, Providencia y Santa Catalina | - | - | - | - |
| Sucre | - | - | - | - |
| Vaupés | - | - | - | - |
| Vichada | - | - | - | - |
| Total nacional | 632.639 | 1.806.841 | 1.495.697 | 3.935.177 |

Figura 31. Principales departamentos con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass



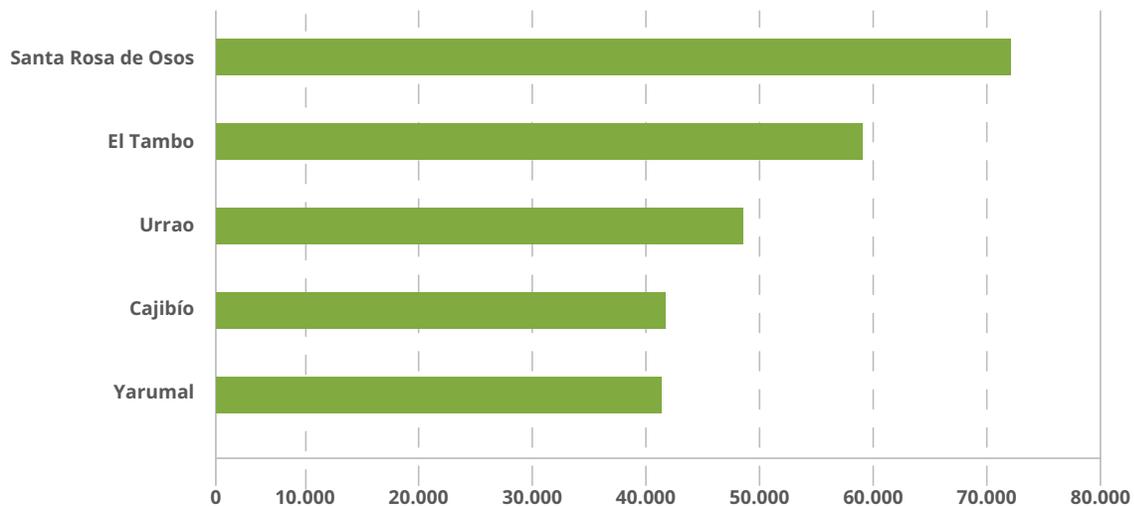
De otra parte, los municipios que mostraron la mayor aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, como lo muestran el cuadro 34 y la figura 32, son Santa Rosa de Osos, en el departamento de Antioquia (71.942 ha);

El Tambo, en el departamento del Cauca (58.684 ha); Urrao, en el departamento de Antioquia (47.993 ha); Cajibío, en el departamento del Cauca (40.912 ha); y Yarumal, en el departamento de Antioquia (40.710 ha).

Cuadro 34. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass

| Municipios | Aptitud alta (ha) | Aptitud media (ha) | Aptitud baja (ha) | Total apto (ha) |
|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Santa Rosa de Osos | 9613 | 53.992 | 8337 | 71.942 |
| El Tambo | 7474 | 37.741 | 13.469 | 58.684 |
| Urrao | 6062 | 34.416 | 7515 | 47.993 |
| Cajibío | 3181 | 28.201 | 9530 | 40.912 |
| Yarumal | - | 21.241 | 19.469 | 40.710 |

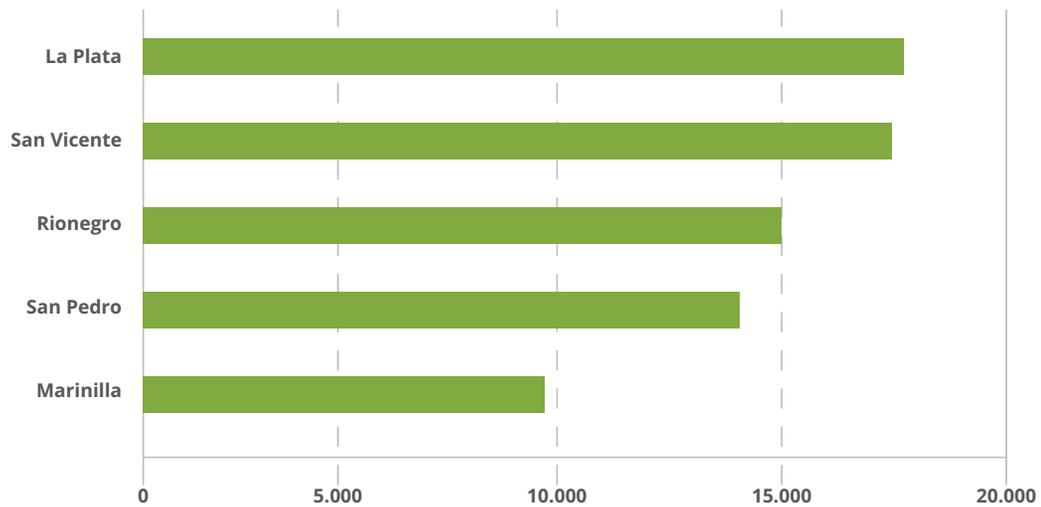
Figura 32. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass



Igualmente, con base en los resultados de zonificación para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, los municipios con mayor aptitud (A1) son La Plata, en el departamento de Cauca (17.616 ha);

y San Vicente, Rionegro, San Pedro y Marinilla, en el departamento de Antioquia (17.430, 15.039, 13.986 y 9398 ha, respectivamente) (figura 33).

Figura 33. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass



CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



**Conclusiones y
recomendaciones**

5. Conclusiones y recomendaciones

La zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, a escala 1:100.000, permite identificar las áreas geográficas que presentan condiciones apropiadas para el establecimiento y desarrollo del cultivo. La zonificación es una herramienta del proceso de planificación del uso eficiente del suelo agrícola, soportada en un trabajo conjunto entre la UPRA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bancoldex, Asohfrucol y los demás actores de la cadena productiva del aguacate. El ejercicio de zonificación parte de un modelo conceptual basado en la integración de criterios físicos, socioecológicos y socioeconómicos, en el que la información producida por diferentes entidades del Estado es el insumo base para su desarrollo metodológico.

En ese sentido, la zonificación es de carácter indicativo y contribuye a orientar las políticas para el desarrollo del sector, con el fin de buscar un mayor impacto en las inversiones y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural. Igualmente, permite orientar las áreas donde se puede promover un mejor desarrollo del cultivo, bajo condiciones de sostenibilidad y desarrollo competitivo.

La zonificación a escala 1:100.000 no brinda respuestas a inquietudes particulares que puedan

surgir de los inversionistas o productores de un sector o actividad específico de la economía rural, ni busca sustituir los análisis de viabilidad técnica, de impacto ambiental o análisis socioeconómicos particulares a cada proyecto. De acuerdo con lo anterior, esta zonificación no debe superponerse para obtener aproximaciones de aptitud en el ámbito de fincas o predios particulares.

Mediante el análisis multicriterio, se determinó que el componente físico tuvo un peso relativo del 59,2 %, en tanto que los componentes socioecológico y socioeconómico comparten un 20,4 %.

Los criterios de mayor importancia dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass a escala 1:100.000 son: condiciones climáticas (14,3 %), condiciones de enraizamiento (11,3 %), disponibilidad de oxígeno (10,4 %), apropiación de agua (8,1 %), riesgo fitosanitario (7,0 %), infraestructura y logística (6,1 %), y factores productivos (5,3 %).

Dentro del componente físico, en los resultados de la zonificación se destaca que el criterio de condiciones climáticas —compuesto por las variables temperatura media anual, precipitación anual y brillo solar anual— presenta la mayor importancia dentro



de la determinación de zonas aptas, dado que incide directamente en el establecimiento, desarrollo y productividad del cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia.

Dentro de los criterios socioecosistémicos, la apropiación de agua es el más importante, ya que muestra que la disponibilidad hídrica es una limitante para el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass: tanto el exceso como la deficiencia de este recurso tienen implicaciones en su buen desarrollo.

Dentro de los criterios socioeconómicos, el criterio infraestructura y logística es el más importante, seguido por los factores productivos.

Respecto a los resultados, el mapa de zonificación de aptitud muestra que existen 3.935.177 ha aptas para siembras comerciales de aguacate variedad Hass, lo cual equivale al 3,5 % del territorio del país. Los departamentos con mayores áreas aptas son Antioquia (893.821 ha), Cauca (510.873 ha), Santander (396.658 ha), Boyacá (386.493 ha) y Huila (321.912 ha). Estos cinco departamentos cuentan con 2.509.757 ha aptas, es decir, concentran un 63,8 % de las zonas aptas.

Igualmente, con base en los resultados de la zonificación para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, los municipios con mayor aptitud son Santa Rosa de Osos, en el departamento de

Antioquia (71.942 ha); El Tambo, en el departamento del Cauca (58.684 ha); Urrao, en el departamento de Antioquia (47.993 ha); Cajibío, en el departamento del Cauca (40.912 ha); y Yarumal, en el departamento de Antioquia (40.710 ha).

Dada la dinámica de las variables, así como la construcción de criterios, se evidencia la necesidad de actualizar periódicamente el mapa de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass a escala 1:100.000, en particular por el acceso a nueva información y la posibilidad de generar el mapa de zonificación de aptitud a escala 1:25.000.

Con base en el resultado de áreas aptas, se evidencia una amplia posibilidad de desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass en Colombia. La diversidad de ambientes, las condiciones socioeconómicas y socioecosistémicas permiten el desarrollo de esta actividad agrícola en diversos ambientes.





CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



Bibliografía

6. Bibliografía

Aguilera, I., Castaños, J., Escudero, R., González, A. y Monteagudo, S. (2009). «El nivel 3 de la nomenclatura Corine y la pérdida de representatividad de algunas clases importantes en el CLC06 de la C. A. Aragón». En L. Fernández y S. Montesinos (Ed.), *Teledetección: agua y desarrollo sostenible* (págs. 393-396). Calatayud: Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Recuperado de <www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>

Alfonzo, J. (2008). *Manual técnico del cultivo de aguacate Hass* (Persea americana L.). Recuperado de Centro de Documentación de Información Agrícola (CEDIA): <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/95/EDA_Manual_Produccion_Aguacate_FHIA_09_08.pdf?sequence=1>

AmCham Colombia. (2015). *Aguacate Hass: una oportunidad cercana para los exportadores colombianos*. Recuperado de Blog de la Cámara de comercio colomboamericana: <<https://amchamcolombia.wordpress.com/2015/09/25/aguacate-hass-una-oportunidad-cercana-para-los-exportadores-colombianos/>>

Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2013). *Plan de negocios del aguacate Hass*. Recuperado de Programa de transformación productiva: <<https://www.ptp.com.co/documentos/PLAN%20DE%20NEGOCIO%20AGUACATE%20131211.pdf>>

Baíza, V. (2003). *Guía técnica del cultivo de aguacate*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador.

Bancoldex y UT Crece Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (6 de octubre de 2015). *Documento final de conclusión de la metodología, memorias técnicas y mapas por aptitud de uso para cultivos comerciales de Aguacate en Colombia, a escala 1:100.000*. Recuperado de Programa de transformación productiva: <<https://www.ptp.com.co/documentos/AGUACATE%20HASS%20ESTUDIO.pdf>>

Bareño, F. (2014). *Estado actual y perspectivas de la cadena del aguacate en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Valle del Cauca. Recuperado de <www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/cadena_de_aguacate.pdf>

Bernal, J. y Díaz, C. (2014). «Manejo del cultivo». En Corpoica, *Actualización tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (págs. 10-151). Bogotá, Colombia: Corpoica. Recuperado de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Manual%20Actualizacion%20Tecnologica%20y%20BPA%20Cultivo%20de%20Aguacate_GOBERNACION%20PDF%20BAJA%20con%20caratulas.pdf>

Blog agricultura. (2017). *Estadísticas agrícolas: producción, rendimiento y superficie*. Recuperado de <<https://blogagricultura.com/estadisticas-aguacate-produccion/>>

Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M., Ordoñez, M., Vergara, L., Pacheco, A., Rubiano, J. 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), Bogotá. Recuperado de <<http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Memoria+T%C3%A9cnica+Deforestaci%C3%B3n+.pdf/5f2741b4-ffa1-4b58-b986-f2fbef6d006>>

Consejo Nacional del Aguacate (CNA). (2012). *Estado del arte: cadena del aguacate*. Recuperado de Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas (SIOC): <<https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/004%20-%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/004%20-%20D.C.%20-%20Estado%20del%20Arte%20Cadena%20Aguacate.pdf>>

Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Universidad

Jorge Tadeo Lozano.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). *Tercer censo nacional agropecuario décima entrega resultados 2014*. Bogotá. Recuperado de <<https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-10-produccion/10-Boletin.pdf>>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2005). *Documento CONPES 3375: Política nacional de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos para el sistema de medidas sanitarias y fitosanitarias*. Bogotá.

— **(2008).** *Documento CONPES 3514: Política nacional fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y de otros vegetales*. Bogotá.

— **(2010).** *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: «Prosperidad para todos»*. Bogotá.

— **(2014).** *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: «Todos por un nuevo país»*. Bogotá.

— **(2015).** *Base de datos cifras de abastecimiento para producto hortofrutícolas priorizados por el PTP en las principales centrales de abastos de Colombia*. Bogotá: DANE.

Eastman, J., Jin, W., Kyem, W. y Toledano, P. (1995). «Raster procedures for multi-criteria multi-objective decisions». *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61(5), 539-547.

Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.ª ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>

Fischer, G. y Orduz, J. (2012). «Ecofisiología en frutales». En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá: Produmedios. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/256680949_Ecofisiologia_en_frutales/links/595bc76eaca272f3c0888349/Ecofisiologia-en-frutales.pdf>

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., . . . Gregory, L. (2015). «Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation». *Global Food Security*, 5(25-36). doi:0.1016/j.gfs.2015.04.001

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2006). *Algunas especies de moscas de la fruta, exóticas para Colombia*. Bogotá: Produmedios. Recuperado de <<https://www.ica.gov.co/getattachment/63d59705-d95a-431d-b68a-a53a5fcf0082/Publicacion-12.aspx>>

Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas). (2002). *Revisión estado del conocimiento. Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales*, Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). *Resumen ejecutivo de la memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica*. Bogotá.

— **(2015).** *Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014*. Bogotá. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed.). Bogotá: IGAC.

— **(1990).** *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: Subdirección de Agrología IGAC.

Lavaire, E. (2013). *Manual técnico del cultivo de aguacate en Honduras* (Persea americana Mills). Tegucigalpa, Honduras: Secretaría de agricultura y ganadería de Honduras. Recuperado de <<http://pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/183>>

Martín-López, B., Gómez-Baggethum, E. y Montes, C. (2009). «Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante». *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*(3), 229-258. Recuperado de <<http://www.ecomilenio.es/wp-content/uploads/2010/10/Martin-et-al-2009-CUIDES.pdf>>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2015). *Cifras de comercio exterior*. Recuperado de <<http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>>

—. (2016). *Cadena del aguacate. Indicadores e instrumentos*. Recuperado de Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas (SIOC): <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202016%20Abril%20Aguacate.pptx>.

—. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector Hortofrutícola*. Minagricultura, Dirección de Financiamiento, plataforma de información El Cubo.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012). *Política para la gestión integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos*.

Miranda, D. (2012). «Establecimiento de huertos frutícolas». En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (págs. 99-119). Bogotá: Produmedios. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/257972716_Introduccion_Manual_para_el_cultivo_de_frutales_en_el_tropico/links/5794cee608aec89db7a2ca5f/Introduccion-Manual-para-el-cultivo-de-frutales-en-el-tropico.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). «A framework for land evaluation». *Soils Bulletin*, 32. Recuperado de <<http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.HTM>>

—. (1985). «Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de regadío». *Boletín de suelos*(55).

—. (1997). Zonificación agro-ecológica, Guía general. (M. y. Servicio de recursos, Ed.) *Boletín de suelos*(73). Recuperado de <<http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>>

—. (2003). *Evaluación de tierras con metodologías de FAO: documento de trabajo*. Proyecto regional «Ordenamiento Territorial Rural Sostenible», Santiago de Chile.

—. (2007). Land evaluation: towards and revised framework. *Land and water discussion paper*(6). Recuperado de <www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf>

—. (2016). Crops and livestock products (Base de datos sobre comercio exterior de productos agropecuarios). (FAOSTAT, Recopilador) Recuperado de <<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>

Ortiz-Lozano, L., Espejel, I. y Granados-Barba, A. (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 & Coastal Management*, 6(52). doi:10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004

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

—. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: Free Press.

Rodiek, J. (2008). Landscape and urban planning cover for 2009». *Landscape Urban Planning*, 1(89). doi:10.1016/j.landurbanplan.2008.10.001

Saavedra, R., Vásquez, H. y Mejía, E. (2012). «Aguacate (*Persea americana* Mill.)». En G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (págs. 319-348). Bogotá: Produmedios.

Siraj, S., Mikhailov, L. y Keane, J. (2013). «PriEsT: An interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments». *International Transactions in Operational Research*, 22(2), 217-235.

Statista. (2017). *Volumen de aguacates producidos en el mundo entre 2012 y 2015 (en miles de toneladas)*. Recuperado de <<https://es.statista.com/estadisticas/528382/produccion-de-aguacate-en-el-mundo/>>

U.S. Department of Agriculture (USDA). (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210.* Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1:1000.000.* Bogotá, Colombia: UPRA. Recuperado de <http://www.upra.gov.co/publicaciones/-/asset_publisher/Gcha9Rfz1eZm/content/zonificacion-para-plantaciones-forestales-con-fines-comerciales-colombia-escala-1100-000>



CULTIVO COMERCIAL DE
AGUACATE HASS
EN COLOMBIA
ZONAS APTAS A ESCALA 1:100.000



Anexo



Tabla de contenido

| | |
|--|------------|
| 1. Fichas metodológicas del componente físico | 117 |
| 1.1 Criterio condiciones climáticas | 117 |
| 1.1.1 Variable temperatura media anual | 120 |
| 1.1.2 Variable precipitación total media anual | 123 |
| 1.1.3 Variable brillo solar medio diario anual | 126 |
| 1.2 Criterio capacidad de laboreo | 129 |
| 1.2.1 Variable pendiente | 132 |
| 1.2.2 Variable textura | 135 |
| 1.2.3 Variable pedregosidad | 138 |
| 1.3 Criterio condiciones de enraizamiento | 142 |
| 1.3.1 Variable profundidad efectiva | 146 |
| 1.3.2 Variable textura | 149 |
| 1.3.3 Variable pedregosidad | 153 |
| 1.4 Criterio disponibilidad de humedad | 156 |
| 1.4.1 Variable régimen de humedad | 159 |
| 1.4.2 Variable textura | 163 |
| 1.5 Criterio disponibilidad de oxígeno | 167 |
| 1.5.1 Variable susceptibilidad a inundaciones | 170 |
| 1.5.2 Variable drenaje natural | 173 |
| 1.6 Criterio disponibilidad de nutrientes | 176 |
| 1.6.1 Variable acidez (pH) | 182 |
| 1.6.2 Variable saturación de bases | 186 |
| 1.6.3 Variable carbono orgánico | 189 |
| 1.6.4 Variable capacidad de intercambio catiónico | 192 |
| 1.7 Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio | 195 |
| 1.7.1 Variable salinidad o sodicidad | 199 |
| 1.7.2 Variable saturación de aluminio | 203 |
| 1.8 Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos | 206 |
| 1.8.1 Variable pendiente | 210 |
| 1.8.2 Variable erosión actual | 213 |
| 1.8.3 Variable susceptibilidad a movimientos en masa | 216 |
| 1.9 Criterio riesgo fitosanitario | 219 |
| 1.9.1 Variable especies cuarentenarias | 223 |



| | | |
|-------|--|-----|
| 1.9.2 | Variable drenaje natural asociada a la pudrición de raíces. | 228 |
| 1.9.3 | Variable temperatura asociada a <i>Phytophthora cinnamomi</i> | 231 |
| 1.9.4 | Variable exceso hídrico asociado a <i>Phytophthora cinnamomi</i> | 234 |

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico237

| | | |
|--------|---|-----|
| 2.1 | Criterio cambio de cobertura. | 237 |
| 2.2 | Criterio integridad ecológica | 243 |
| 2.2.1. | Variable conectividad estructural de las coberturas naturales | 254 |
| 2.2.2. | Variable índice de naturalidad. | 257 |
| 2.2.3. | Variable áreas de concentración de especies sensibles | 260 |
| 2.3 | Criterio apropiación de agua | 268 |
| 2.4 | Criterio variación del contenido estimado de carbono | 278 |
| 2.5 | Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal. | 292 |

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico295

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.1 | Criterio indicadores económicos. | 295 |
| 3.1.1. | Variable grado de participación agropecuaria municipal | 298 |
| 3.1.2 | Variable línea especial de créditos (LEC) | 301 |
| 3.1.3. | Variable incentivo a la capitalización rural (ICR) | 304 |
| 3.2 | Criterio tamaño de la tierra rural | 308 |
| 3.2.1 | Variable tamaño tipo de los predios rurales | 311 |
| 3.3 | Criterio factores productivos | 314 |
| 3.3.1 | Variable precio de la tierra rural municipal | 317 |
| 3.3.2. | Variable rendimientos. | 321 |
| 3.3.3. | Variable centros de consumo | 324 |
| 3.4 | Criterio infraestructura y logística. | 327 |
| 3.4.1 | Variable existencia de cultivos. | 330 |
| 3.4.2 | Variable cercanía a centros de servicios | 333 |
| 3.4.3 | Variable cercanía a puertos marítimos. | 336 |
| 3.4.4. | Variable presencia de aeropuertos. | 339 |
| 3.4.5 | Variable distritos de riego | 342 |
| 3.4.6 | Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización | 345 |



| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.5 | Criterio mercado laboral | 348 |
| 3.5.1. | Variable cercanía a vías 4G. | 351 |
| 3.5.2. | Variable población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄) | 354 |
| 3.5.3 | Variable años promedio de escolaridad | 357 |
| 3.5.4 | Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias | 360 |
| 3.6 | Criterio seguridad ciudadana | 363 |
| 3.6.1. | Variable índice de riesgo de amenazas | 366 |
| 3.7 | Criterio institucionalidad y asociatividad | 370 |
| 3.7.1 | Variable desempeño fiscal | 373 |
| 3.7.2 | Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA. | 377 |
| 3.7.3. | Variable predios certificados BPA por el ICA. | 381 |
| 3.7.4. | Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica | 384 |
| 3.7.5. | Variable extensión y asistencia técnica sectorial | 388 |
| 3.7.6. | Variable organizaciones gremiales o de base del sector. | 391 |
| 3.8 | Criterio bienestar económico | 393 |
| 3.8.1 | Variable índice de pobreza multidimensional (IPM). | 396 |
| 4. | Fichas metodológicas de exclusiones legales | 400 |
| 4.1 | Criterio de exclusiones legales | 400 |
| 4.1.1 | Variable ecosistemas estratégicos (páramos) | 404 |
| 4.1.2. | Variable áreas protegidas. | 407 |
| 4.1.3. | Variable áreas urbanas | 410 |
| 4.1.4. | Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos) | 412 |
| 5. | Fichas metodológicas de condicionantes legales. | 414 |
| 5.1 | Criterio de condicionantes legales | 414 |
| 5.1.1. | Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical) | 417 |
| 5.1.2. | Variable áreas protegidas. | 421 |
| 5.1.3. | Variable zonas de reserva forestal nacional | 425 |
| 5.1.4. | Variable distinciones internacionales. | 428 |
| 5.1.5 | Variable áreas de interés cultural y social | 432 |

1. Fichas metodológicas del componente físico

1.1 Criterio condiciones climáticas

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO | | |
| CRITERIO: CONDICIONES CLIMÁTICAS | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Temperatura media, precipitación total y brillo solar. | | |

Definición

Conjunto de las condiciones meteorológicas correspondientes a un espacio geográfico específico, caracterizado por las estadísticas basadas en un periodo cronológico extenso de las variables o elementos climáticos referentes al estado de la atmósfera en dicho espacio. Cuando se hace referencia al clima, se enfatiza en los tres elementos climáticos (temperatura, precipitación y brillo solar) más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción comercial del cultivo de aguacate variedad Hass.

Importancia del criterio para el cultivo

Las condiciones climáticas son un componente fundamental que integra el conjunto de propiedades de la unidad de tierra y dependen principalmente de los elementos acuosos y termodinámicos de la atmósfera, así como de las diferentes formas de la topografía. Igualmente, el clima influye positiva o negativamente en el desarrollo de las plantas de aguacate variedad Hass, y su evaluación constituye el motor del desarrollo del cultivo en Colombia.

Limitantes de la evaluación del criterio

Escaso cubrimiento de las estaciones meteorológicas que registran información de los diferentes elementos del clima, principalmente del brillo solar, que generan inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada del clima en algunas zonas del país.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio de condiciones climáticas, se concluye que los límites a partir de los cuales no es viable el cultivo de aguacate variedad Hass son temperaturas medias anuales inferiores a 13 y mayores

a 20 °C/año, y precipitaciones totales anuales inferiores a 500 mm/año y superiores a 4000 mm/año.

Valor de ponderación del criterio: 14,1 %

Metodología de evaluación

Las condiciones climáticas se determinaron a partir de la información de las bases de datos mensuales anuales del periodo 1981 a 2010 elaboradas por el Ideam, de la temperatura media anual, precipitación total media anual, y brillo solar medio diario anual.

A partir de esta información, se realizó un ejercicio de integración de estos elementos del clima, teniendo en cuenta que los criterios pueden ser de dos tipos: factores (para los cuales se definen los niveles de aptitud) o restricciones (que para este caso se consideran de carácter técnico, normativo o técnico-normativo), en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración, y una restricción es un criterio que limita, condiciona o excluye dichas alternativas (Eastman *et al.* 1995).

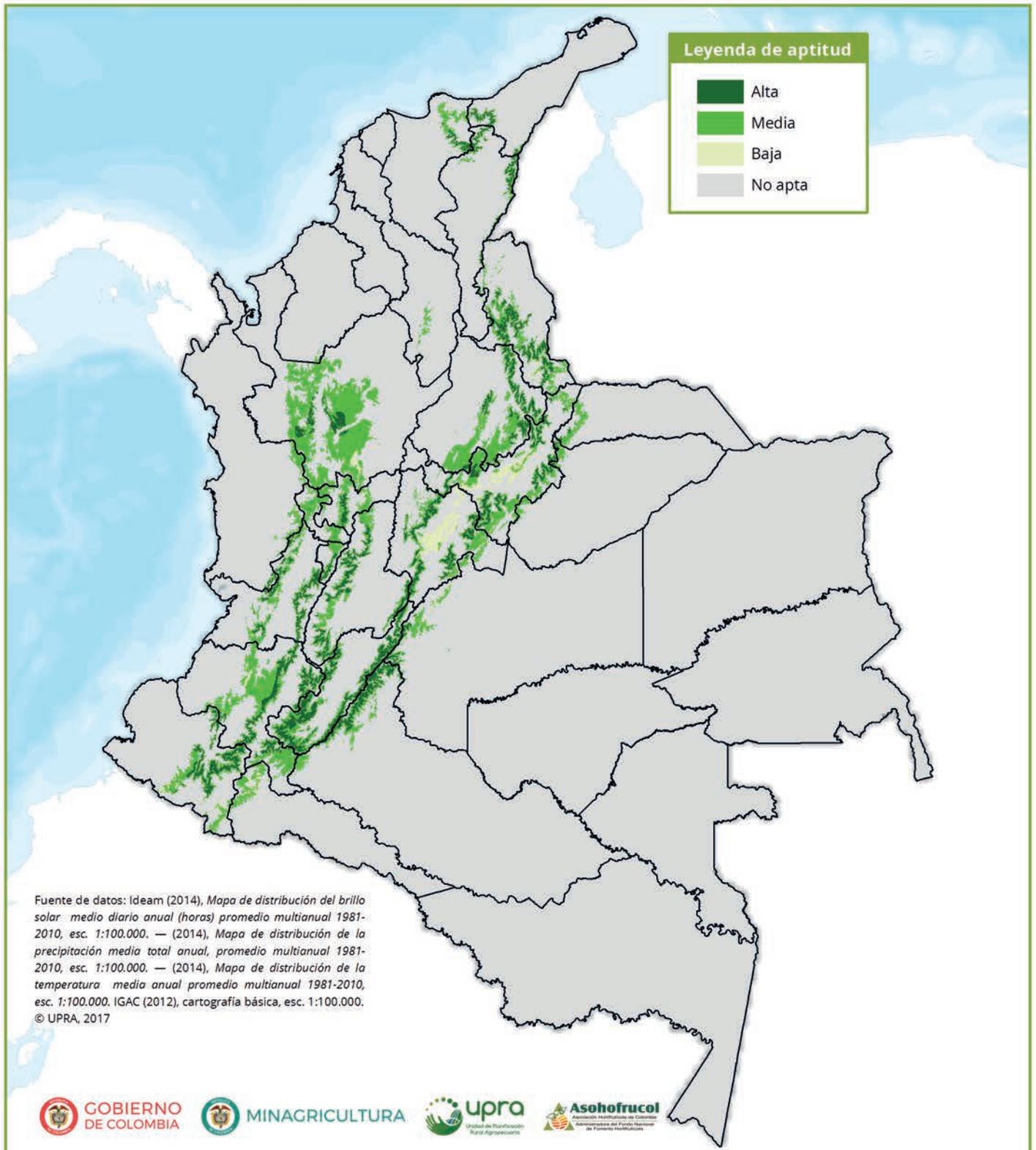
Con base en lo anterior, se definen los criterios y variables por ser considerados por cada uno de los componentes dentro de la zonificación, sobre los cuales se establecen las características y cualidades del territorio que le confieren cierto grado de aptitud, para soportar adecuadamente el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud, de acuerdo con el siguiente árbol de decisión:

| Árbol de decisión del criterio | | | |
|------------------------------------|----------------------------|---|---------|
| Precipitación total (mm/año) | Temperatura media (°C/año) | Brillo solar medio diario anual (horas sol/día) | Aptitud |
| ≥ 1000 - ≤ 2000 | ≥ 15 - < 18 | ≥ 5 | A1 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A1 |
| | | < 3 | A2 |
| | ≥ 18 - ≥ 20 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A2 |
| | ≥ 13 - ≥ 15 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A2 |
| > 2000 - < 3000 | ≥ 15 - < 18 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A2 |
| | ≥ 18 - ≥ 20 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A2 |
| | ≥ 13 - ≥ 15 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A3 |
| ≥ 500 - < 1000; ≥ 3000 - < 4000 | ≥ 15 - < 18 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A2 |
| | ≥ 18 - ≥ 20 | ≥ 5 | A2 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A2 |
| | | < 3 | A3 |
| | ≥ 13 - ≥ 15 | ≥ 5 | A3 |
| | | ≥ 3 - < 5 | A3 |
| | | < 3 | A3 |

Representación cartográfica del criterio



Criterio condiciones climáticas

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). *Mapa de precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.1.1 Variable temperatura media anual

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS | | |
| VARIABLE: TEMPERATURA MEDIA ANUAL | UNIDAD DE MEDIDA: °C/AÑO | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende de la latitud y de la altitud.

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura del aire en el trópico está en función de la altitud y se toma generalmente como índice de balance calórico de las plantas; esta disminuye o aumenta en promedio 0,57 °C, por cada 100 m de altitud.

La temperatura ambiental influye en el aguacate variedad Hass directamente en la duración del periodo de flor a fruto; el tiempo se alarga a medida que la temperatura disminuye. Esta variedad es sensible al frío extremo y al calor excesivo, principalmente en la etapa de floración y fructificación.

El cultivo de aguacate variedad Hass tiene un rango óptimo entre 13 °C y 20 °C. En ese sentido, los cultivos son sensibles a temperaturas extremas, a la variabilidad y al cambio climático.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial de la temperatura anual del aire es fundamental, ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo que permite determinar las zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para el cultivo de aguacate variedad Hass de acuerdo con sus requerimientos térmicos.

Limitantes de la evaluación de la variable

La baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de temperatura y la no disposición de bases de datos de temperatura actualizada, por lo menos hasta el 2015, lo que causa imprecisiones en la distribución espacial de la temperatura media anual en Colombia.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Para el cultivo de aguacate variedad Hass se establecieron, como valores de exclusión, las temperaturas inferiores a 13 °C y superiores a 20 °C. Por tal motivo, las zonas térmicas delimitadas por debajo y por encima de estos límites térmicos se consideraron no aptas.

| Variable | Unidades | A1 | A2 | A3 | N1 |
|-------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Temperatura media anual | °C/añual | ≥ 15 - < 18 | ≥ 18 - ≥ 20 | ≥ 13 - ≥ 15 | < 13 - > 20 |

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica: la información base se tomó del registro de temperatura media anual a nivel nacional en el periodo comprendido entre 1980-2010 y los mapas de isotermas, del «Atlas climatológico de Colombia», versión 2014 elaborado el Ideam.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación de zonas térmicas a nivel espacial, por medio de metodologías SIG ajustadas a los rangos de temperatura media anual establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico. Esta actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

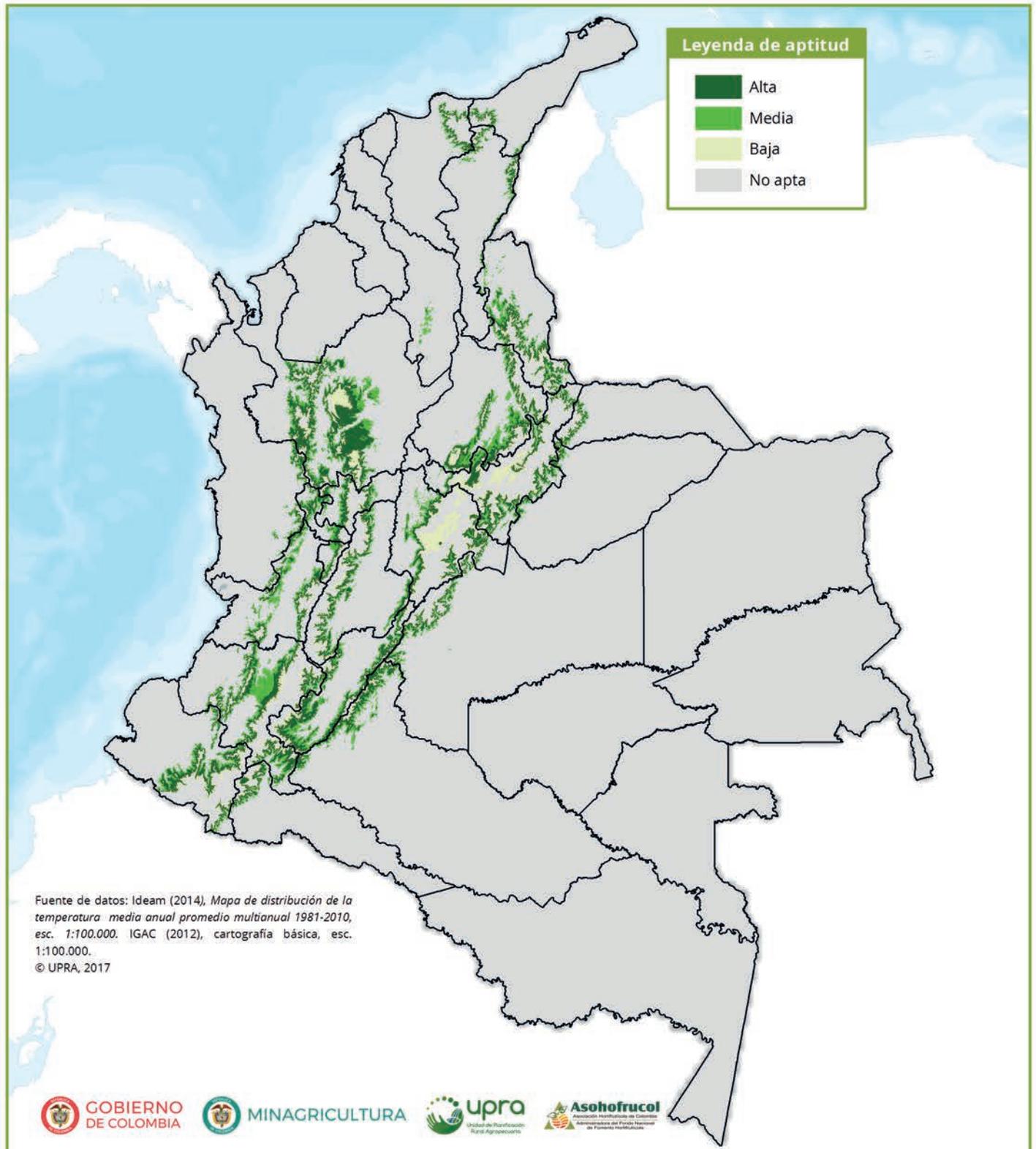
Unidad de análisis

Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones climáticas
Variable temperatura media anual (°C/año)

1.1.2 Variable precipitación total media anual

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS | | |
| VARIABLE: PRECIPITACIÓN TOTAL MEDIA ANUAL | UNIDAD DE MEDIDA: mm/año | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida. En términos prácticos, es la cantidad de lluvia media que precipita en una determinada zona, parte de la cual contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de aguacate variedad Hass. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado de superficie (1 L/m²), equivalente a 10 metros cúbicos de agua por hectárea (10 m³/ha).

Importancia de la variable para el cultivo

La precipitación atmosférica es un elemento vital que determina el clima de un territorio y depende tanto de los procesos atmosféricos del sistema de circulación intertropical —el cual causa la distribución latitudinal y formación de la nubosidad— como de la influencia que ejercen las circulaciones locales sobre la distribución regional según las diferentes formas de la topografía.

En Colombia, la distribución de la precipitación obedece a dos tipos de régimen: monomodal y bimodal. El primero está conformado por una temporada seca y una lluviosa durante el transcurso del año, mientras que en el régimen bimodal se registran dos temporadas secas alternadas con dos lluviosas. Aunque el cultivo comercial de aguacate variedad Hass requiere para su crecimiento y desarrollo una adecuada cantidad de agua —ya que, si se presentan déficits o excesos, se ve afectado— la lluvia sirve para mojar y lavar el follaje de los árboles, pues elimina el polvo depositado por la acción del viento y aumenta los procesos.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial de la precipitación anual es fundamental, ya que es la base para identificar áreas con irrigaciones pluviométricas diferenciales, lo que permite establecer las zonas con aptitudes alta, media y no apta para el cultivo de aguacate variedad Hass, de acuerdo con sus requerimientos hídricos o uso consuntivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Las precipitaciones inferiores a 500 mm/año se establecieron como valor extremo, ya que ocasionan estrés hídrico, lo que se evidencia en el pobre crecimiento y desarrollo del aguacate variedad Hass. Esto aumenta los procesos fotosintéticos

y reduce la capacidad de absorción de nutrientes y se traduce en bajo rendimiento agronómico del cultivo. Igualmente, un nivel de 4000 mm/año o más es excesivo para este.

| Variable | Unidades | A1 | A2 | A3 | N1 |
|---------------------------------|----------|-------------------------|-------------------|---|---------------------|
| Precipitación total media anual | mm/año | $\geq 1000 - \leq 2000$ | $> 2000 - < 3000$ | $\geq 500 - < 1000$; $\geq 3000 - < 4000$ | $< 500 - \geq 4000$ |

Limitantes de la evaluación de la variable

Baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de pluviométricos y la no disposición de bases de datos de lluvia actualizada, por lo menos hasta el 2015, lo que causa imprecisiones en la distribución espacial de la precipitación total media anual en Colombia.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada se fundamentó en la base de datos histórica de 1981 al 2010 reportada por el Ideam, cuya construcción se basa en el análisis espacio-temporal de los registros de lluvias anuales y distribución mensual de las precipitaciones registrados en las estaciones meteorológicas.

Los polígonos reportados en el atlas climático del Ideam están representados a intervalos de 500 mm/año.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación a nivel espacial de zonas pluviométricas, de acuerdo con los rangos de lluvia total media anual establecidos por el equipo técnico de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

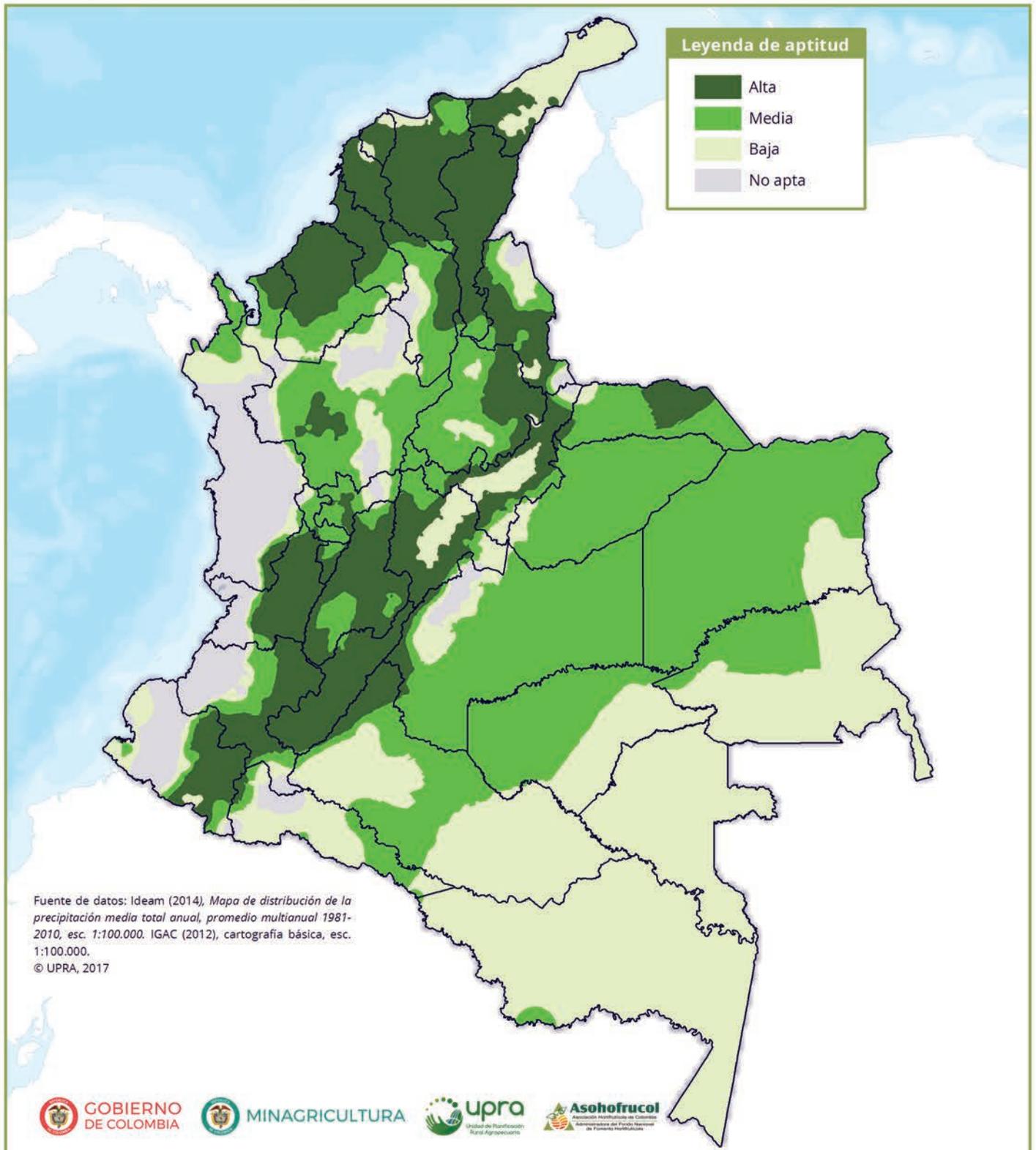
Unidad de análisis

Distribución de la precipitación total media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones climáticas

Variable precipitación total media anual (mm/año)

1.1.3 Variable brillo solar medio diario anual

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| 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 | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre; también se denomina insolación.

Importancia de la variable para el cultivo

La exposición completa al brillo solar es altamente benéfica para el cultivo: influye en la transformación de la energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO² del aire y contribuye a la fijación de compuestos orgánicos carbonados que inciden en el tamaño de las hojas y en la eficiencia de la planta en sus procesos de transformación energética. Por estas razones, la insolación es importante para la zonificación, ya que su distribución espacial permite establecer zonas con aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para este cultivo comercial.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Vale la pena resaltar que cuando se presenta luminosidad por debajo de las tres (3) horas sol/día, se afecta considerablemente la fotosíntesis y la producción de materia seca.

| Variable | Unidades | A1 | A2 | A3 |
|---------------------------------|---------------|-----|-----------|-----|
| Brillo solar medio diario anual | horas sol/día | ≥ 5 | ≥ 3 - < 5 | < 3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de heliofanía y la no disposición de bases de datos de brillo solar actualizada, por lo menos hasta el 2015, lo que causa imprecisiones en la distribución espacial del brillo solar medio diario anual en Colombia.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: se basó en el atlas climático del Ideam para el periodo comprendido entre 1980-2010, cuya conformación se realiza mediante un análisis espacio-temporal de la información del tiempo de hora media anual y mensual registrada en las estaciones meteorológicas a nivel nacional del Ideam. Las

isohelias conformadas se construyen con un intervalo de una (1) hora con el fin de identificar la distribución espacial del régimen de brillo solar en promedio en el territorio nacional.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación a nivel espacial de zonas de brillo solar medio diario anual, que reflejan los rangos de brillo solar establecidos por el equipo técnico de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

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

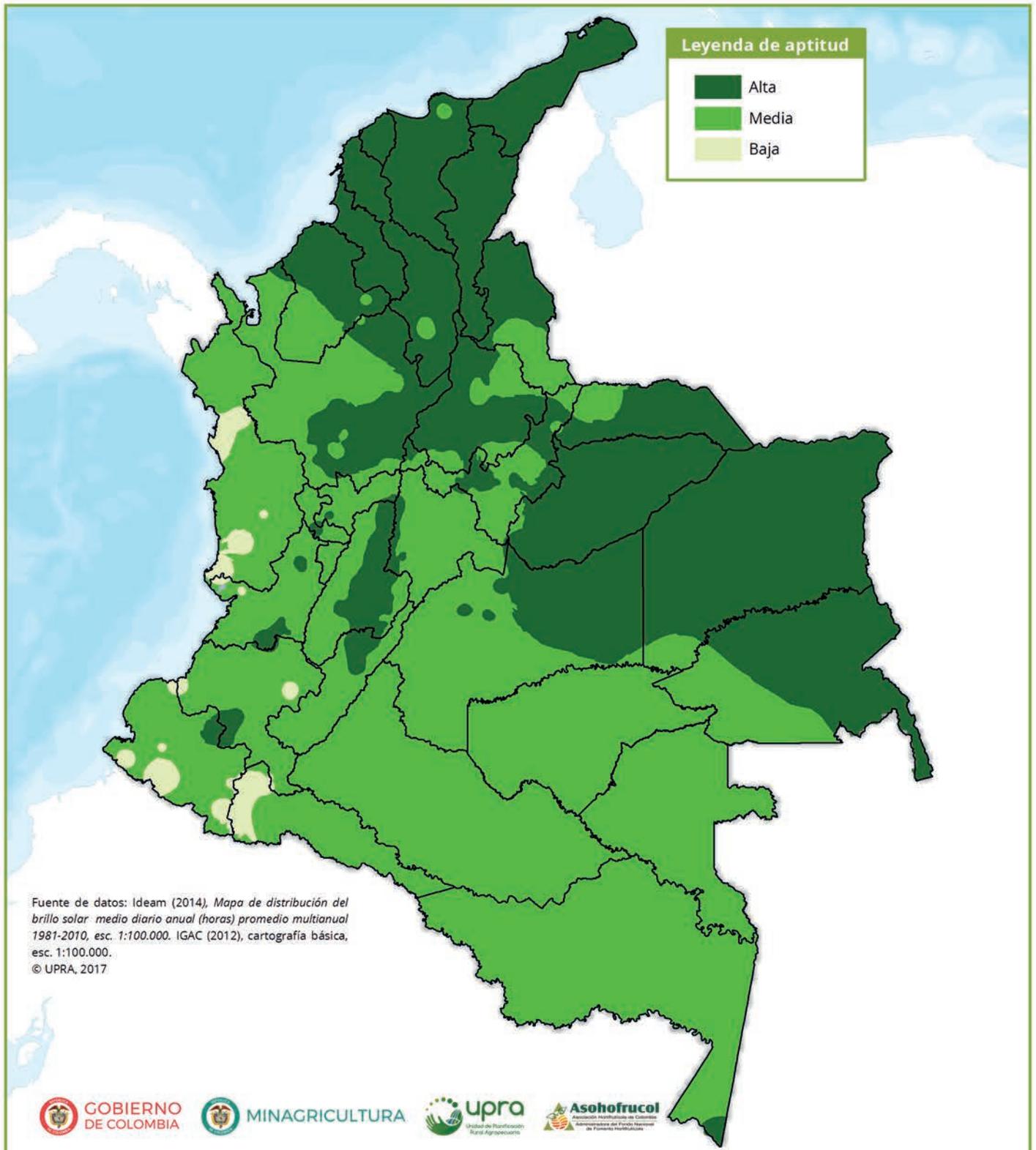
Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones climáticas

Variable brillo solar medio diario anual (horas sol/día)

1.2 Criterio capacidad de laboreo

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: CAPACIDAD DE LABOREO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Pendiente, textura y pedregosidad. | | |

Definición

Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo comercial de aguacate Hass implica el uso de maquinaria para la preparación del suelo.

En algunos casos, y dependiendo de la pendiente del terreno, se puede usar maquinaria para la preparación del terreno (arada y rastillada); el transporte de los insumos y de las plántulas a sitio definitivo; y en la recolección.

Está en función de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil. La combinación de estas características determina la aptitud de las tierras para su laboreo.

Importancia del criterio para el cultivo

Es un criterio fundamental en el establecimiento y manejo de los cultivos de aguacate, ya que integra las variables pendiente, textura y pedregosidad, cuyos rangos de variación harán más fácil o más difícil el uso de maquinaria o de herramientas para las diferentes actividades culturales, desde la preparación del terreno hasta la cosecha.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio, solamente la pendiente presenta un límite que se califica como no apto: las pendientes mayores de 75 %, porque van en contra de la conservación de suelos por el movimiento de las partículas de suelo a través de la pendiente, y se limita el uso óptimo de la maquinaria.

Limitantes de la evaluación del criterio

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

Valor de ponderación del criterio: 4,7 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de la pendiente, fase de pedregosidad y las clases texturales (IGAC, 2010); la calificación de este criterio se genera por medio de un árbol de decisión.

Es importante señalar que en los estudios de suelos no vienen discriminados los contenidos de pedregosidad, solamente se toman la fase pedregosa y sin fase de pedregosidad, asumiendo que la fase de pedregosidad se determina en el campo, normalmente cuando el contenido supera el 35 %. Para el cálculo de la pendiente se utilizó el modelo digital de elevación (IGAC, 2014) con resolución de 90 m.

| Pendiente (%) | Aptitud |
|---------------|---------|
| ≤ 25 | A1 |
| > 25 - ≤ 50 | A2 |
| > 50 - ≤ 75 | A3 |
| > 75 | N1 |

| Textura (clase textural) | Aptitud |
|--|---------|
| Franca (F), franco limosa (FL), franco arenosa (FA), franco arcillo arenosa (FARa) y franco arcillo limosa (FARL). | A1 |
| Franco arcillosa (FAR), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL) y limosa (L). | A2 |
| Arenosa (A), arenosa franca (AF) y arcillosa (Ar). | A3 |

| Pedregosidad (clase) | Aptitud |
|--------------------------|---------|
| Sin fase de pedregosidad | A1 |
| Con fase de pedregosidad | A3 |

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio de capacidad de laboreo se obtiene tomando las tres variables (pendiente, pedregosidad y textura) y comparando los rangos de aptitud entre sí.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el manejo de los suelos, ya que se reducen las posibilidades de una buena preparación de la tierra y, por consiguiente, de tener cultivos con excelentes condiciones en su desarrollo y con facilidades para la cosecha.

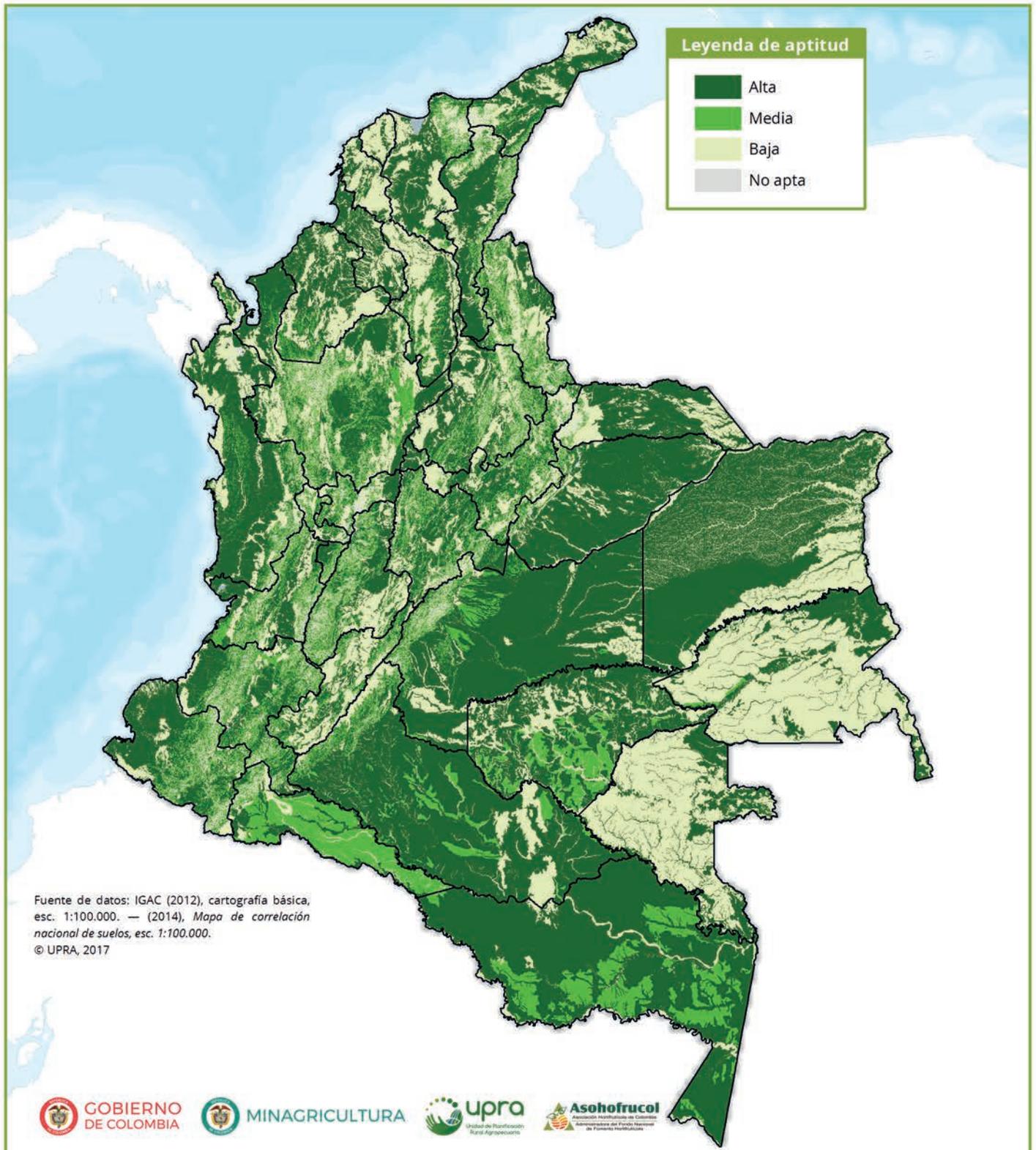
Los suelos oxisoles y ultisoles arcillosos se califican como A2 debido a su baja pegajosidad. Los suelos orgánicos (histosoles) se califican como A2 ya que, por su alta porosidad, se presenta subducción al ser desecados.

| Árbol de decisión del criterio | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Pendiente | Pedregosidad | Textura | Aptitud |
| ≤ 25 | Sin fase de pedregosidad | F, FL, FA, FARa, FARL | A1 |
| | | FAR, ArA, ArL, L | A1 |
| | | A, AF, Ar | A3 |
| | | Ar (oxisoles, ultisoles) | A2 |
| | | Cualquiera | A3 |
| > 25 - ≤ 50 | Sin fase de pedregosidad | F, FL, FA, FARa, FARL | A2 |
| | | FAR, ArA, ArL, L | A2 |
| | | A, AF, Ar | A3 |
| | | Ar (oxisoles, ultisoles) | A2 |
| | | Cualquiera | A3 |
| > 50 - ≤ 75 | Cualquiera | Cualquiera | A3 |
| > 75 | Cualquiera | Cualquiera | N1 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica del criterio



Criterio capacidad de laboreo

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.

1.2.1 Variable pendiente

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO | | |
| VARIABLE: PENDIENTE | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales o centesimales, o porcentaje, y en términos trigonométricos corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.

La pendiente de un terreno se calcula como gradiente, de manera estricta, o en sentido amplio, como una forma sintética del relieve (Zúñiga, 2010). El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejan 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 |

Importancia de la variable para el cultivo

Es una variable que influye en la toma de decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate. De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes sin mayores dificultades hasta del 25 %; De ahí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan

las prácticas culturales tanto para el establecimiento como para el mantenimiento y cosecha del cultivo. Por lo anterior, es muy importante tener en cuenta las medidas de conservación, para evitar movimientos en masa y pérdida de suelo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Las pendientes mayores del 75 % se excluyen para el cultivo comercial de aguacate, debido a que dificultan el uso de la maquinaria para todas las labores de labranza.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendiente se basó en cálculos y análisis espaciales a partir de datos de la Misión topográfica Shuttle Radar (SRTM, por sus siglas en inglés) con resolución de 90 m. El nivel de aproximación no muestra con claridad las pendientes fuertes en el mapa, especialmente las mayores del 50 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos fue automatizado por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 m. Se usaron los rangos tradicionales utilizados por el IGAC para los estudios de suelos, los cuales se relacionan con las posibilidades de mecanización.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Pendiente (%) | Aptitud |
|---------------|---------|
| ≤ 25 | A1 |
| > 25 - ≤ 50 | A2 |
| > 50 - ≤ 75 | A3 |
| > 75 | N1 |

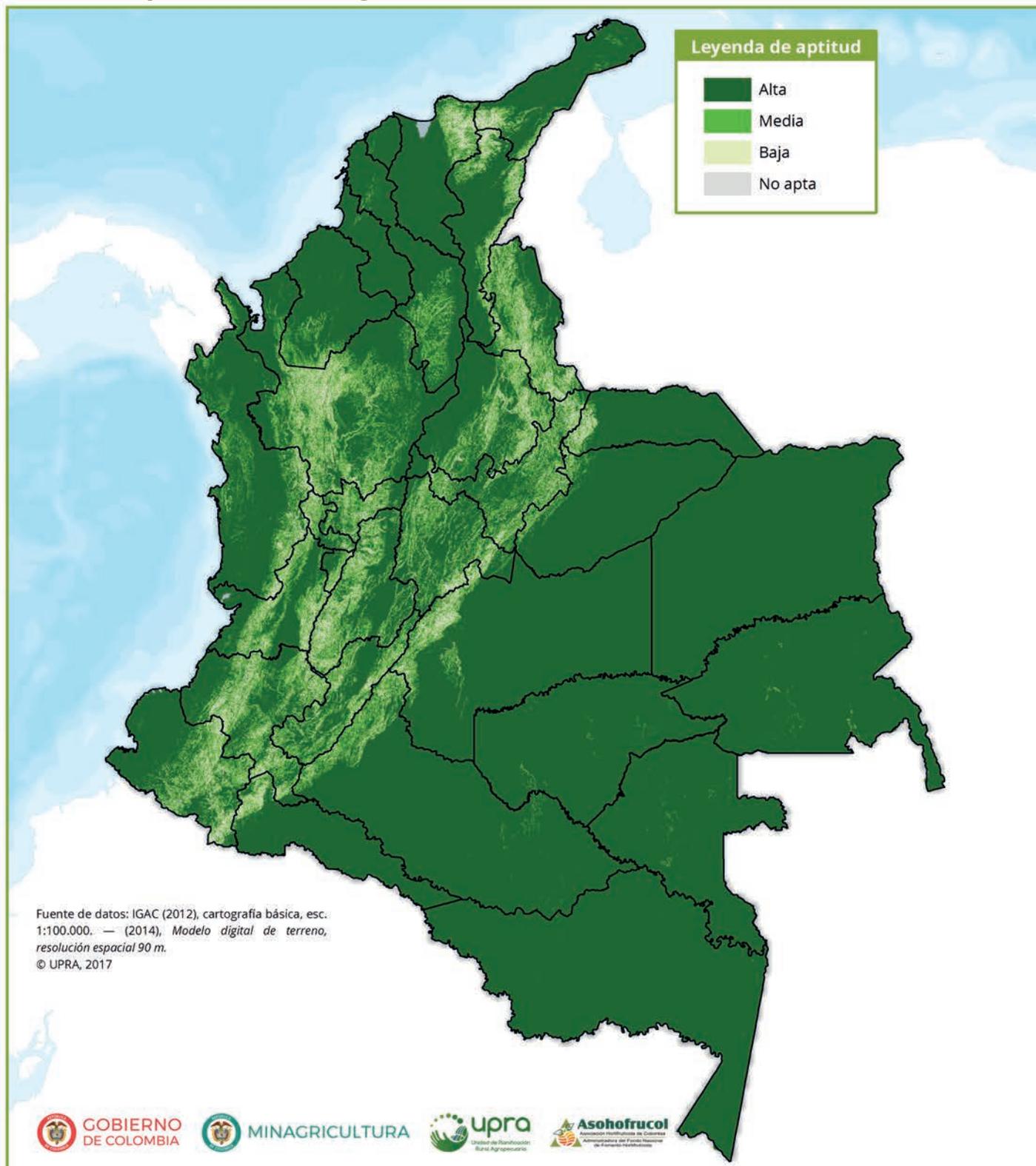
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf>

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 AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO | | |
| VARIABLE: TEXTURA | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASE TEXTURAL) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

«El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales, de acuerdo con el triángulo textural (IGAC, 2010), son:

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

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia para establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, porque de ella, y de la forma como se encuentre estructurado el suelo, depende que este ofrezca resistencia al rompimiento o a su deformación.

Para que los implementos —ya sean manuales o mecánicos— penetren con facilidad en el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. 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 exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Las diferentes clases texturales definen el grado de dificultad para el movimiento del suelo; sin embargo, ninguna de ellas obstruye totalmente el uso de maquinaria, por ende, no se determinó exclusión técnica para esta variable.

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. La calificación se realizó sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico con mayor representatividad. Por consiguiente, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no pueden ser representadas espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

La información base para determinar la textura de las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). A partir de esta base de datos, se realizó una reclasificación de acuerdo con los rangos definidos.

Esta variable se define con base en el comportamiento de la textura cuando se remueve el suelo, especialmente en lo relacionado con la pegajosidad, facilidades de ahoyado y la susceptibilidad a la compactación.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas, que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (oxisoles, ultisoles) se incluyeron en la aptitud A2, por su baja pegajosidad; los suelos orgánicos (histosoles) se califican como A2 debido a que, por su baja densidad aparente, generan subsidencia al ser desecados.

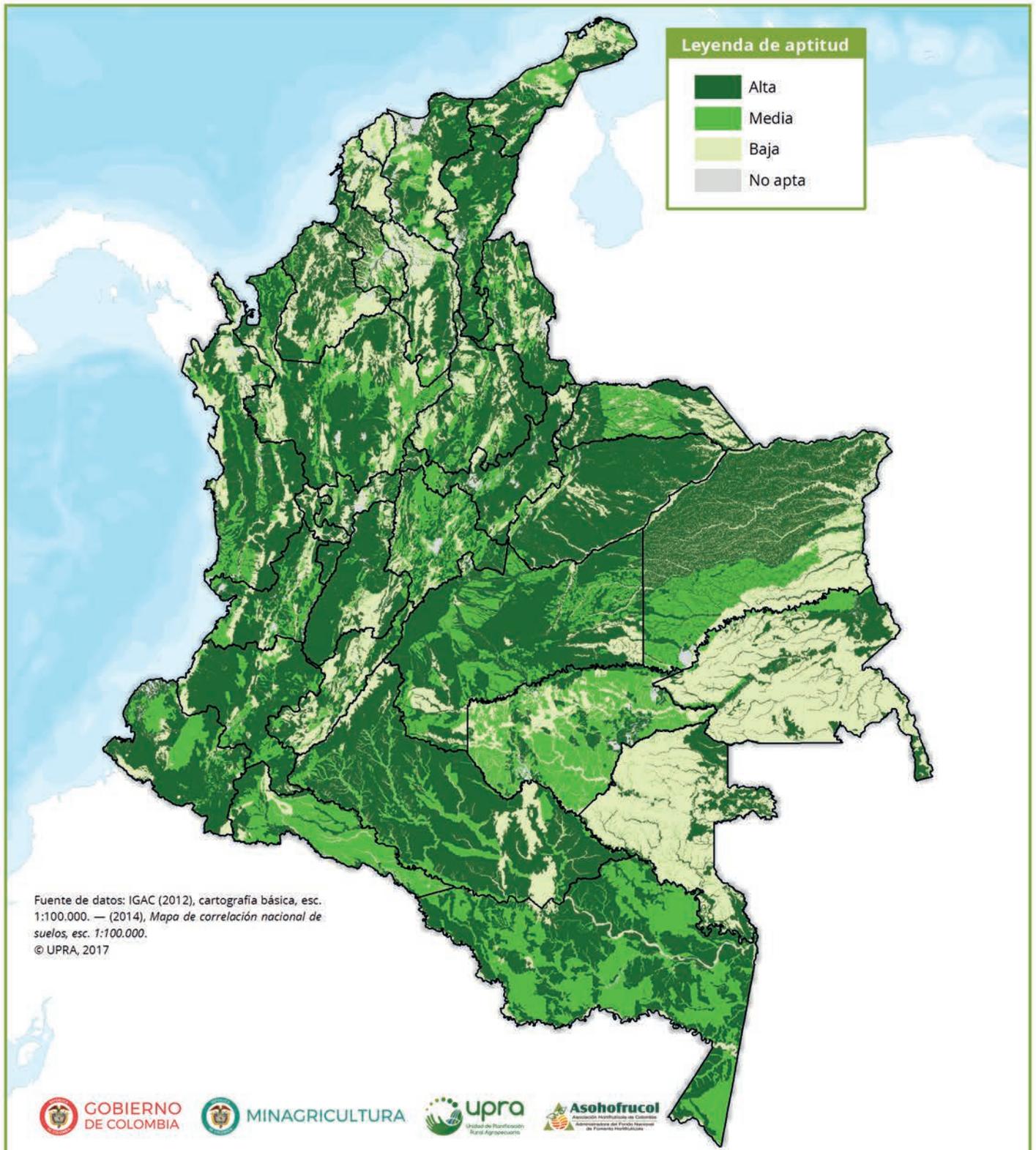
Las clases texturales con aptitud marginal (A3) corresponden, en primer lugar, a la arcillosa, porque genera alta pegajosidad e impide el desempeño óptimo de la maquinaria; y, en segundo lugar, a la gruesa, porque desgasta más rápidamente los implementos.

| Rangos de aptitud | |
|--------------------------|---------|
| Textura (clase textural) | Aptitud |
| F, FL, FA, FArA, FArL | A1 |
| FAr, ArA, ArL, L | A2 |
| A, AF, Ar | A3 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica de la variable



Criterio capacidad de laboreo
Variable textura

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento*. Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales, Bogotá.

1.2.3 Variable pedregosidad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO | | |
| VARIABLE: PEDREGOSIDAD | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Hace referencia a las cantidades de fragmentos de roca presentes en el suelo. De acuerdo con Van Wambeke y Forbes (1985), los fragmentos de roca son trozos sueltos de 2 mm de diámetro o mayores. Según los mismos autores, los fragmentos se reconocen por su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques.

Para fines prácticos de manejo de suelos, se ha tomado la dimensión de fragmentos de roca mayores a 7,6 cm de diámetro que incluyen guijarros, piedras y bloques, de acuerdo con los contenidos del manual de códigos (IGAC, 2010).

| Clases por recubrimiento de fragmentos rocosos en la superficie de suelo | |
|--|--|
| Clase | Recubrimiento superficial |
| No pedregoso | |
| Sin piedras o con muy pocas piedras que no interfieren con el cultivo. | Las piedras cubren menor del 5 % del área. |
| Ligeramente pedregoso | |
| Piedras suficientes para interferir, pero no imposibilitar las labores requeridas para cultivos de arrancar. | La pedregosidad cubre entre 5 y 15 % del área. |
| Moderadamente pedregoso | |
| Piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos de arrancar, pero el suelo puede prepararse para siembra de cultivos permanentes o semipermanentes, forrajes o pastos mejorados. | Las piedras cubren entre 15 y 35 % del área. |
| Pedregoso | |
| El uso de maquinaria pesada es impedido por la presencia de piedras que imposibilitan las labores requeridas por los cultivos, pero el suelo puede prepararse para siembra de cultivos permanentes o semipermanentes, forrajes o pastos mejorados. | Las piedras cubren entre 35 y 50 % del área. |
| Muy pedregoso | |
| El uso de toda maquinaria está imposibilitado. Puede utilizarse para pastos de corte o bosques. | Las piedras cubren entre 50 y 75 % del área. |
| Excesivamente pedregoso | |
| Superficie prácticamente pavimentada de piedras de difícil remoción. MR: misceláneo rocoso. | Las piedras cubren más del 75 % del área. |

Importancia de la variable para el cultivo

Los fragmentos de roca sobre la superficie del suelo son muy importantes en la zonificación del cultivo comercial de aguacate, porque tienen influencia en las prácticas de laboreo, cuando se usan maquinaria o implementos manuales, y también porque pueden disminuir el área de siembra del cultivo y, en general, dificultan las todas las prácticas culturales.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

No se presenta valor de exclusión para esta variable.

Limitantes de la evaluación de la variable

La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en la base de geopedología, ya que solamente aparecen las fases pedregosa y no pedregosa.

Metodología de procesamiento de la información

Las fases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable de pedregosidad se tomó únicamente como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa o no pedregosa. Se hace asume que, cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor al 35 %.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con las diferentes consultas con los gremios, los productores, la literatura relacionada y el Minagricultura, se determinaron como tierras con aptitud

alta (A1) los suelos con presencia de fragmentos gruesos menores al 15 %; aptitud media (A2) entre 15 y 35 %, y aptitud baja (A3) mayor al 35 %. Sin embargo, como se anotó anteriormente, la calificación depende de la fase de pedregosidad de las unidades cartográficas de suelos.

| Rangos de aptitud | |
|--------------------------|---------|
| Clase de pedregosidad | Aptitud |
| Sin fase de pedregosidad | A1 |
| Con fase de pedregosidad | A3 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

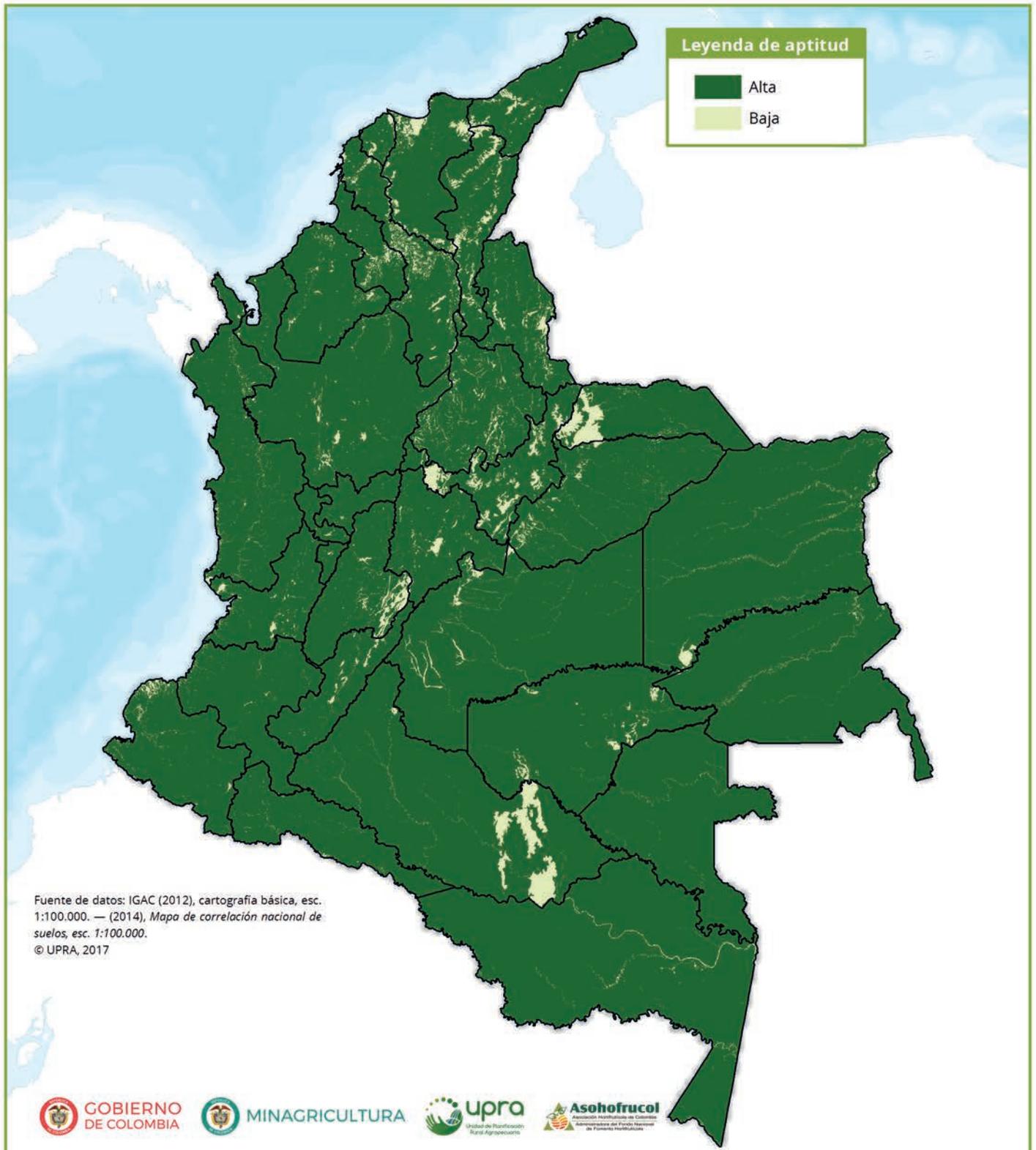
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A., y Forbes, T. (Edits.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. 44-46. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio capacidad de laboreo
Variable pedregosidad

1.3 Criterio condiciones de enraizamiento

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Profundidad efectiva, textura y pedregosidad. | | |

Definición

Integra las características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas y la formación adecuada de los frutos. Tiene relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, a la profundidad hasta donde penetran las raíces sin ningún obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de anclaje de las plantas y de abastecerse de agua y nutrientes.

Importancia del criterio para el cultivo

Cuando las raíces encuentran un medio propicio para su desarrollo como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad y una profundidad radicular adecuada, el desarrollo vegetativo del cultivo se realiza uniformemente con la formación adecuada de los frutos.

Las buenas condiciones físicas del suelo, acompañadas del adecuado suministro de nutrientes, se ven reflejadas en los buenos rendimientos del cultivo.

El sistema de raíces del aguacate puede alcanzar una profundidad máxima de 150 cm (entre el 70 y 80 % de las raíces se desarrollan en los primeros 60 cm del suelo).

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio, se concluye que el límite, a partir del cual no es aconsejable el establecimiento de cultivos comerciales de aguacate variedad Hass, es una profundidad efectiva menor a 50 cm.

Limitantes de la evaluación del criterio

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

Valor de ponderación del criterio: 11,3 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), clases texturales (IGAC, 2010) y fase de pedregosidad; la calificación de este criterio se genera por medio de un árbol de decisión.

Es importante señalar que en los estudios de suelos no vienen discriminados los contenidos de pedregosidad, solamente se toman la fase pedregosa y sin fase de pedregosidad, asumiendo que la fase de pedregosidad se determina en el campo, normalmente cuando el contenido supera el 35 %.

| Profundidad efectiva (cm) | Aptitud | Textura (clase textural) | Aptitud | Pedregosidad (clase) | Aptitud |
|---------------------------|---------|-------------------------------|---------|--------------------------|---------|
| > 100 | A1 | F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr | A1 | Sin fase de pedregosidad | A1 |
| ≥ 50 - ≤ 100 | A2 | ArA, ArL, AF | A2 | Con fase de pedregosidad | A3 |
| < 50 | N1 | Ar, A | A3 | | |

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para determinar la clase de aptitud en el criterio, se toman las tres variables (profundidad efectiva, pedregosidad y textura) y se comparan los rangos de aptitud entre sí.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada variable representa en el desarrollo ideal del cultivo. Un normal desarrollo del sistema de raíces del árbol de aguacate variedad Hass tendrá como consecuencia un adecuado desarrollo de frutos; en tanto que, limitaciones en la formación de raíces provocarán disminución en el rendimiento.

Los suelos denominados oxisoles y ultisoles se califican como A2 debido a que tienen buena porosidad. Los suelos orgánicos (histosoles) se valoran como A3 por su alta porosidad que permite el desarrollo de las raíces.

| Árbol de decisión del criterio | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|
| Profundidad | Textura | Pedregosidad | Aptitud |
| > 100 | F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr | Sin fase de pedregosidad | A1 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | ArA, ArL, AF | Sin fase de pedregosidad | A1 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | Ar, A | Sin fase de pedregosidad | A3 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | Ar (oxisoles, ultisoles) | Sin fase de pedregosidad | A2 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| ≥ 50 - ≤ 100 | F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr | Sin fase de pedregosidad | A2 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | ArA, ArL, AF | Sin fase de pedregosidad | A2 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | Ar, A | Sin fase de pedregosidad | A3 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| | Ar (oxisoles, ultisoles) | Sin fase de pedregosidad | A2 |
| | | Con fase de pedregosidad | A3 |
| < 50 | Cualquiera | Cualquiera | N1 |

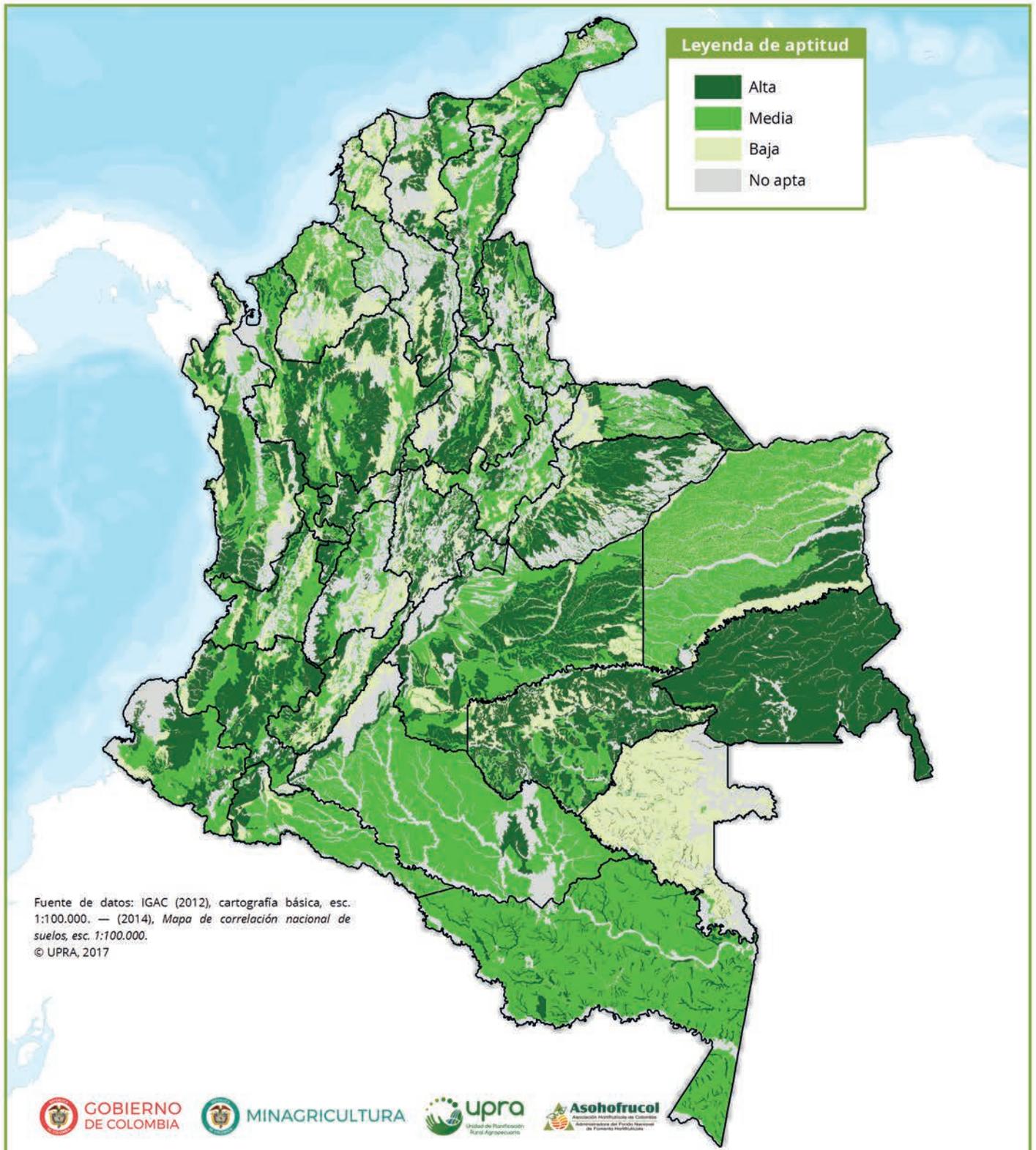
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio condiciones de enraizamiento

1.3.1 Variable profundidad efectiva

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO | | |
| VARIABLE: PROFUNDIDAD EFECTIVA | UNIDAD DE MEDIDA: cm | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores restricciones, para conseguir el agua y los nutrientes indispensables. También se define como el total de la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (USDA, 1961).

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

| Clases por profundidad efectiva | |
|---------------------------------|------------------|
| Clase | Profundidad (cm) |
| Muy superficial | < 25 |
| Superficial | 25-50 |
| Moderadamente superficial | 50-75 |
| Moderadamente profunda | 75-100 |
| Profunda | 100-150 |
| Muy profunda | > 150 |

Importancia de la variable para el cultivo

Para el cultivo del aguacate, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor o igual de 100 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos líticos, petroféricos o petrocálcicos que impidan el normal desarrollo de las raíces. Otros aspectos que afectan la profundidad efectiva son las condiciones de hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones.

Esta es una variable básica en la selección de las áreas para el establecimiento de los cultivos comerciales de aguacate, debido a que de ella depende, en gran medida, el buen desarrollo vegetativo para la obtención de óptimas cosechas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Las profundidades efectivas menores a 50 cm son no aptas para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate, debido a que en estas profundidades hay

restricciones en el área explorable para la disponibilidad de nutrientes y el buen desarrollo de las raíces, para una producción rentable.

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. La calificación se realizó sobre la dominancia de la profundidad efectiva del componente taxonómico con mayor representatividad. Por consiguiente, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con profundidades de diferente calificación, que no pueden ser representadas espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) que corresponde con los límites de variación antes descritos, lo que dio la calificación de profundidad a los mayores componentes taxonómicos dentro de cada unidad cartográfica de suelos.

Luego de consultar a los gremios, a los productores y en la literatura, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con profundidad mayor o igual a 100 cm; media (A2) entre 50 y 100 cm; y se excluyeron las profundidades menores a 50 cm, por no tener la profundidad suficiente para el desarrollo de las raíces.

Es relevante mencionar que, en la determinación de los rangos de aptitud de la profundidad efectiva radicular de los suelos, desde el punto de vista físico, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas como la presencia de roca continua y compacta, los contactos pétricos y la profundidad del nivel freático, dado que otras como los horizontes argílicos y compactados pueden ser mejorados, como en efecto se está haciendo con subsoladores. Las limitaciones por aspectos químicos por cantidades excesivas de sales se califican como no aptos en la evaluación de dichas variables.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Profundidad efectiva (cm) | Aptitud |
|---------------------------|---------|
| ≥ 100 | A1 |
| ≥ 50 - < 100 | A2 |
| < 50 | N1 |

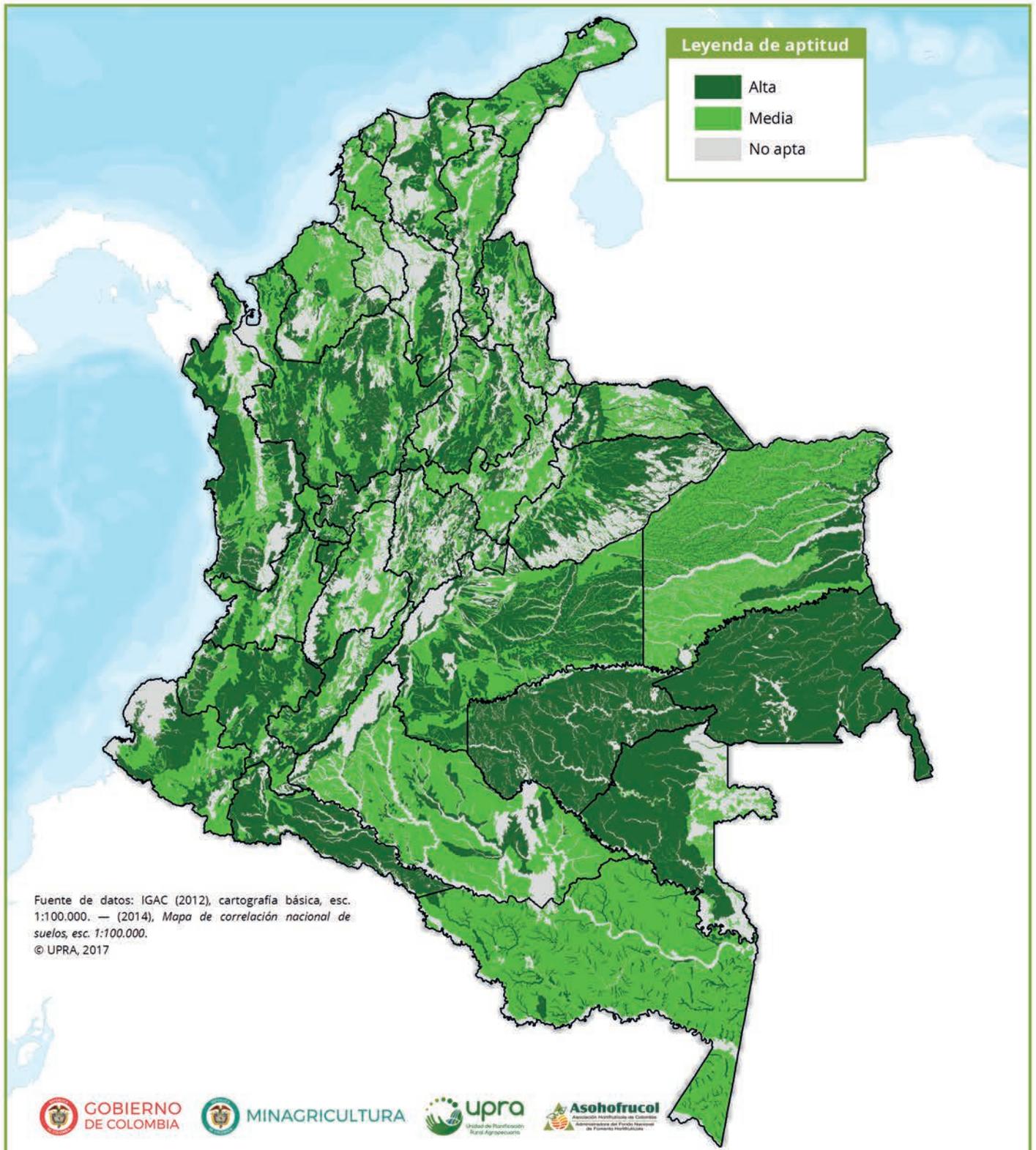
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones de enraizamiento
Variable profundidad efectiva

1.3.2 Variable textura

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO | | |
| VARIABLE: TEXTURA | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASE TEXTURAL) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

«El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales de acuerdo con el triángulo textural (IGAC 2010), se consignan en la siguiente tabla:

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

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia para establecimiento del cultivo de aguacate porque propicia los tipos de interacciones que pueden ocurrir entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente.

La textura del suelo es una propiedad física que se usa como criterio para evaluar otras propiedades como la capacidad de intercambio catiónico (capacidad para retener elementos nutritivos de las plantas), la permeabilidad, la capacidad para retener agua, los índices de plasticidad; en la taxonomía, como parámetro para clasificar los suelos y, en conservación, para evaluar la cantidad de suelo perdido.

También se relaciona con la porosidad, donde el espacio entre partículas permite que circule el oxígeno, lo que favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Se considera que el cultivo de aguacate puede llevarse a cabo en todos los tipos de textura, solo que los mismos dan niveles de aptitud diferentes; por consiguiente, no hay exclusión.

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. La calificación se realizó sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico con mayor representatividad. Por consiguiente, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no pueden ser representadas espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

Esta variable se define con base en los requerimientos del cultivo de aguacate variedad Hass, en relación con el crecimiento y buen desarrollo durante el ciclo de producción y de acuerdo con la información suministrada por los diferentes gremios y productores.

La información base para determinar la textura de las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). A partir de esta base de datos, se realizó una clasificación de acuerdo con los rangos definidos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales que se determinaron con aptitud alta (A1) tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), lo que permite al cultivo de aguacate obtener un mejor desarrollo, debido al buen suministro de oxígeno y a las condiciones de suelo suelto para el crecimiento de las raíces. Los suelos clasificados como histosoles se califican como A1 debido a su alta porosidad.

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) se califican de esta forma debido a que presentan baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en suelo. En consecuencia, favorecen los encharcamientos, generan problemas en la disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, se endurece el suelo. Los oxisoles y ultisoles finos tienen aceptables condiciones físicas para el desarrollo radicular y, en consecuencia son A2.

Las texturas gruesas se clasifican como de baja aptitud (A3) pues no proporcionan estabilidad al suelo, especialmente para el anclaje del aguacate variedad Hass; también representan alta permeabilidad y endurecimiento al secado, especialmente cuando son arenas finas y no tienen suficientes arcillas para anclar y sostener las plantas. Las clases texturales finas se calificaron con aptitud marginal (A3), debido a la baja macroporosidad y las posibles deficiencias de oxígeno al saturarse con agua que impiden el crecimiento de las raíces.

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Textura (clase textural) | Aptitud |
|-------------------------------|---------|
| F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr | A1 |
| ArA, ArL, AF | A2 |
| Ar, A | A3 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

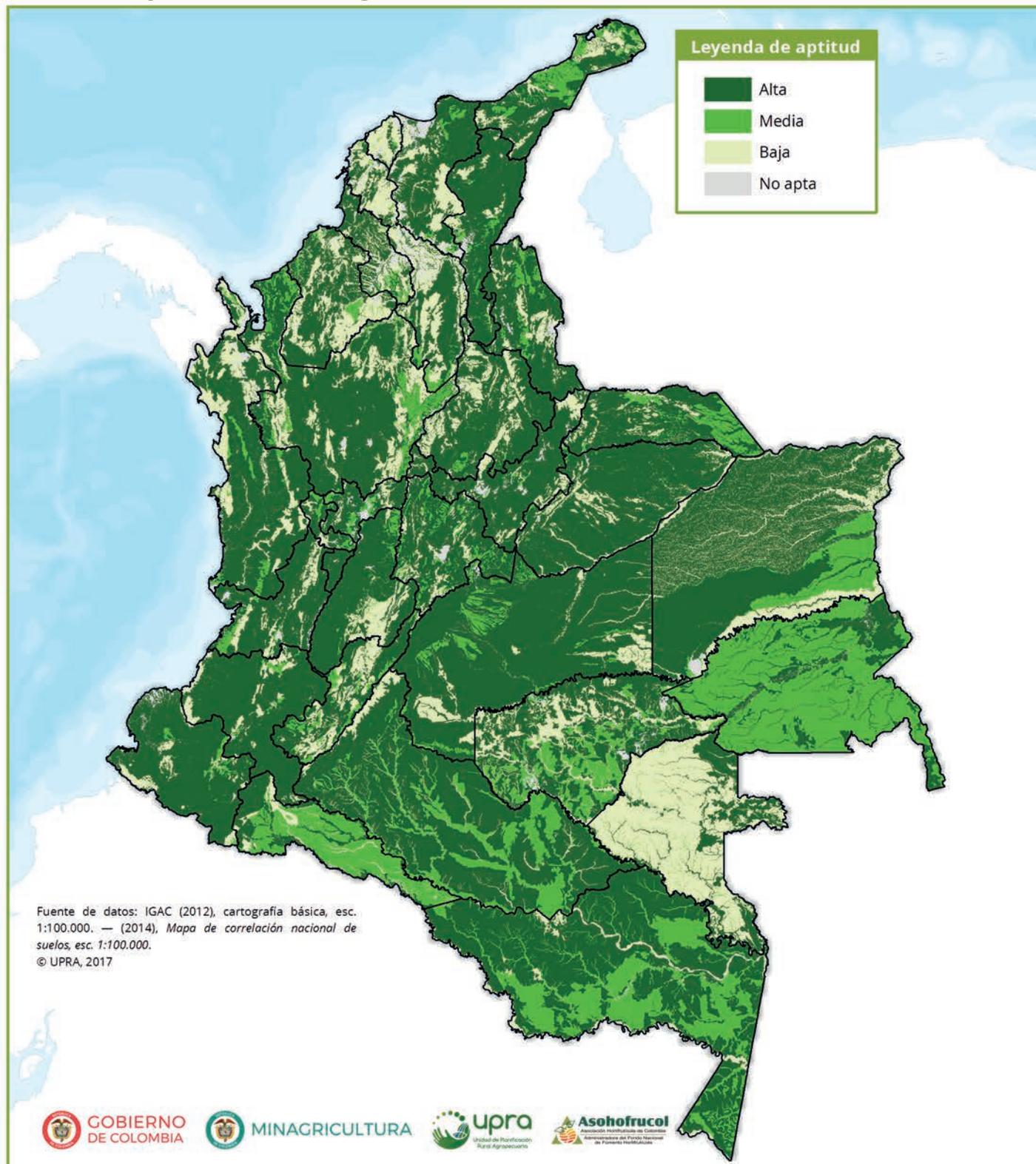
Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento*. Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales, Bogotá. Recuperado de <http://aplicaciones1.sgc.gov.co/Bodega/i_vector/110/03/0000/02669/documento/pdf/0101026691101000.pdf>

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones de enraizamiento
Variable textura

1.3.3 Variable pedregosidad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO | | |
| VARIABLE: PEDREGOSIDAD | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Hace referencia a las cantidades de fragmentos de roca presentes en el suelo. De acuerdo con Van Wambeke y Forbes (1985), los fragmentos de roca son trozos sueltos de roca de 2 mm de diámetro o mayores. Según los mismos autores, los fragmentos se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques. Estos fragmentos se encuentran sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fase pedregosa y fase no pedregosa.

Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie. Los contenidos y su denominación son los siguientes (IGAC, 2010):

| Clases por volumen de fragmentos rocosos en el perfil de suelo | |
|--|-------------|
| Clase | Volumen (%) |
| No hay | < 3 |
| Pocos | 3-15 |
| Frecuentes | 15-35 |
| Abundantes | 35-60 |
| Extremadamente abundantes | 60-90 |
| «Fragmentoso» | ≥ 90 |

Importancia de la variable para el cultivo

Los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua, acelera la infiltración y disminuyen el volumen de material de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Se considera que, las áreas donde hay fragmentos de roca son aptas para el cultivo de aguacate, debido a que el cultivo se hace por sitio y el porcentaje de recubrimiento da niveles de aptitud diferentes; por consiguiente, no hay exclusión.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base de geopedología, ya que solamente aparece fase pedregosa y sin fase de pedregosidad, y no está expresada en los rangos propuestos para esta zonificación. Se asume que la pedregosidad afecta de forma directa la profundidad que requiere el cultivo de aguacate, y que la fase pedregosa tiene un contenido mayor a 35 %.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable de pedregosidad se tomó únicamente como se muestra en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa y no pedregosa, pero no especificando los rangos propuestos en este documento. Se hace la asunción que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor o igual a 35 %.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas con los gremios, los productores, la literatura y el Minagricultura, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin fase pedregosa y como tierras marginales (A3) aquellas con fase de pedregosidad.

| Rangos de aptitud | |
|--------------------------|---------|
| Pedregosidad | Aptitud |
| Sin fase de pedregosidad | A1 |
| Con fase de pedregosidad | A3 |

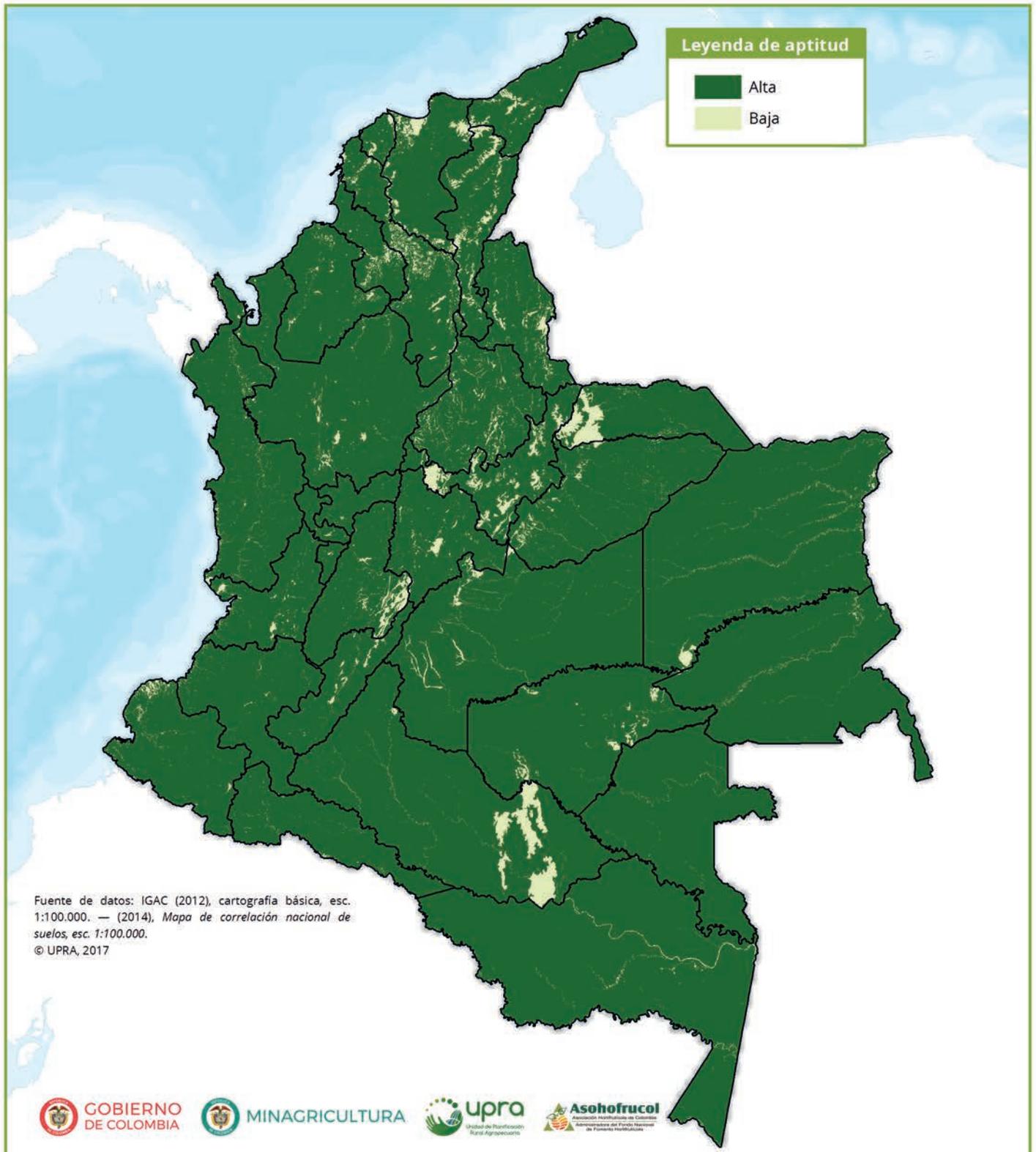
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC, 119.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A., y Forbes, T. (Edits.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. 44-46. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>.

Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones de enraizamiento
Variable pedregosidad

1.4 Criterio disponibilidad de humedad

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Regímenes de humedad y textura de los suelos. | | |

Definición

Capacidad que tienen los suelos de almacenar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo; considera los movimientos interno y externo del agua en el suelo, y se relaciona con el contenido de agua en el suelo y la posibilidad de retención durante el año, la cual depende a su vez, de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

El criterio está definido desde la interacción del régimen de humedad (número de días consecutivos o acumulados en que su sección control está seca, o sea humedad retenida a más de 15 bares o humedad < 15 bares, pero mayor a 0) y la clase textural de los suelos.

Importancia del criterio para el cultivo

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se ha considerado que los regímenes de humedad arídico, ácuico y perácuico no tienen aptitud (N1) para establecer cultivos comerciales de aguacate puesto que, en el primer caso, no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad; y en el segundo, el suelo está saturado con agua. El aguacate es una especie susceptible a los encharcamientos y a las inundaciones, la planta se asfixia con facilidad y se vuelve vulnerable al ataque de patógenos en el sistema radical. El tercer caso representa ausencia de oxígeno; por consiguiente, significa intoxicación a nivel de las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción. Para la textura, no se consideraron clases excluyentes.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 son asociaciones. Para cada variable que conforma el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que,

dentro de la unidad, existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que corresponden a aptitudes diferentes.

Valor de ponderación del criterio: 3,3 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio de disponibilidad de nutrientes se extractaron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que da la calificación técnicamente considerada en cada una de las variables:

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada variable representa en el desarrollo ideal del cultivo. Diferentes niveles de aptitud están en función de la disponibilidad de humedad para el cultivo comercial de aguacate Hass que redundará en su respuesta en crecimiento, formación de frutos, calidad y rendimiento.

| Árbol de decisión del criterio | | |
|--------------------------------|----------------------------------|---------|
| Régimen de humedad | Textura | Aptitud |
| Údico | Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F | A1 |
| | FA, L, FL | A1 |
| | A, AF | A3 |
| Ústico | Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F | A2 |
| | FA, L, FL | A2 |
| | A, AF | A3 |
| Arídico, ácuico y perácuico | Cualquiera | N1 |

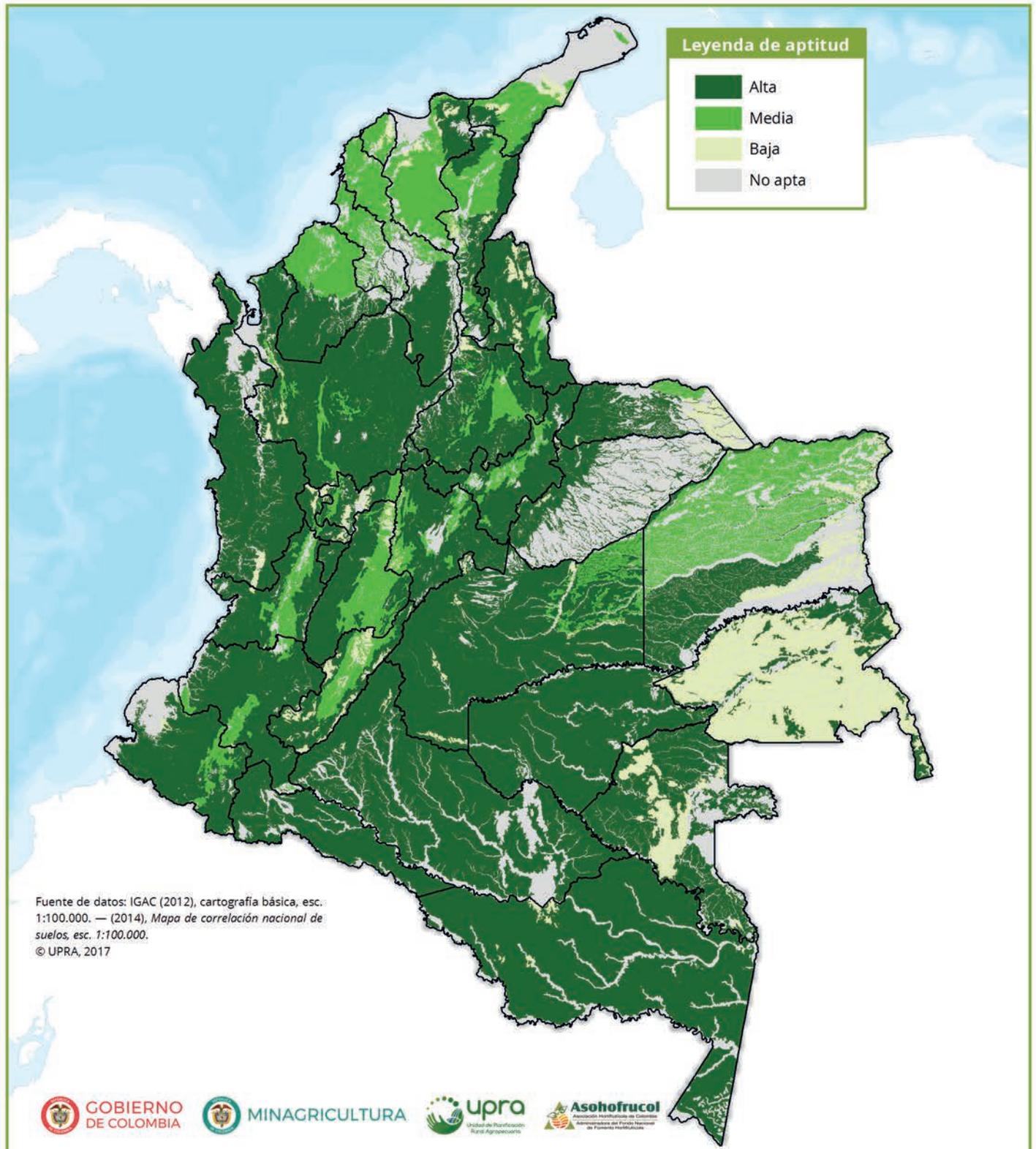
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: Subdirección de Agrología.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio disponibilidad de humedad

1.4.1 Variable régimen de humedad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD | | |
| VARIABLE: RÉGIMEN DE HUMEDAD | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASE TEXTURAL) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Los regímenes de humedad del suelo se definen en términos del nivel de agua subterránea y de la presencia o ausencia de agua retenida a una tensión inferior a 1500 kPa en la sección de control (USDA, 2014).

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

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

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

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

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

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

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

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

- a) 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 cm está por encima de 5 °C.
- b) Húmeda en alguna o en todas partes por menos de noventa (90) días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 8 °C.

Importancia de la variable para el cultivo

La disponibilidad natural de agua en el suelo es muy importante para el desarrollo del cultivo comercial de aguacate Hass, más cuando hay muy poca infraestructura de riego.

El régimen de humedad del suelo se relaciona con las características climáticas de la zona y con las clases texturales dominantes en el suelo; en consecuencia, se considera 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. El régimen de humedad údico es el óptimo para el cultivo de aguacate, debido a que se asocia al régimen de lluvias bimodal.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Se excluyen los regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (régimen ácuico y perácuico) o por déficit (régimen árido), debido a que requieren grandes obras de adecuación de tierras, orientadas al drenaje en el primer caso y al riego para el segundo.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales, representan unidades cartográficas denominadas asociaciones (tienen dos o más componentes taxonómicos), se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje. Esto significa que dentro de un área determinada existen regímenes de humedad diferente al que se está calificando.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso de evaluación de la variable se realizó a partir de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos que no tienen definido

el régimen de humedad dentro de este mapa, se complementaron interpretando la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se consideran para el cultivo comercial del aguacate los siguientes rangos de aptitud:

| Régimen de humedad | Aptitud |
|---------------------------|---------|
| Údico | A1 |
| Ústico | A2 |
| Árido, ácuico y perácuico | N1 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

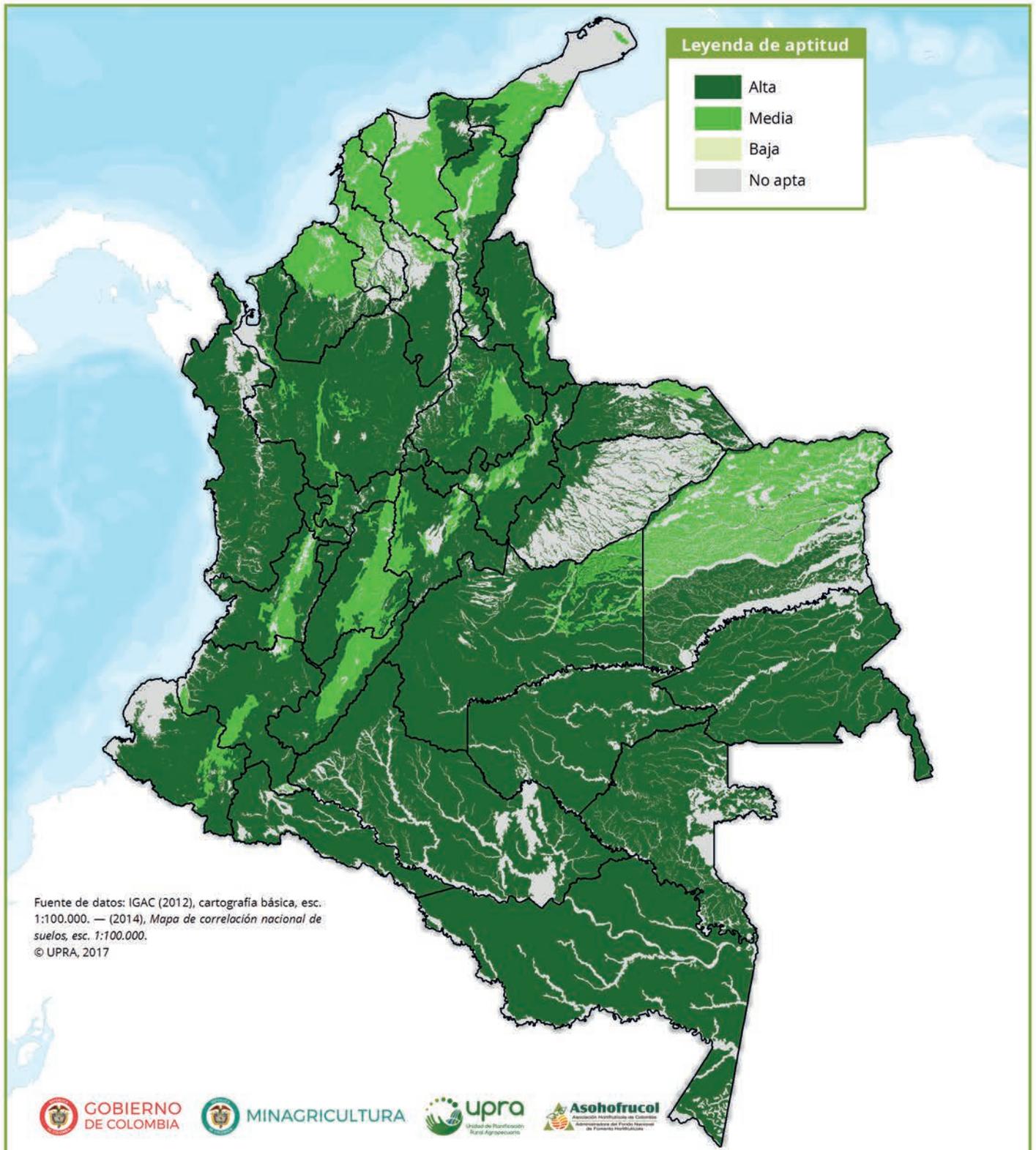
Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- (IGAC). (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: Subdirección de Agrología IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos (Décima segunda ed.)*. (C. A. Ortiz-Solorio, E. Gutiérrez-Castorena, y M. Gutiérrez-Castorena, Trads.) Departamento de Agricultura de EE. UU. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf>

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de humedad
Variable régimen de humedad

1.4.2 Variable textura

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD | | |
| VARIABLE: TEXTURA | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASE TEXTURAL) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

«El término “textura” hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelos, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “Tierra fina” del suelo, es decir, en la Tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm» (sic) (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales de acuerdo con el triángulo textural (IGAC, 2010), se consignan en la siguiente tabla:

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

Importancia de la variable para el cultivo

Es una variable de importancia en la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass porque propicia los tipos de interacciones que pueden ocurrir entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente.

La textura del suelo es una propiedad física que se utiliza con el propósito de evaluar las variables de capacidad para retener agua, (texturas finas retienen más agua que las texturas gruesas), capacidad de intercambio catiónico (capacidad para

retener elementos nutritivos), permeabilidad e índices de plasticidad; en taxonomía se usa como parámetro para clasificar los suelos.

En la medida en que los suelos presentan 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.

También se relaciona con la porosidad donde el espacio entre partículas permite que circule el oxígeno, lo que favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Si bien es cierto que las diferentes clases texturales tienen capacidades muy diferentes de retener agua, no se considera que alguna de ellas se excluya por su mínima o máxima capacidad de retención, aunque los rendimientos sean diferentes.

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. La calificación se realizó sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico con mayor representatividad. Por consiguiente, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no pueden ser representadas espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

Esta variable se define con base en los requerimientos del cultivo de aguacate consultados a los diferentes gremios y productores, en relación con el crecimiento y buen desarrollo vegetativo durante el ciclo de producción.

La asignación de los rangos radica en que, a mayor contenido de arcillas, el suelo tiene mayor capacidad de retener humedad, lo cual servirá de reserva para los periodos en los que la lluvia disminuye.

La información base para determinar la textura en las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos IGAC (2014). A partir de esta base de datos, se realizó una reclasificación de acuerdo con los rangos definidos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales con mayor contenido de arcillas se califican con aptitud alta (A1), porque estas favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias.

Las clases texturales con aptitud media (A2) tienen mejor balance entre las partículas finas y las gruesas; en consecuencia, la retención de humedad se encuentra en un nivel intermedio.

Las clases texturales gruesas se determinaron con aptitud baja (A3), debido al dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla, lo que desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate.

| Rangos de aptitud | |
|----------------------------------|---------|
| Textura | Aptitud |
| Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F | A1 |
| FA, L, FL | A2 |
| A, AF | A3 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

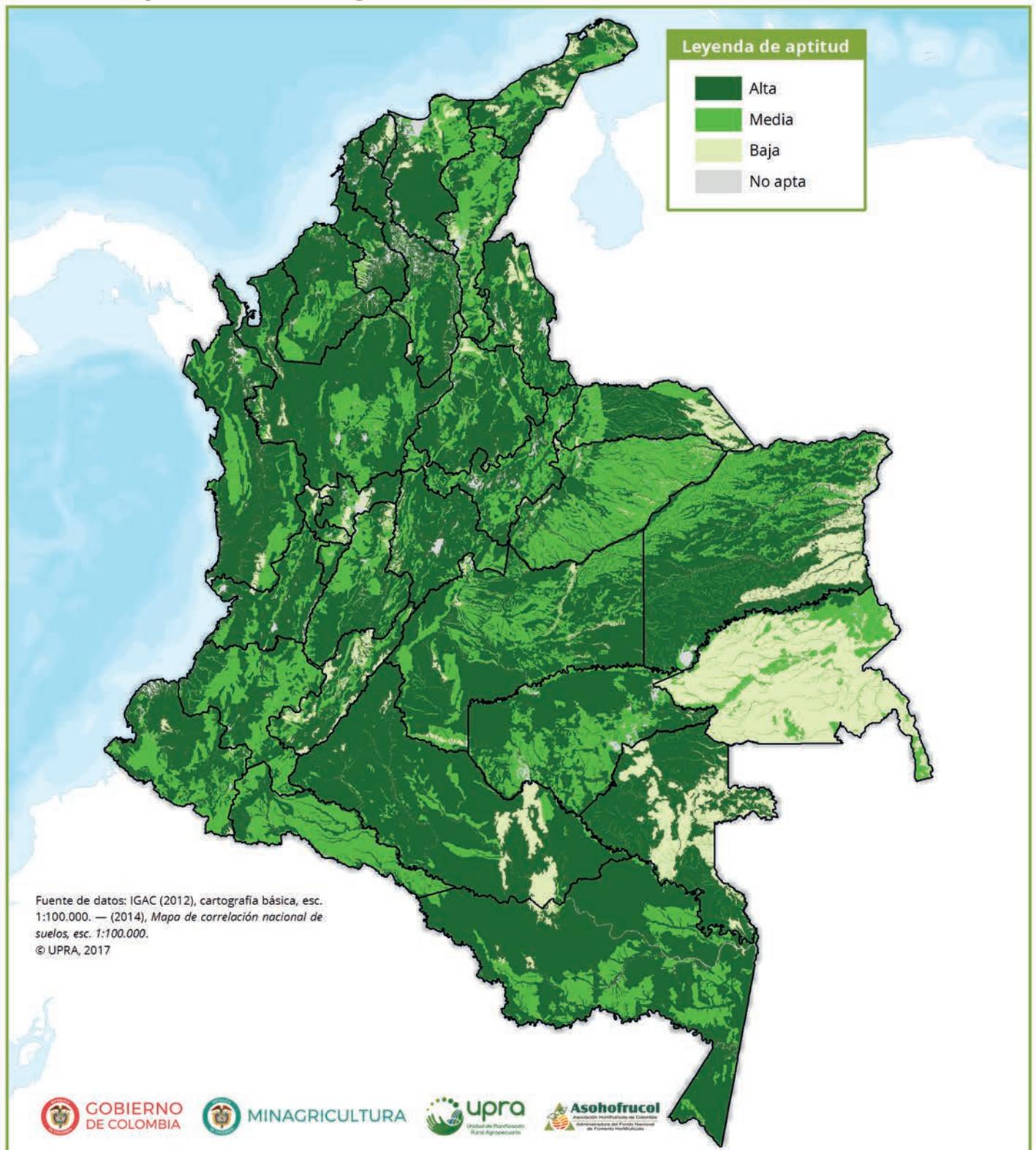
Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento*. Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales, Bogotá.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de humedad
Variable textura

1.5 Criterio disponibilidad de oxígeno

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Susceptibilidad a inundaciones y drenaje natural. | | |

Definición

Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros de este permiten la libre circulación del CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.

Importancia del criterio para el cultivo

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

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Debido a los largos periodos de saturación de agua, se ha considerado que los suelos con drenaje natural pobre y muy pobre no tienen aptitud para establecer cultivos de aguacate variedad Hass, ya que representan ausencia de oxígeno; por consiguiente, significan niveles de intoxicación a nivel de las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción comercial de los frutos.

Los terrenos que son susceptibles a inundaciones frecuentes o muy frecuentes también se consideran no aptos para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Limitantes de la evaluación del criterio

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

La falta de información de la periodicidad y duración de las inundaciones impide precisión en la delimitación de las áreas no aptas para el cultivo, solamente permite conocer si el polígono de suelos es o no es inundable.

Valor de ponderación del criterio: 10,4 %

Metodología de procesamiento de la información

Para las clases de aptitud por susceptibilidad a inundaciones y drenaje natural se tomó como base el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que da la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables:

| Inundaciones | Aptitud | Drenaje natural | Aptitud |
|----------------------------|---------|------------------|---------|
| No hay | A1 | Bueno, excesivo | A1 |
| Ocasionales | A2 | Moderado | A2 |
| Frecuentes, muy frecuentes | N1 | Imperfecto | A3 |
| | | Pobre, muy pobre | N1 |

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de aptitud para el criterio están en función de las variables que afectan el desarrollo del cultivo, así:

| Árbol de decisión del criterio | | |
|--------------------------------|----------------------------|---------|
| Drenaje natural | Inundaciones | Aptitud |
| Bueno y excesivo | No hay | A1 |
| | Ocasionales | A1 |
| | Frecuentes, muy frecuentes | N1 |
| Moderado | No hay | A1 |
| | Ocasionales | A2 |
| | Frecuentes, muy frecuentes | N1 |
| Imperfecto | No hay | A3 |
| | Ocasionales | A3 |
| | Frecuentes, muy frecuentes | N1 |
| Pobre y muy pobre | Cualquiera | N1 |

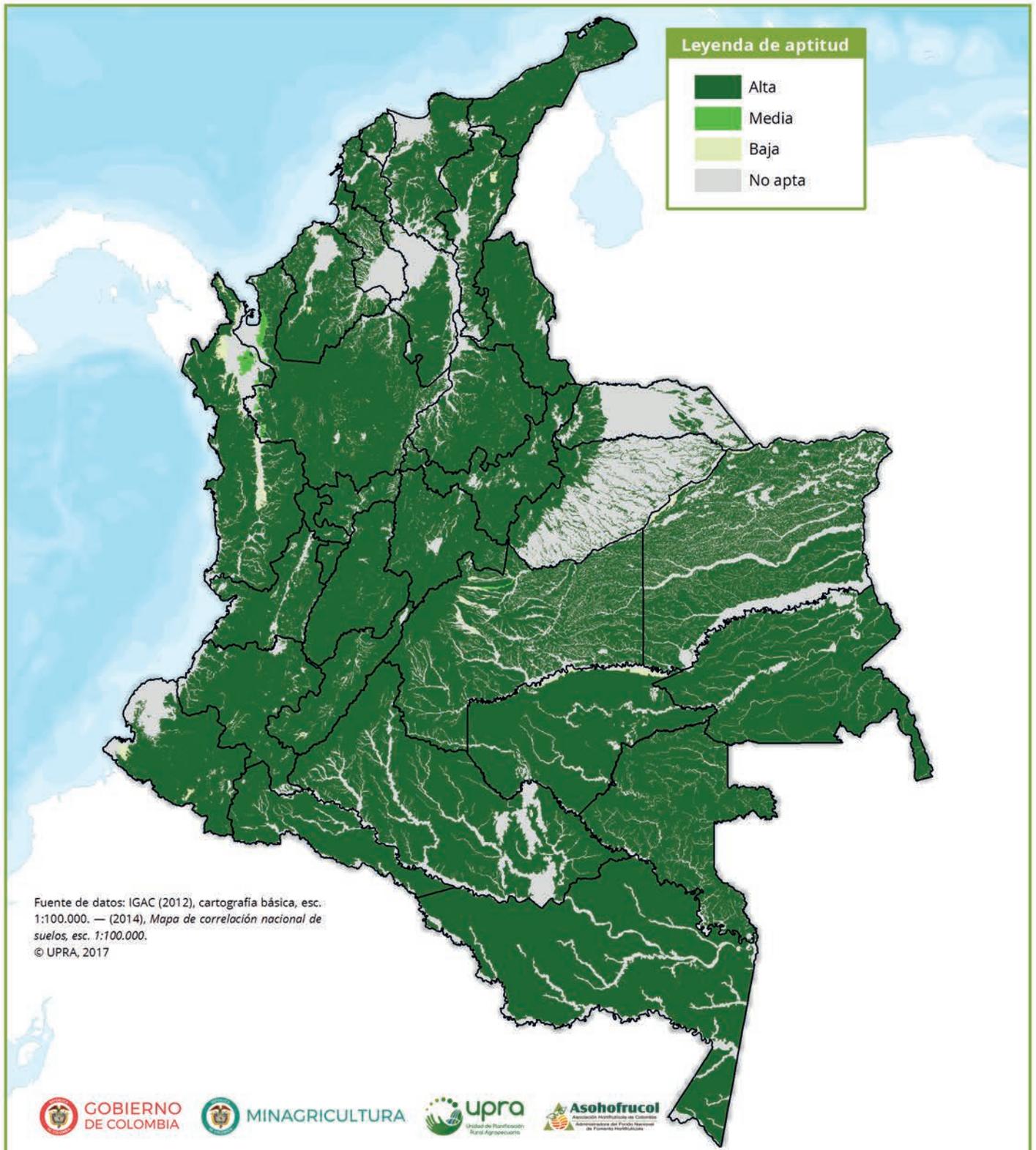
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio disponibilidad de oxígeno

1.5.1. Variable susceptibilidad a inundaciones

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO | | |
| VARIABLE: SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

De acuerdo con la Unesco, la inundación se define como 1) desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua; y 2) acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (WMO-Unesco, 2012).

La inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas, a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento sucede cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este fenómeno ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (basines o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).

El IGAC clasifica las inundaciones y los encharcamientos dependiendo de la frecuencia con que ocurren y la duración, de acuerdo con las siguientes tablas:

| Clases de frecuencias de las inundaciones o encharcamientos | |
|---|----------------------------|
| Clase | Evento |
| No hay | - |
| Rara | Una (1) cada 10 o más años |
| Ocasional | Una (1) cada 2 a 5 años |
| Frecuente | Una (1) a dos (2) por año |
| Muy frecuente | Más de dos (2) por año |

| 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 |

Importancia de la variable para el cultivo

Las inundaciones generalmente afectan el desarrollo de la mayor parte de las plantas, aún más cuando duran largos periodos de tiempo.

La tolerancia a las inundaciones y a encharcamientos depende de cada especie vegetal. El cultivo de aguacate variedad Hass no tolera encharcamientos e inundaciones y es muy susceptible a enfermedades y muerte de los árboles por efecto del exceso de agua en la zona radical.

Para el caso concreto de esta zonificación de aptitud, se toma la información de forma indirecta según la frecuencia de inundaciones, de acuerdo con la relación con las zonas inundables identificadas en los mapas de suelos del país.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Se excluyen las áreas que presentan o son susceptibles a las inundaciones y a encharcamientos frecuentes y muy frecuentes, debido a que allí se reduce la disponibilidad de oxígeno y se afecta la producción óptima de este cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos, muchas unidades cartográficas no registran información sobre fases por inundación o encharcamiento; por consiguiente, para la presente zonificación de aptitud, se incluyó su análisis, tomando como base algunas formas de terreno, tipos de relieve, información de los perfiles modales y también el 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

Se tomó como base el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) y se procedió a inferir el tiempo de duración con las variables de paisaje, drenaje natural e interpretación de los nombres taxonómicos, en los casos en que no se tiene información.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El establecimiento de los rangos de aptitud se discrimina por la frecuencia de las inundaciones según la evaluación de su probable ocurrencia.

En las áreas donde no se registran inundaciones la aptitud es alta (A1), mientras que los terrenos frecuente o muy frecuentemente inundables no tienen aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate.

| Rangos de aptitud | |
|--------------------------------|---------|
| Susceptibilidad a Inundaciones | Aptitud |
| No hay | A1 |
| Ocasionales | A2 |
| Frecuentes y muy frecuentes | N1 |

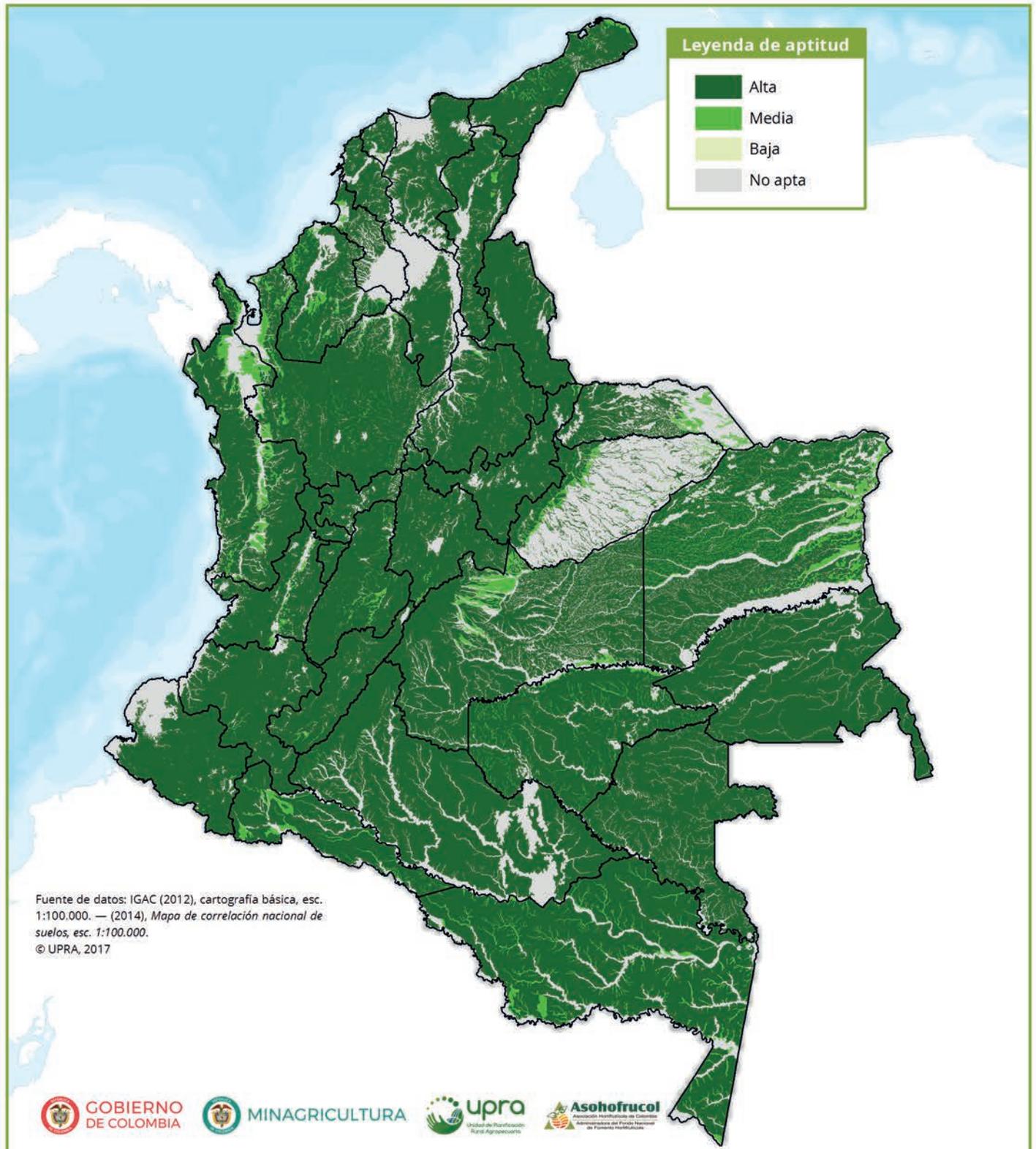
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC et al. (2012). *Conflictos de uso del territorio colombiano. Mapa nacional de vocación de uso de la tierra, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra, Suiza. Recuperado de <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002218/221862M.pdf>>

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de oxígeno
Variable susceptibilidad a inundaciones

1.5.2 Variable drenaje natural

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO | | |
| VARIABLE: DRENAJE NATURAL | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASE DE DRENAJE) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Se define como la rapidez y el grado de eliminación de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).

El drenaje natural combina los drenajes interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre la pendiente, la escorrentía y la infiltración, y las evidencias de procesos de óxido-reducción, colores gley, así como la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

Las clases de drenaje natural son muy pobre, pobre, imperfecto, moderado, bueno (bien), moderadamente excesivo y excesivo. Está en función de la pendiente, la forma de terreno y la permeabilidad.

Importancia de la variable para el cultivo

El cultivo de aguacate variedad Hass no es tolerante a suelos pobre y muy pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna y de la escorrentía.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Para el cultivo de aguacate se excluyen los suelos con drenaje natural pobre y muy pobre, debido a que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año.

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, sin que se pueda discriminar qué sectores pueden ser favorables o desfavorables para el establecimiento del cultivo.

Metodología de procesamiento de la información

La metodología utilizada para evaluar la variable de drenaje natural consistió en la utilización de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos en que no se tiene información sobre el drenaje natural, dentro de la capa de geopedología, esta se complementa interpretando la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de aptitud son los siguientes: los suelos bien drenados y excesivamente drenados tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; el drenaje natural moderado tiene aptitud media (A2), por requerir de algunas obras de drenaje para optimizar el oxígeno disponible; el drenaje natural imperfecto tiene aptitud baja (A3) por falta de oxígeno disponible y, por ende, requiere de obras de mayor envergadura para adecuarlo. Se considera que los drenajes pobre y muy pobre no son aptos para el cultivo por tener agua en o cerca de la superficie del suelo la mayor parte del tiempo.

| Rangos de aptitud | |
|-------------------|---------|
| Drenaje natural | Aptitud |
| Bueno y excesivo | A1 |
| Moderado | A2 |
| Imperfecto | A3 |
| Pobre y muy pobre | N1 |

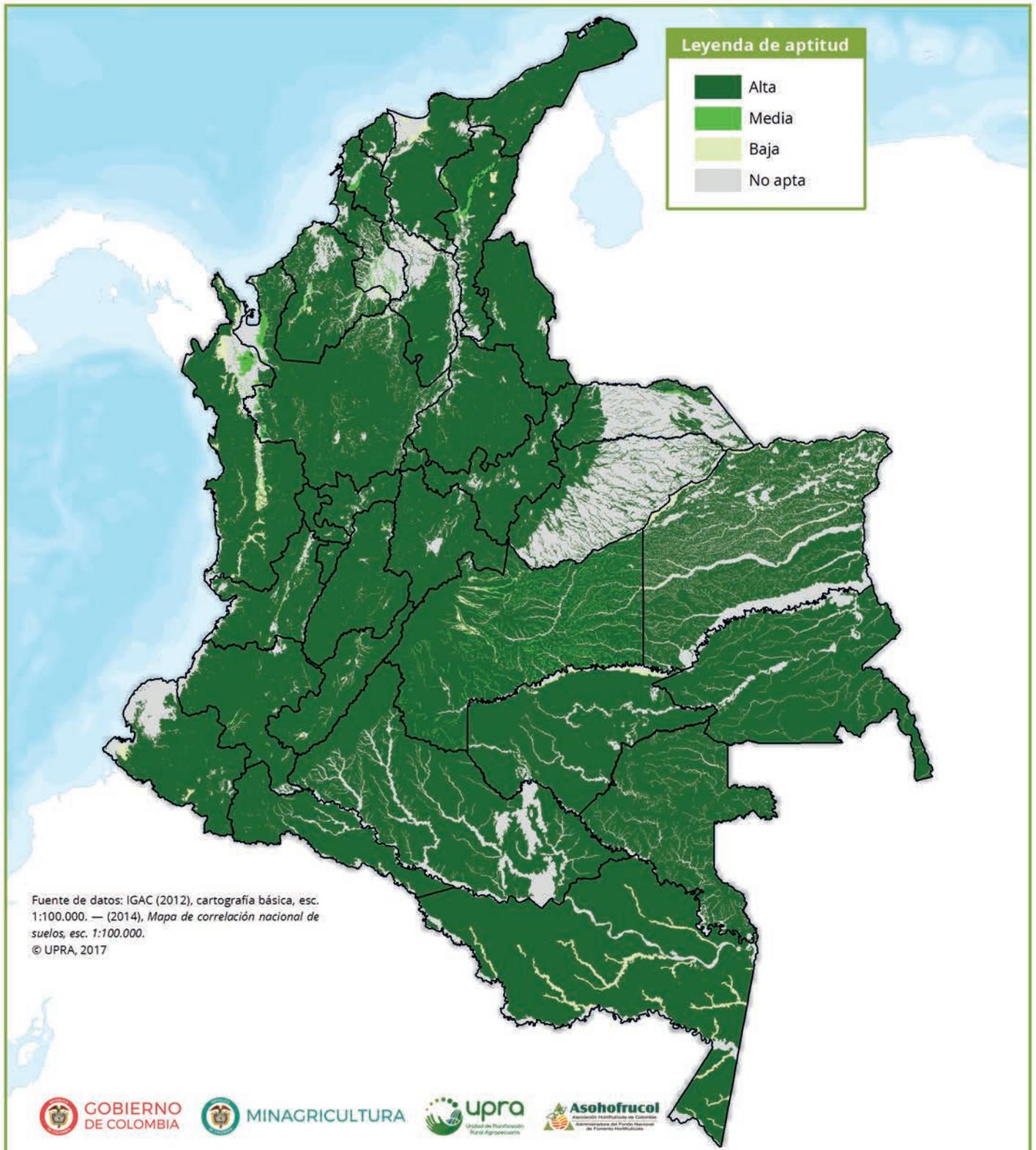
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Montenegro, H. y Malagón, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC, 813 pp.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de oxígeno
Variable drenaje natural

1.6 Criterio disponibilidad de nutrientes

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Acidez (pH), saturación de bases, carbono orgánico y capacidad de intercambio catiónico. | | |

Definición

La cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos, en cantidades adecuadas y en un balance apropiado, para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961). Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y los elementos menores, esenciales para el desarrollo de los frutos.

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

Importancia del criterio para el cultivo

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes —es decir que la saturación de bases sea alta y esté acompañada de capacidad de intercambio catiónico alta— las plantas tienen la posibilidad de obtenerlos del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en un buen desarrollo de los cultivos y la adecuada formación de los frutos. Por otro lado, cuando las plantas están bien desarrolladas, tienen mayores posibilidades de superar los ataques de las plagas y enfermedades.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se considera que las áreas donde los pH sean menores a 4,0 y mayores a 8,4 no son aptas para el cultivo, debido a que estos valores extremos presentan restricciones para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes por parte de las plantas de aguacate.

Limitantes de la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 son asociaciones. Para cada variable que conforma el criterio, se califica el componente

taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de la unidad, existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que corresponden a aptitudes diferentes.

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

Valor de ponderación del criterio: 1,7 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio de disponibilidad de nutrientes se extractaron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que da la calificación que se consideró en cada una de las variables:

| Acidez (pH) | Aptitud | Saturación de bases (%) | Aptitud |
|-----------------------|---------|-------------------------|---------|
| 5,5 - 6,5 | A1 | > 35 | A1 |
| 5,0 - 5,4 y 6,6 - 7,3 | A2 | ≥ 10 - < 35 | A2 |
| 4,0 - 4,9 y 7,4 - 8,4 | A3 | < 10 | A3 |
| < 4,0 y > 8,4 | N1 | | |

| Carbono orgánico (%) | Aptitud | CIC (cmol/kg de suelo) | Aptitud |
|---------------------------------------|---------|------------------------|---------|
| > 1,70 - ≤ 10; andisoles ≥ 1,7 - ≤ 15 | A1 | > 20 | A1 |
| ≥ 0,50 - ≤ 1,70; > 10; andisoles > 15 | A2 | ≥ 10 - ≤ 20 | A2 |
| < 0,50; histosoles | A3 | < 10 | A3 |

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los diferentes niveles de aptitud se discriminaron mediante la construcción de una tabla de ponderación en la cual se da un valor de importancia a cada una de las variables que conforman el criterio. El porcentaje representa la importancia en el desarrollo ideal del cultivo (pH y CIC, 30 % cada una y carbono orgánico y saturación de bases 20 % cada una).

Por los inconvenientes que presenta el exceso de materia orgánica en la absorción de los elementos menores, se consideró que los andisoles con menos de 15 % tienen aptitud A1 y los mayores de esta cantidad, A2; los histosoles tendrán aptitud A3.

| Árbol de decisión del criterio | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------|
| Acidez (pH) | Capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg de suelo) | Saturación de bases (%) | Carbono orgánico (%) | Aptitud |
| 5,5 - 6,5 | > 20 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A1 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A1 |
| | | | > 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 15 | A1 |
| | | | < 0,50 | A1 |
| | | Histosoles | A1 | |
| | | ≥ 10 - ≤ 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A1 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A1 |
| | | | > 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 15 | A1 |
| | | | < 0,50 | A2 |
| | | Histosoles | A2 | |
| | | < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A1 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 |
| | | | > 10 | A2 |
| | Andisoles > 15 | | A2 | |
| | < 0,50 | | A2 | |
| | Histosoles | A2 | | |
| | ≥ 10 - ≤ 20 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A1 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A1 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A1 |
| | | | > 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 15 | A1 |
| | | | < 0,50 | A2 |
| | | Histosoles | A2 | |
| | | ≥ 10 - ≤ 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 |
| ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | | | A2 | |
| > 10 | | | A2 | |
| Andisoles > 15 | | | A2 | |
| < 0,50 | A2 | | | |
| Histosoles | A2 | | | |
| < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 | | |
| | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | | |
| | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 | | |
| | > 10 | A2 | | |
| | Andisoles > 15 | A2 | | |
| | < 0,50 | A3 | | |
| Histosoles | A3 | | | |

Continúa >>>

Árbol de decisión del criterio

| Acidez (pH) | Capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg de suelo) | Saturación de bases (%) | Carbono orgánico (%) | Aptitud | |
|--------------------|---|-------------------------|------------------------|------------------------|----|
| | < 10 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 | |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 | |
| | | | > 10 | A2 | |
| | | | Andisoles > 15 | A2 | |
| | | | < 0,50 | A2 | |
| | | Histosoles | A3 | | |
| | | ≥ 10 - ≤ 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 | |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 | |
| | | | > 10 | A3 | |
| | | | Andisoles > 15 | A3 | |
| | | | < 0,50 | A3 | |
| | | < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A3 | |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 | |
| | | | > 10 | A3 | |
| | | | Andisoles > 15 | A3 | |
| | < 0,50 | | A3 | | |
| | | > 20 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A1 |
| | | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A1 |
| | | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 |
| | | | | > 10 | A2 |
| | | | | Andisoles > 15 | A2 |
| < 0,50 | | | | A2 | |
| ≥ 10 - ≤ 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 | | | |
| | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | | | |
| | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 | | | |
| | > 10 | A2 | | | |
| | Andisoles > 15 | A2 | | | |
| | < 0,50 | A2 | | | |
| < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 | | | |
| | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 | | | |
| | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 | | | |
| | > 10 | A2 | | | |
| | Andisoles > 15 | A2 | | | |
| | < 0,50 | A3 | | | |
| Histosoles | A3 | | | | |

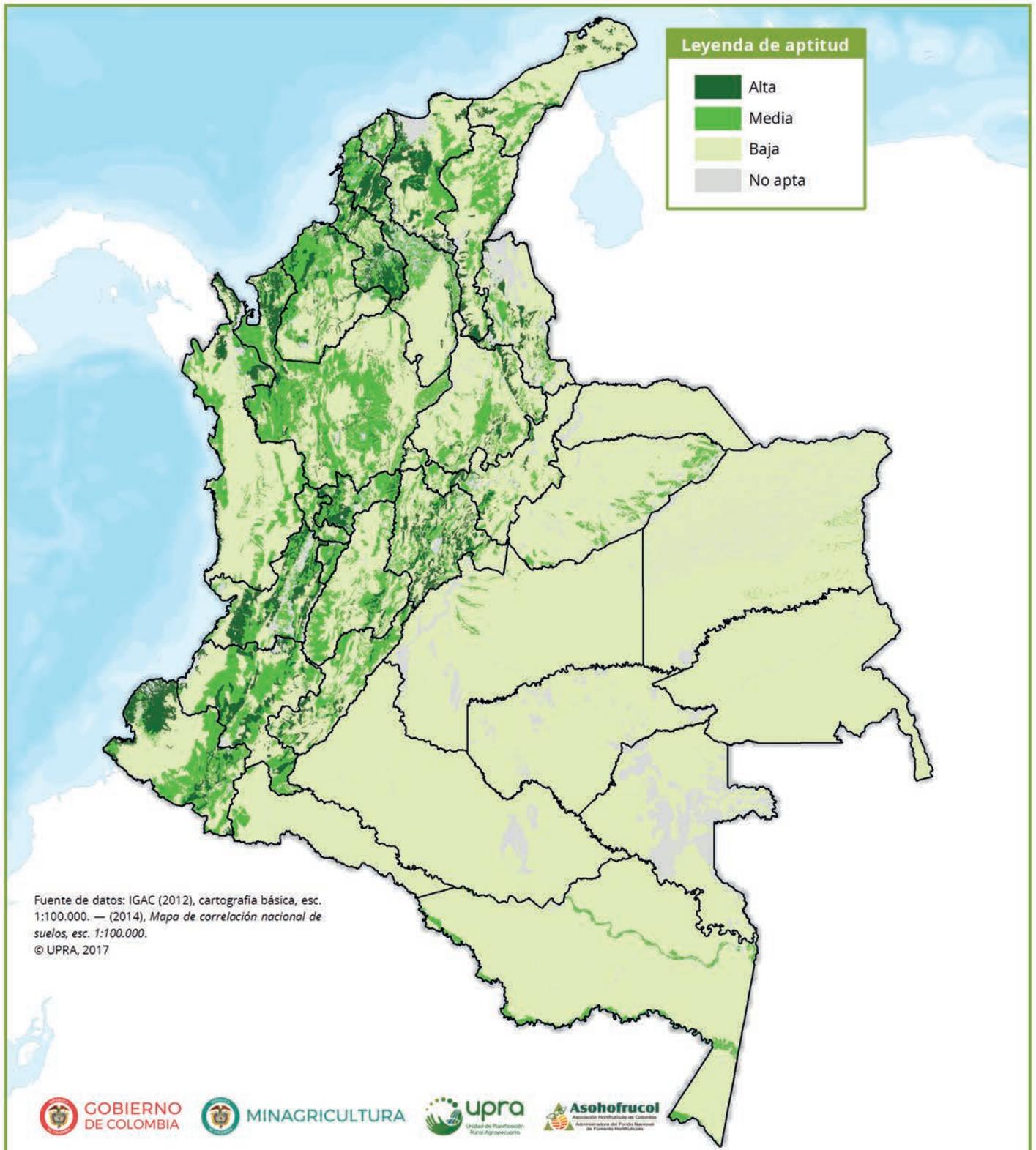
Continúa >>>

| Árbol de decisión del criterio | | | | |
|--------------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------|
| Acidez (pH) | Capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg de suelo) | Saturación de bases (%) | Carbono orgánico (%) | Aptitud |
| | ≥ 10 - ≤ 20 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A2 |
| | | | > 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 15 | A2 |
| | | | < 0,50 | A3 |
| | | Histosoles | A3 | |
| | | ≥ 10 - ≤ 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 |
| | | | > 10 | A3 |
| | | | Andisoles > 15 | A3 |
| | < 0,50 | | A3 | |
| | Histosoles | A3 | | |
| | < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A3 | |
| | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A3 | |
| | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 | |
| | | > 10 | A3 | |
| | | Andisoles > 15 | A3 | |
| | | < 0,50 | A3 | |
| | Histosoles | A3 | | |
| | < 10 | > 35 | > 1,7 - ≤ 10 | A2 |
| | | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A2 |
| | | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 |
| > 10 | | | A3 | |
| Andisoles > 15 | | | A3 | |
| < 0,50 | | | A3 | |
| Histosoles | | A3 | | |
| ≥ 10 - ≤ 35 | | > 1,7 - ≤ 10 | A3 | |
| | | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A3 | |
| | | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 | |
| | | > 10 | A3 | |
| | | Andisoles > 15 | A3 | |
| | < 0,50 | A3 | | |
| Histosoles | A3 | | | |
| < 10 | > 1,7 - ≤ 10 | A3 | | |
| | Andisoles > 1,7 - ≤ 15 | A3 | | |
| | ≥ 0,50 - ≤ 1,70 | A3 | | |
| | > 10 | A3 | | |
| | Andisoles > 15 | A3 | | |
| | < 0,50 | A3 | | |
| Histosoles | A3 | | | |
| 4,0 - 4,9 y 7,4 - 8,4 | Cualquiera | Cualquiera | Cualquiera | A3 |
| < 4,0 y > 8,4 | Cualquiera | Cualquiera | Cualquiera | N1 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica del criterio



Criterio disponibilidad de nutrientes

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- FAO. (1976). «A Framework for Land Evaluation». En: *Soils Bulletin 32*. Roma: FAO.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. Soil Conservation Service*. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

1.6.1. Variable acidez (pH)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES | | |
| VARIABLE: ACIDEZ (PH) | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (CLASES DE ACIDEZ) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

pH: este término fue introducido por Sørensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H^+ (aH^+) como una función logarítmica. El pH puede definirse como:

$$pH = \frac{1}{(\log(aH^+))} = -\log aH^+ = -\log (aH^+)$$

Según el convenio hecho anteriormente para soluciones diluidas.

En la misma forma se define pOH como $pOH = -\log (OH^-)$.

Para el agua pura a 25 °C: $(H^+) \cdot (OH^-) = 1 \times 10^{-14}$

Tomando logaritmos:

$$\log (H^+) + \log (OH^-) = \log (1 \times 10^{-14})$$

$$\log (H^+) + \log (OH^-) = -14$$

multiplicando por - 1: $-\log (H^+) - \log (OH^-) = 14$

Sustituyendo: $pH + pOH = 14$

Cuando la concentración de H^+ es igual a la concentración de OH^- , se dice que el medio es neutro. Un medio ácido es aquel en que la concentración de iones H^+ es mayor que la concentración de OH^- . Medio básico es en el que la concentración de H^+ es menor que la concentración de OH^- . Según esto, el agua es una sustancia neutra y a 25 °C el pH de la neutralidad es 7.

Acidez: un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor a 10^{-7} o, lo que es lo mismo, un pH menor de 7. Sin embargo, la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5,5. Esto ha sido demostrado por muchos investigadores (IGAC, 1979).

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

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

Importancia de la variable para el cultivo

El pH es una de las propiedades fisicoquímicas más importantes de los suelos: de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas ya sea porque determina su solubilidad, como porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y, por consiguiente, la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la CIC de suelos y raíces, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes (IGAC, 1979).

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

- La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes que permanecen en forma no disponible para las plantas.
- El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan unos rasgos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de este rango, la absorción radicular se dificulta y, si los valores de pH son extremos, el sistema radical puede verse deteriorado o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).
- La actividad microbiana indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

La variable de pH en la zonificación del cultivo comercial de aguacate a escala 1:100.000 es el factor principal que determina el suministro de nutrientes en el suelo. Debido a que las reservas de nutrientes son generalmente insuficientes para cubrir la demanda del cultivo, deben ser complementadas o corregidas con la aplicación de enmiendas que permitan asegurar que el cultivo disponga de los nutrientes necesarios para alcanzar los máximos rendimientos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Los pH con valores entre $\leq 4,0$ y $> 8,4$ se consideran como suelos no aptos (N1) para el cultivo, debido a que estos valores extremos presentan restricciones para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes esenciales para las plantas de aguacate.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen pH diferente al componente calificado, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

| Acidez (pH) | Aptitud |
|-----------------------|---------|
| 5,5 - 6,5 | A1 |
| 5,0 - 5,4 y 6,6 - 7,3 | A2 |
| 4,0 - 4,9 y 7,4 - 8,4 | A3 |
| $< 4,0$ y $> 8,4$ | N1 |

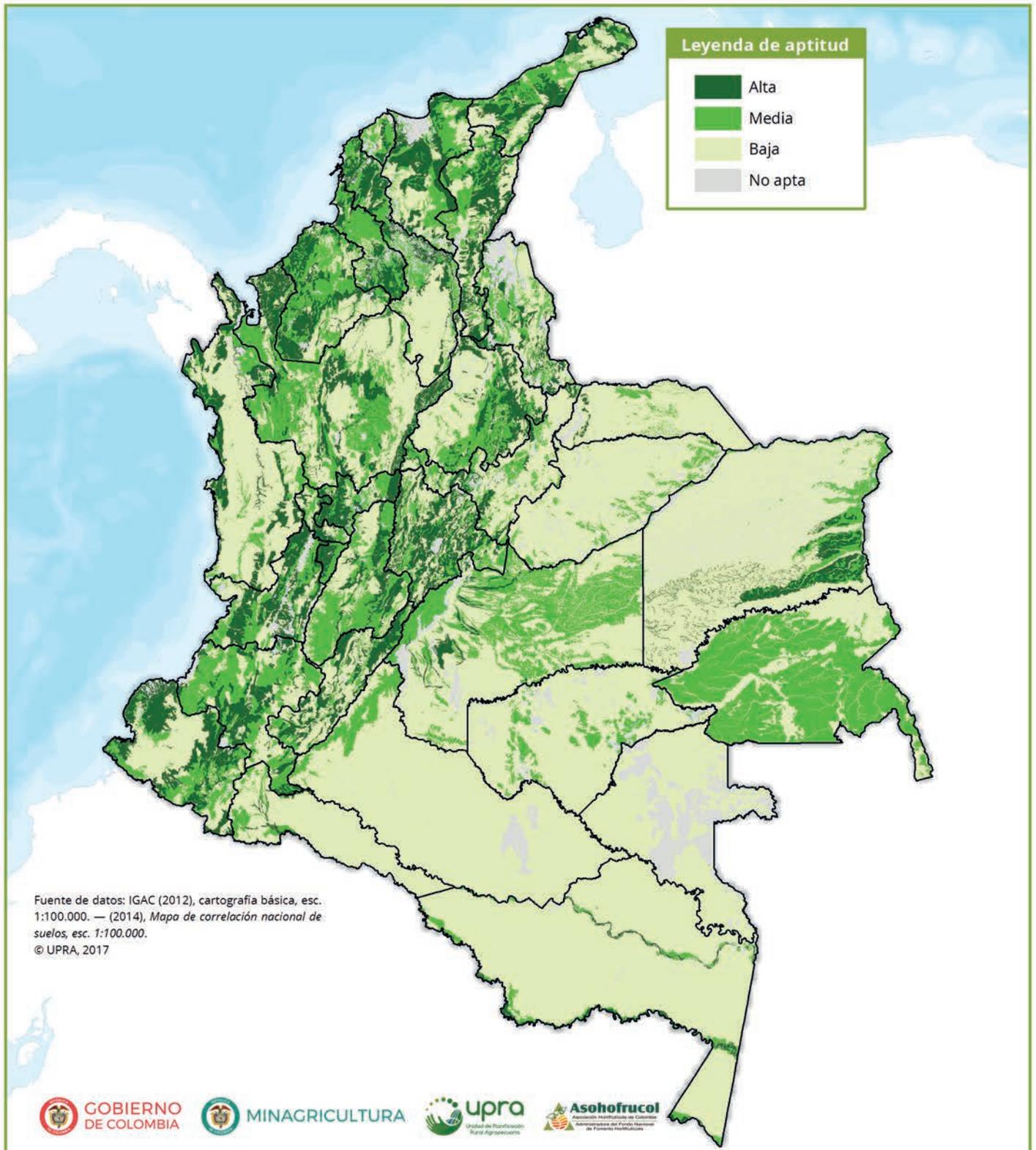
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Segunda ed. Bogotá: IGAC, pp. 30 y 128.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos* (manual de códigos). Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable acidez (pH)

1.6.2. Variable saturación de bases

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| 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 | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es el total de cationes cambiabiles (Ca, Mg, K y Na), expresado como un porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (Al y H) corresponde al complemento del 100 %.

Importancia de la variable para el cultivo

El porcentaje de saturación de bases es un indicador de la fertilidad del suelo y tiene relación directa con el pH.

Se ha considerado la saturación de bases en la zonificación del cultivo de aguacate, por la relación que hay con los valores del pH cuando los suelos son similares, es decir que los materiales parentales son muy parecidos; por ejemplo, en suelos derivados de arcillas caoliníticas: a menor pH, menor saturación de bases.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

No se determinó área no apta por esta variable, debido a que, en las unidades de tierras con baja saturación se pueden aplicar fertilizantes para regular el contenido de bases, como parte del manejo del cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones diferentes al componente mayor, por consiguiente, corresponden a niveles diferentes de aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

A continuación, se presentan los rangos seleccionados, que concuerdan con los límites de variación considerados en la tabla de clasificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con los gremios y productores:

| Rangos de aptitud | |
|-------------------------|---------|
| Saturación de bases (%) | Aptitud |
| > 35 | A1 |
| ≥ 10 - ≤ 35 | A2 |
| < 10 | A3 |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

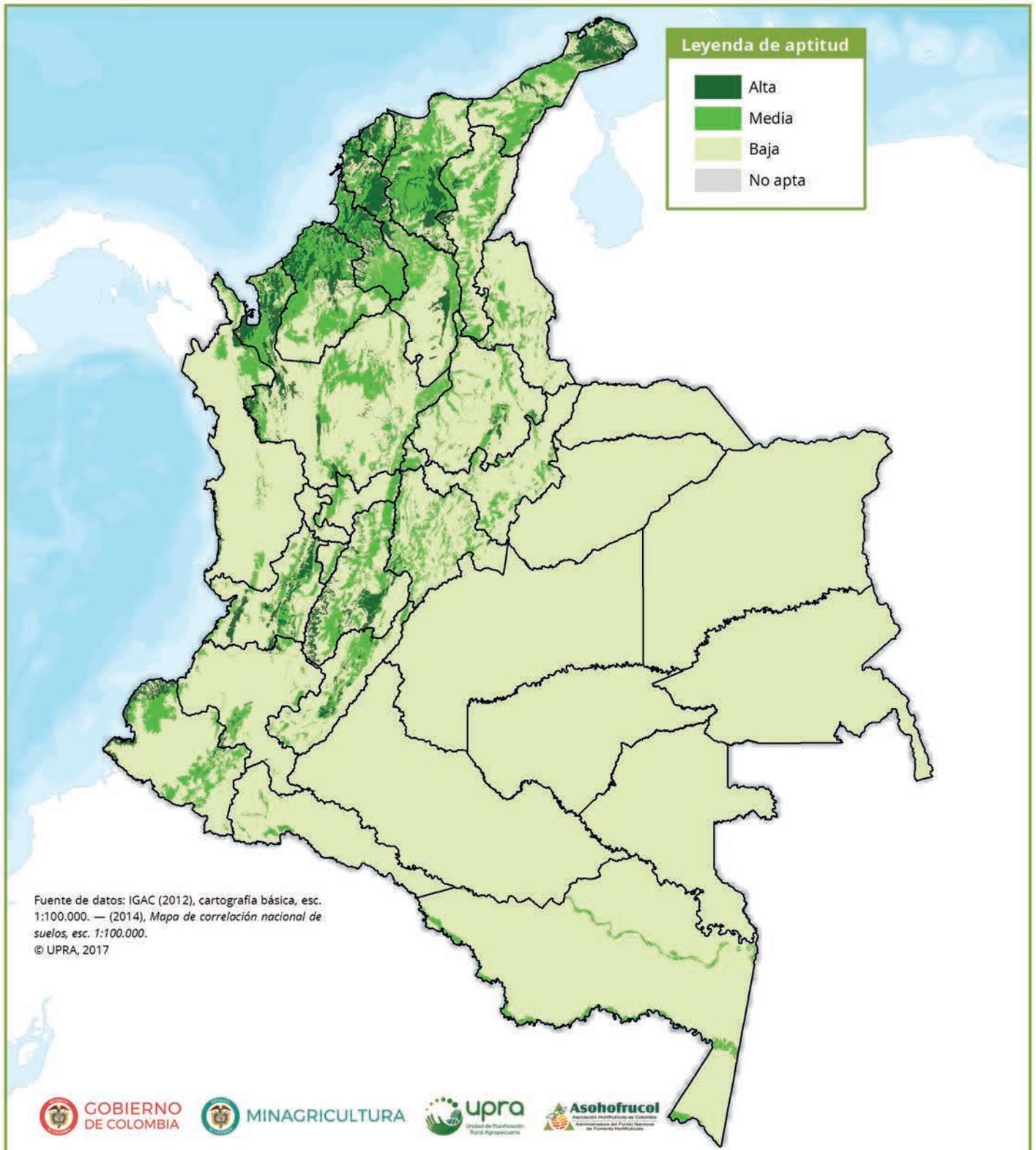
Fuentes de información

- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC, pp. 423-427.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable saturación de bases

1.6.3. Variable carbono orgánico

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES | | |
| VARIABLE: CARBONO ORGÁNICO | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

El carbono orgánico del suelo es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro.

La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos que están en diferentes etapas de descomposición, que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999; citado por Martínez *et al.*, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000; citado por Martínez *et al.*, 2008).

El contenido de materia orgánica en el suelo se mide por medio del porcentaje de carbono orgánico. En términos generales, el contenido de materia orgánica es cerca del doble del carbono orgánico.

Importancia de la variable para el cultivo

La materia orgánica del suelo, expresada como el contenido de carbono orgánico del suelo, es importante en la zonificación del cultivo comercial de aguacate por relacionarse con la cantidad y disponibilidad nutrientes al contener N, cuyo aporte mineral es escaso. La materia orgánica 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 a la parte biológica, el carbono es esencial, ya que proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular).

Por otro lado, los organismos del suelo descomponen los residuos orgánicos y así participan activamente en los ciclos de muchos elementos utilizados por las plantas. Además, toman parte en la formación y estabilización de la estructura y porosidad del suelo (Singer y Munns, 1996).

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

No se determinaron unidades de tierra no aptas por esta variable debido a que, en los sectores o lugares con bajos contenidos de carbono orgánico, se puede aplicar materia orgánica, compost o residuos de cosecha para mejorar el contenido.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

A continuación, se presentan los rangos seleccionados, que concuerdan con los límites de variación considerados en la tabla de clasificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con los gremios y productores:

| Carbono orgánico (%) | Aptitud |
|-----------------------|---------|
| > 1,70 - ≤10 | A1 |
| ≥ 0,50 - ≤ 1,70; > 10 | A2 |
| < 0,50 | A3 |

Los suelos que se clasifican como andisoles tienen altas cantidades de carbono orgánico, lo cual interfiere en la disponibilidad de los elementos menores; por consiguiente, se califican como A1 ($\geq 1,7 - \leq 15$), A2 (>15) y los histosoles como A3.

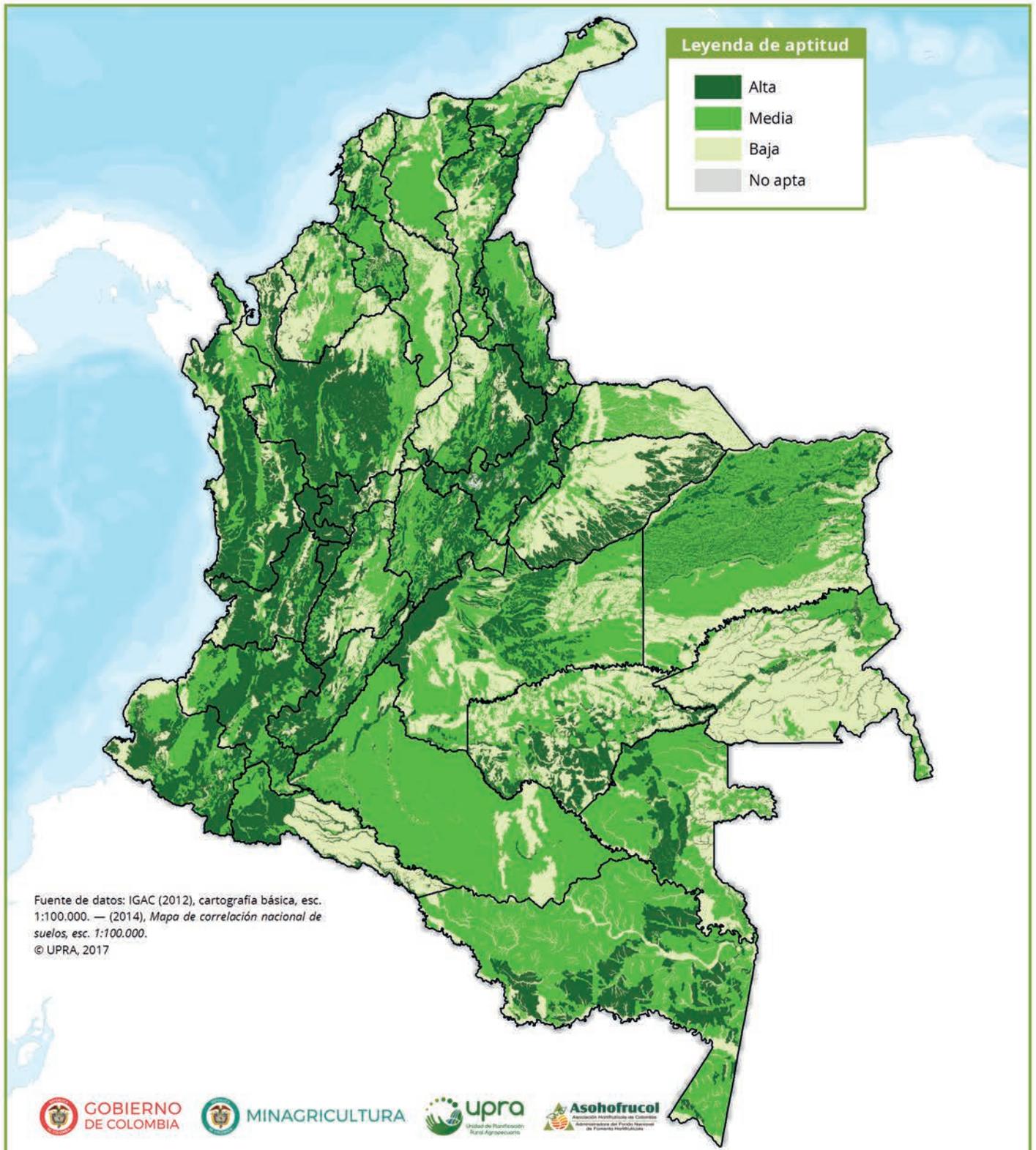
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*, Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Martínez, E., Fuentes, J., y Acevedo, E. (2008). «Carbono orgánico y propiedades del suelo». *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. Recuperado de <<http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/120129>>
- Singer, M., y Munns, D. (1996). *Soils: An introduction* (Tercera ed.). Pearson Prentice Hall.

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable carbono orgánico

1.6.4. Variable capacidad de intercambio catiónico

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES | | |
| VARIABLE: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO | UNIDAD DE MEDIDA: cmol/kg DE SUELO | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo mide la capacidad del suelo para retener cationes (Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn y NH_4 , entre otros), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y la regularización de la disponibilidad de nutrientes.

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

Importancia de la variable para el cultivo

La CIC se ha considerado en la zonificación para el cultivo de aguacate por ser una de las variables de mayor relevancia en la nutrición vegetal. Tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Es un indicador de la fertilidad de los suelos, dado que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y, por consiguiente, en la estructura y estabilidad de los agregados.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

No se determinaron áreas no aptas (N1) en esta variable, debido a que las unidades de tierras con baja CIC se pueden mejorar con la adición de materia orgánica, la cual, una vez humificada, incrementa la CIC de los suelos. La práctica más usada en suelos con poca capacidad de almacenamiento de nutrientes consiste en la fertilización fraccionada, para evitar que los elementos se lixivien al no ser retenidos por el suelo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad

dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen CIC con diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

A continuación, se presentan los rangos seleccionados, que concuerdan con los límites de variación considerados en la tabla de clasificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con los gremios y productores:

| CIC (cmol/kg de suelo) | Aptitud |
|------------------------|---------|
| > 20 | A1 |
| $\geq 10 - \leq 20$ | A2 |
| < 10 | A3 |

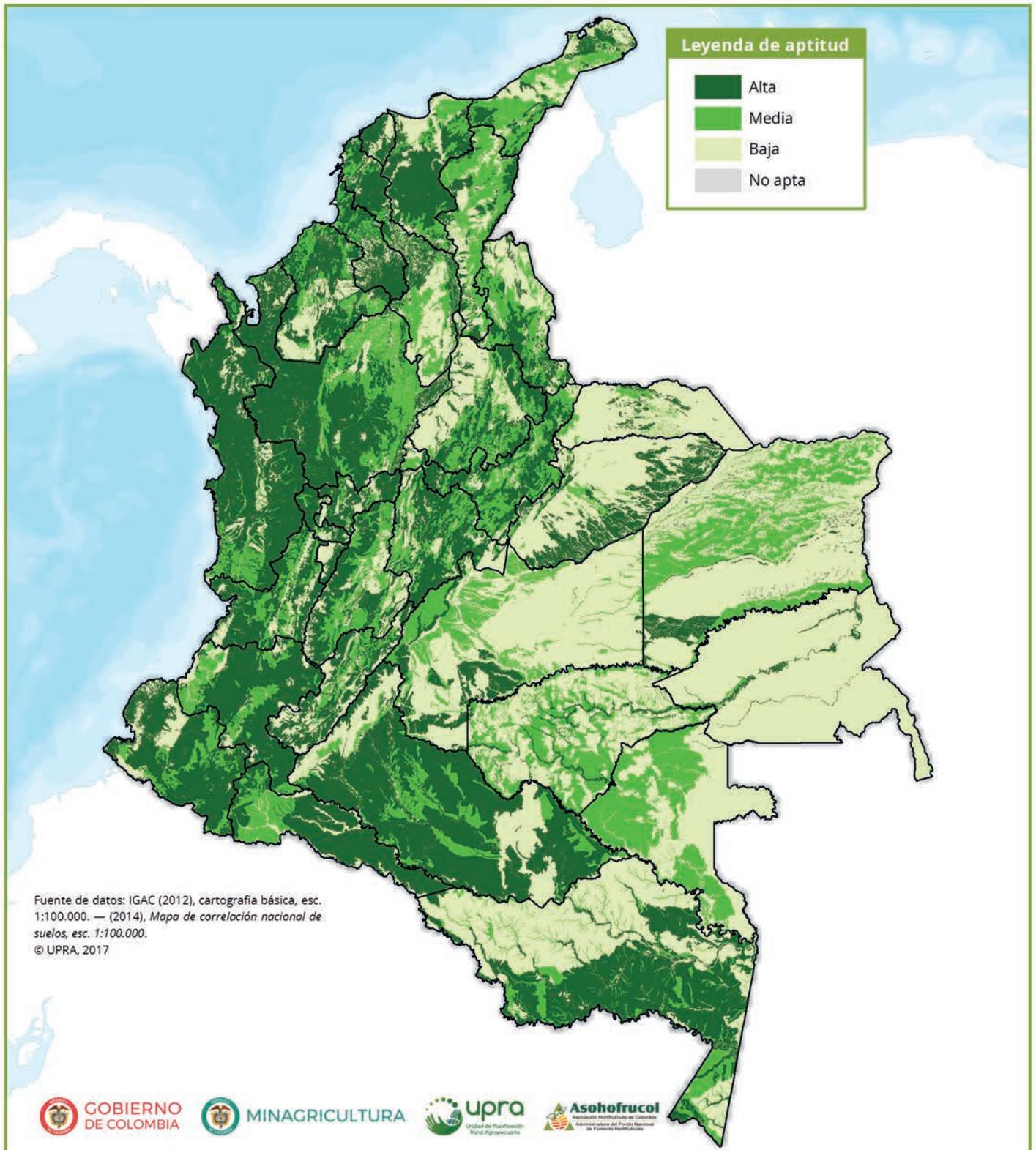
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, p. 270.
- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC, pp. 423-427.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable capacidad de intercambio catiónico

1.7 Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Salinidad o sodicidad y saturación de aluminio. | | |

Definición

Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn y Ni), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos), la saturación de sodio y la saturación de aluminio.

En Colombia, es importante la presencia de altas saturaciones de aluminio en suelos ácidos de clima húmedo, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio (Na).

Importancia del criterio para el cultivo

El Na, además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo, debido a su efecto dispersante, genera disminución del crecimiento de las raíces y necrosis en las hojas.

El aluminio (Al⁺⁺⁺) es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración, especialmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles a este elemento, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos; las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato), inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo por su fijación e impide la absorción de Ca, Mg y K.

Las sales aumentan el pH y afectan la absorción de K⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ y Ca⁺⁺ por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhiben la división celular.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

De acuerdo con la fisiología de las plantas, y teniendo en cuenta las propiedades de los suelos colombianos, las variables de salinidad y porcentaje de sodio tienen rangos que no son convenientes para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

No se aconseja el cultivo en suelos con salinidad mayor a 8 dS/m, ni con saturación de sodio superior al 15 % (PSI).

Limitantes de la evaluación del criterio

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

En cuanto a los contenidos de sales y sodio, el mapa de correlación nacional de suelos presenta una limitación y es que, en muchos casos, se refiere a la presencia o no presencia sin indicar rangos como los propuestos. En la concentración de aluminio sí existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

Valor de ponderación del criterio: 2,2 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio de toxicidad por sales, sodio y aluminio se extractaron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que da la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables:

| Saturación de aluminio (%) | Aptitud | Salinidad (CE dS/m) | Aptitud | Saturación de sodio (PSI) | Aptitud |
|----------------------------|---------|---------------------|---------|---------------------------|---------|
| ≤ 30 | A1 | ≤ 2 | A1 | ≤ 10 | A1 |
| > 30 - ≤ 60 | A2 | > 2 - ≤ 4 | A2 | > 10 - ≤ 15 | A2 |
| > 60 | A3 | > 4 - ≤ 8 | A3 | > 15 | N1 |
| | | > 8 | N1 | | |

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

Fuentes de información

- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

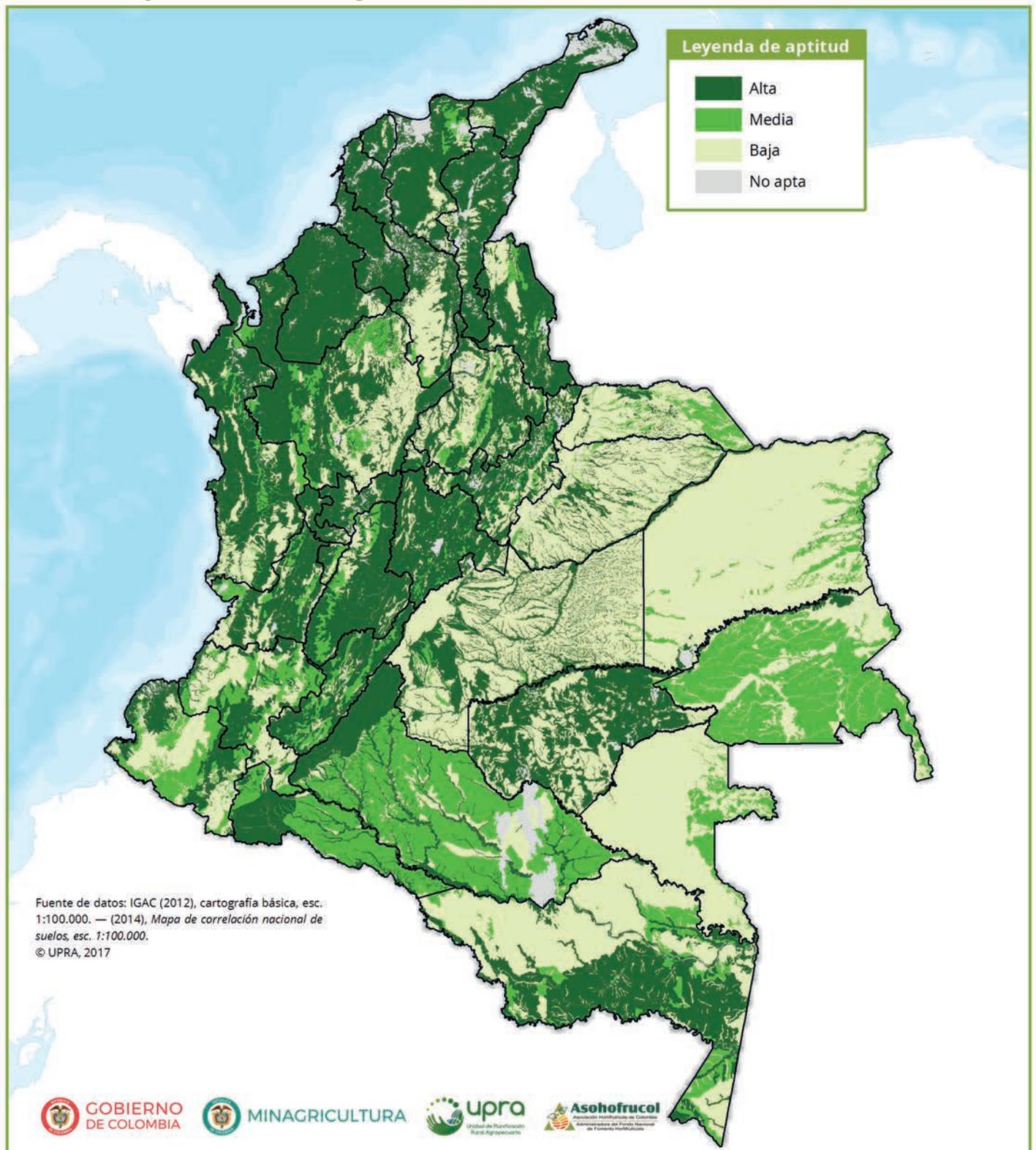
Los rangos de aptitud para el criterio están en función de las variables que afectan el desarrollo del cultivo, así:

| Árbol de decisión del criterio | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------|----|
| Saturación de aluminio (%) | Salinidad (CE dS/m) | Saturación de sodio (PSI) | Aptitud | |
| ≤ 30 | ≤ 2 | ≤ 10 | A1 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A1 | |
| | | > 15 | N1 | |
| | >2 - ≤ 4 | ≤ 10 | A1 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A2 | |
| | | > 15 | N1 | |
| | > 4 - ≤ 8 | ≤ 10 | A3 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A3 | |
| | | > 15 | N1 | |
| | > 8 | Cualquiera | N1 | |
| | > 30 - ≤ 60 | ≤ 2 | ≤ 10 | A2 |
| | | | > 10 - ≤ 15 | A2 |
| > 15 | | | N1 | |
| >2 - ≤ 4 | | ≤ 10 | A2 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A2 | |
| | | > 15 | N1 | |
| > 4 - ≤ 8 | | ≤ 10 | A3 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A3 | |
| | | > 15 | N1 | |
| > 8 | | Cualquiera | N1 | |
| > 60 | | ≤ 2 | ≤ 10 | A3 |
| | | | > 10 - ≤ 15 | A3 |
| | > 15 | | N1 | |
| | >2 - ≤ 4 | ≤ 10 | A3 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A3 | |
| | | > 15 | N1 | |
| | > 4 - ≤ 8 | ≤ 10 | A3 | |
| | | > 10 - ≤ 15 | A3 | |
| | | > 15 | N1 | |
| | > 8 | Cualquiera | N1 | |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica del criterio



Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

1.7.1. Variable salinidad o sodicidad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO | | |
| VARIABLE: SALINIDAD O SODICIDAD | UNIDAD DE MEDIDA: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA dS/m Y PSI (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es el alto contenido de sales solubles o de sodio intercambiable en el suelo. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse con cantidad, como porcentaje de sales en el suelo o cantidad de aniones en la fracción de cambio. El Na se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural, se asocian con el fenómeno climático de aridez y con los materiales de origen ricos en sales, como sucede con algunas rocas sedimentarias. En forma adquirida, se relacionan con riegos prolongados de aguas de altos contenidos de sales, así como también con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con regímenes de humedad ústico.

En suelos salinos, el catión Na es el que predomina en la solución del suelo, mientras que los cationes Ca y Mg, debido a su mayor fuerza de adsorción, ocupan la mayor proporción de los iones dentro de la doble capa difusa (forma intercambiable) (IGAC, 1979).

Importancia de la variable para el cultivo

Los contenidos altos de sales solubles o de Na intercambiable elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos del cultivo. El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (IGAC, 1979).

Algunos sectores del país con aptitud para el cultivo de aguacate se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, lo que hace que el suelo sea susceptible a la salinización. Los altos contenidos de sales o de Na tienen los siguientes efectos en el desarrollo de las plantas:

- La salinidad influye en los valores del pH y, en consecuencia, afecta la disponibilidad de los nutrientes.
- Afecta el ritmo de absorción de K^+ , nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y Ca^{++} .
- Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
- Las raíces no se desarrollan adecuadamente.
- No hay división y crecimiento celular y, por consiguiente, las plantas presentan menor desarrollo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Se consideró que unidades de tierra con presencia con conductividad eléctrica mayor a 8 dS/m y saturación de sodio mayor a 15 % no son aptas para el establecimiento de cultivo de aguacate, debido a que las probabilidades de un buen desarrollo vegetativo son muy bajas.

Limitantes de la evaluación de la variable

La deficiente información, ya que en los estudios generales de suelos a escala 1:100.000 solamente aparece presencia o no presencia de sales. Además, la presencia de sales no se presenta de manera uniforme pues varía, tanto de forma horizontal como vertical, y también en el transcurso del año.

Estos suelos se reconocen por las afloraciones de costras blancas, en los salinos, y negras, en los sódicos, debido a la dispersión de la materia orgánica, el tipo de vegetación y, muchas veces, la presencia de un horizonte B con estructura columnar en los suelos sódicos (IGAC, 1979).

Las anteriores características dificultan la recolección de información por parte de los edafólogos en el campo para realizar su respectivo mapeo.

Metodología de procesamiento de la información

Los suelos salinos o no salinos, y sódicos o no sódicos, se obtuvieron a partir de la base de geopedología unificada del territorio colombiano (IGAC, 2013). La calificación 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 clima y la interpretación de los nombres taxonómicos.

Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de fertilidad del manual de códigos (IGAC, 2010).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con las diferentes consultas con los gremios y los productores y los reportes técnicos relacionados, se determinaron los siguientes rangos de aptitud: con aptitud alta (A1), los suelos con conductividad eléctrica menor o igual a 2 dS/m y contenido menor o igual de 10 % de Na intercambiable. Con aptitud moderada (A2) se calificaron los suelos con rango entre 2 dS/m y 4 dS/m y saturación de Na entre 10 y 15 %. Con aptitud baja (A3), los suelos con contenidos entre 4 dS/m y 8 dS/m. Las zonas marginales (A3) presentan salinidad entre 4 dS/m y 8 dS/m. Se consideran suelos no aptos (N1) los suelos salinos (mayores de 8 dS/m) y los suelos sódicos con saturación de sodio mayor a 15 PSI.

| Salinidad o sodicidad de los suelos | | | |
|-------------------------------------|---------|---------------------------|---------|
| Salinidad (CE dS/m) | Aptitud | Saturación de sodio (PSI) | Aptitud |
| ≤ 2 | A1 | ≤ 10 | A1 |
| > 2 - ≤ 4 | A2 | > 10 - ≤ 15 | A2 |
| > 4 - ≤ 8 | A3 | > 15 | N1 |
| > 8 | N1 | | |

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

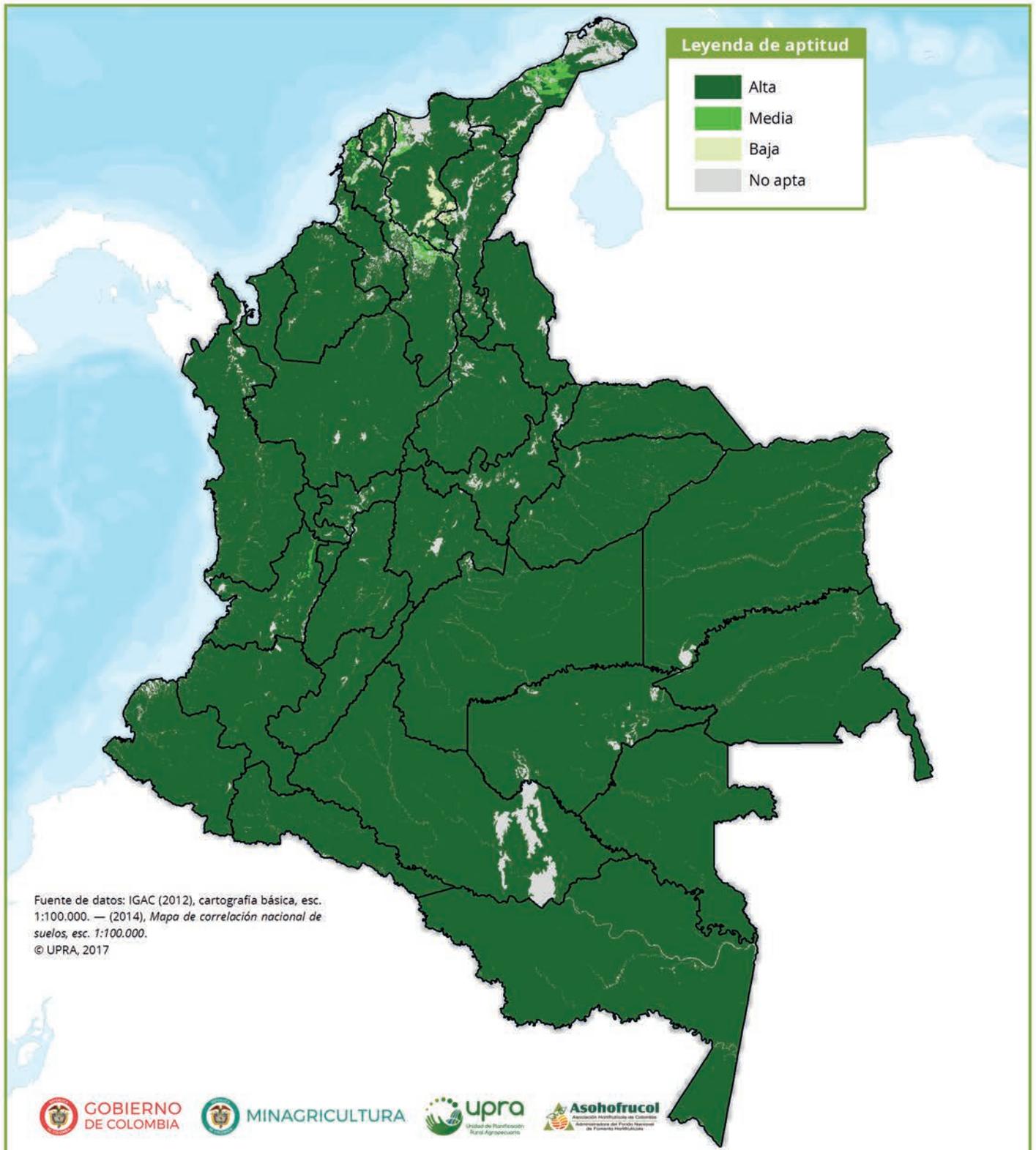
Fuentes de información

- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (Segunda ed.). San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de <<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793e/A9793e.pdf>>
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá: IGAC, pp. 148 y 149.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio
Variable salinidad o sodicidad

1.7.2 Variable saturación de aluminio

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| 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 | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es la proporción de Al^{+3} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. Corresponde a la acidez intercambiable: se debe a los iones Al^{+++} y H^+ intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl). También incluye pequeñas cantidades de Fe, Mg y Zinc intercambiables (IGAC, 1979).

La saturación de aluminio del suelo (SAI) hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+3}), que afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de P e impide la absorción de Ca, Mg y K; y que también es abundante en suelos ácidos (pH menor de 5,5).

Se ha establecido que, cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+3} en la solución del suelo, la saturación es menor al 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada al Al; cuando es mayor a 60 %, la concentración de Al en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).

Importancia de la variable para el cultivo

El Al es el elemento más restrictivo en el crecimiento y la producción de los suelos ácidos: limita la degradación microbiana de la materia orgánica, inhibe el crecimiento de las raíces y, como consecuencia, reduce la toma de agua y de nutrientes, lo que afecta la productividad del cultivo. Los excesos de Al en el suelo producen un efecto antagónico con el resto de cationes, especialmente con P, Ca, Mg y K que no pueden ser absorbidos por las raíces por procesos como el de la inmovilización del P.

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+3} intercambiable, es necesario aplicar altas dosis de enmienda alcalina para elevar el pH a niveles no tóxicos o utilizar variedades de plantas que sean tolerantes a la acidez (Cortés y Malagón, 1984).

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

No existe valor de exclusión para esta variable, debido a que se puede mejorar su efecto por medio de enmiendas que neutralicen el aluminio. Todas las unidades cartográficas con más del 60 % de saturación de aluminio se calificaron como marginalmente aptas (A3) para el cultivo comercial de aguacate, debido a que los contenidos de aluminio en la solución del suelo son muy altos y la adecuación de estas áreas resulta costosa.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

La calificación se hace con los valores de aluminio (Al^{+3}) obtenidos de la información química de los perfiles contenidos en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los rangos se obtienen de la tabla para el cálculo de la fertilidad en el manual de códigos del IGAC.

Las unidades cartográficas que no tenían información se infirieron correlacionando otras variables, como pH, clima y la interpretación de los nombres taxonómicos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Teniendo como base las diferentes consultas con los gremios, los productores y la literatura, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con saturación de aluminio menor o igual al 30 %, aptitud moderada (A2), mayores de 30 y menores o iguales a 60 %; aptitud baja (A3) a saturaciones de aluminio mayores de 60 %.

| Rangos de aptitud | |
|----------------------------|---------|
| Saturación de aluminio (%) | Aptitud |
| ≤ 30 | A1 |
| > 30 - ≤ 60 | A2 |
| > 60 | A3 |

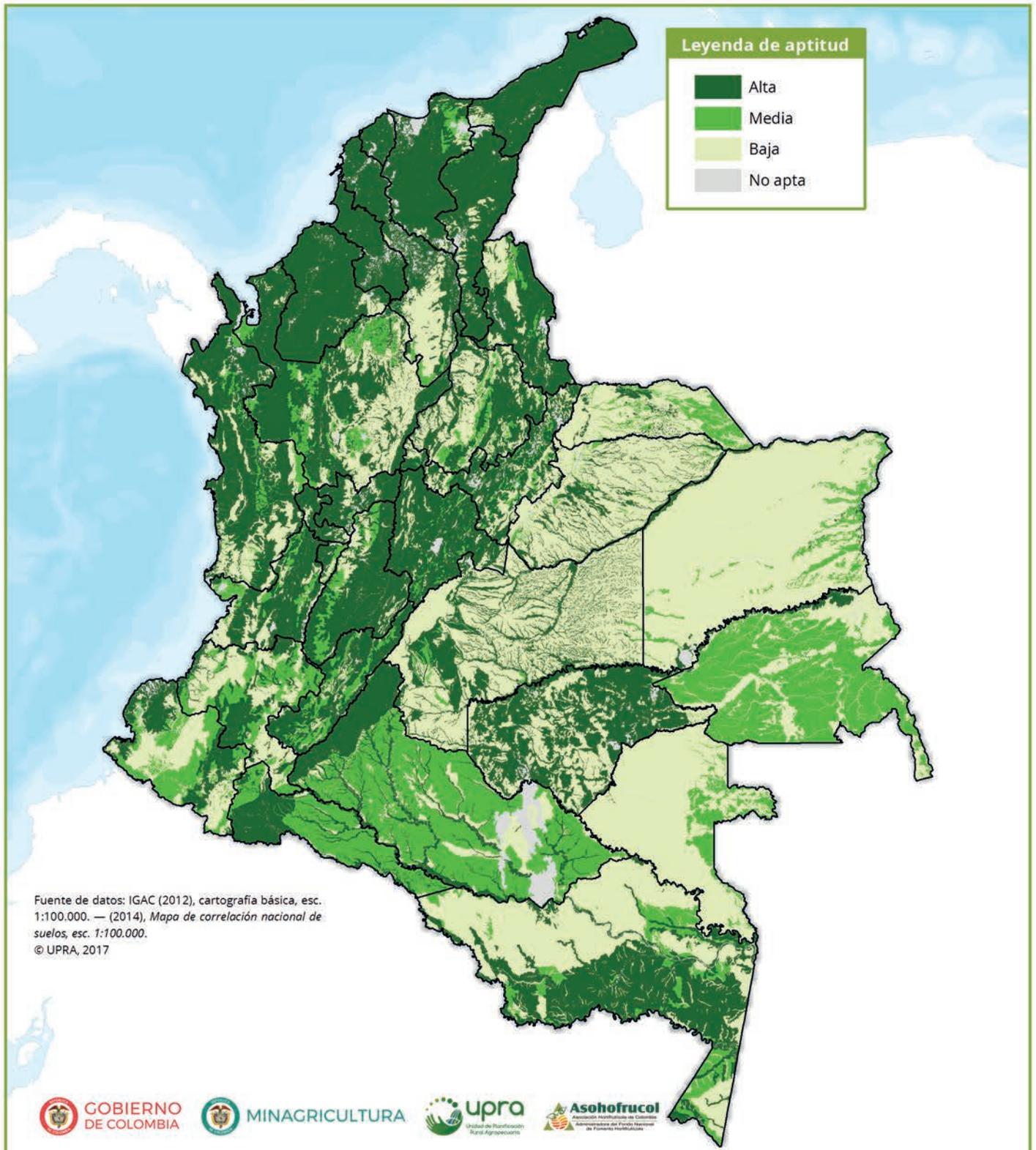
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá: IGAC, pp. 148 y 149.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio
Variable saturación de aluminio

1.8 Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Pendiente, erosión actual y susceptibilidad a movimientos en masa. | | |

Definición

El criterio indica el grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos y movimientos en masa, por consiguiente, integra las variables que causan o que originan dichas pérdidas.

El cultivo de aguacate tiene periodos que dejan sin cobertura vegetal el suelo, en especial durante su fase de establecimiento, aspecto que favorece la erosión por escorrentía, principalmente.

Importancia del criterio para el cultivo

Para el establecimiento del cultivo de aguacate, lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado. La pérdida de suelo implica la disminución de la profundidad de enraizamiento, por consiguiente, ocurre pérdida de la fertilidad, lo que impide la absorción de nutrientes por parte 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio, se considera que la erosión actual y la pendiente presentan límites que se califican como no aptos (N1). Los grados severo y muy severo de erosión son restrictivos, ya que prácticamente no existe capa productiva y los costos para el restablecimiento del suelo son muy elevados. Igualmente, las pendientes superiores al 75 % se consideran no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación del criterio

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

Valor de ponderación del criterio: 4,3 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvo de los mapas de susceptibilidad relativa a los movimientos en masa (SGC, 2015); el mapa de zonificación de degradación de suelos por erosión, área continental de Colombia (Ideam, 2015); y el mapa de pendientes se genera a partir de datos de la SRTM con resolución de 90 m (IGAC, 2014). La calificación de este criterio se realizó por medio de un árbol de decisión:

| Pendiente (%) | Aptitud | Susceptibilidad a movimientos en masa | AptitudW | Erosión actual | Aptitud |
|---------------|---------|---------------------------------------|----------|---------------------|---------|
| ≤ 25 | A1 | Muy baja y baja | A1 | No hay o es ligera | A1 |
| > 25 - ≤ 50 | A2 | Media | A2 | Moderada | A2 |
| > 50 - ≤ 75 | A3 | Alta y muy alta | A3 | Severa y muy severa | N1 |
| > 75 | N1 | | | | |

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio se realiza tomando las tres variables (pendiente, susceptibilidad a los deslizamientos y erosión actual) y comparando los rangos de aptitud entre sí.

Los rangos de aptitud para el criterio se basan en las variables que explican la pérdida de suelo y, consecuentemente, afectan el desarrollo del cultivo, así:

Fotografía: archivo UPRA



| Árbol de decisión del criterio | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------|
| Pendiente | Susceptibilidad a movimientos en masa | Erosión actual | Aptitud |
| ≤ 25 | Muy baja y baja | No hay o es ligera | A1 |
| | | Moderada | A1 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Media | No hay o es ligera | A1 |
| | | Moderada | A2 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Alta y muy alta | No hay o es ligera | A3 |
| | | Moderada | A3 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| > 25 - ≤ 50 | Muy baja y baja | No hay o es ligera | A2 |
| | | Moderada | A2 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Media | No hay o es ligera | A2 |
| | | Moderada | A2 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Alta y muy alta | No hay o es ligera | A3 |
| | | Moderada | A3 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| > 50 - ≤ 75 | Muy baja y baja | No hay o es ligera | A3 |
| | | Moderada | A3 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Media | No hay o es ligera | A3 |
| | | Moderada | A3 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| | Alta y muy alta | No hay o es ligera | A3 |
| | | Moderada | A3 |
| | | Severa y muy severa | N1 |
| > 75 | Cualquiera | Cualquiera | N1 |

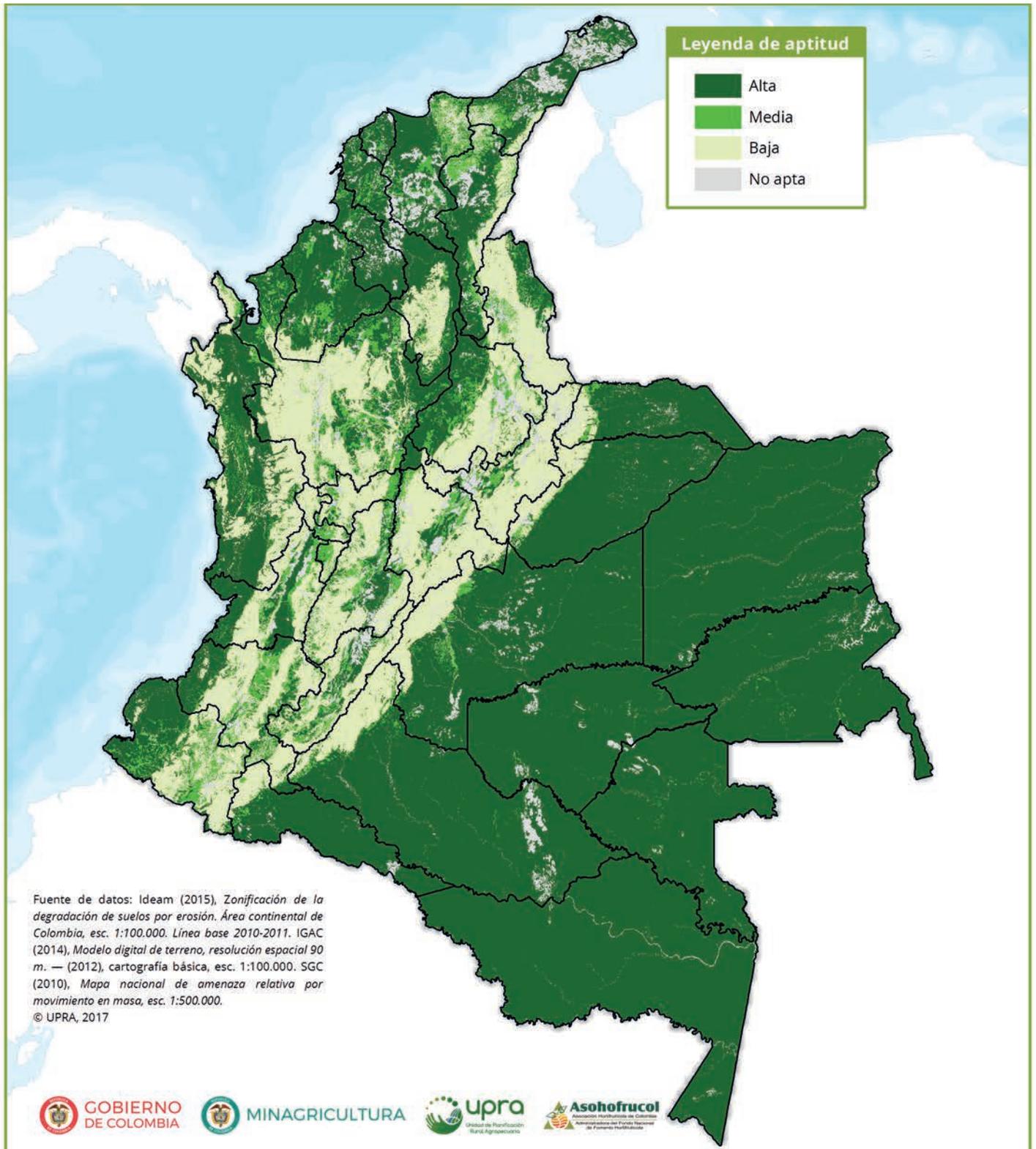
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Ideam. (2001). *Mapa de degradación de tierras por erosión*. Documento inédito.
- —. (2014). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Ideam y SGC (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 metros*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf>

Representación cartográfica del criterio



Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

1.8.1. Variable pendiente

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS | | |
| VARIABLE: PENDIENTE | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE (%) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales o centesimales, o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.

La pendiente de un terreno se calcula como gradiente, de manera estricta, o en sentido amplio, como una forma sintética del relieve (USDA, 2010). El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejó de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

| Clase compuesta | % |
|--|-------|
| 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 |

Importancia de la variable para el cultivo

Es una variable determinante en la toma de decisiones para el cultivo comercial de aguacate. Para el establecimiento de este cultivo comercial, y para obtener rendimientos óptimos, se recomiendan pendientes hasta del 25 %; de ahí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, el uso intensivo de maquinaria propicia el movimiento de suelo a favor de la pendiente, lo que genera pérdida de suelo, más aún, cuando no se realizan prácticas de conservación durante el ciclo vegetativo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Las pendientes mayores del 75 % se consideran inadecuadas para el cultivo comercial de aguacate, porque están en contra de la conservación de suelos. De una parte, dificultan o limitan el uso intensivo de la maquinaria requerida para las labores

de labranza. Asimismo, las probabilidades de erosión aumentan, especialmente hídrica por escorrentía y favorece la velocidad del movimiento de partículas de suelo a favor de la pendiente.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendientes se basó en cálculos y análisis espaciales a partir de datos de la SRTM, a 90 m y el modelo de elevación. El modelo no da buena aproximación a la realidad del terreno, en particular en pendientes superiores al 50 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos fue automatizado por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 m (IGAC, 2014). Se usaron los rangos tradicionales utilizados por el IGAC para los estudios de suelos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud, de acuerdo con el efecto en la conservación de los suelos:

| Pendiente (%) | Aptitud |
|---------------|---------|
| ≤ 25 | A1 |
| > 25 - ≤ 50 | A2 |
| > 50 - ≤ 75 | A3 |
| > 75 | N1 |

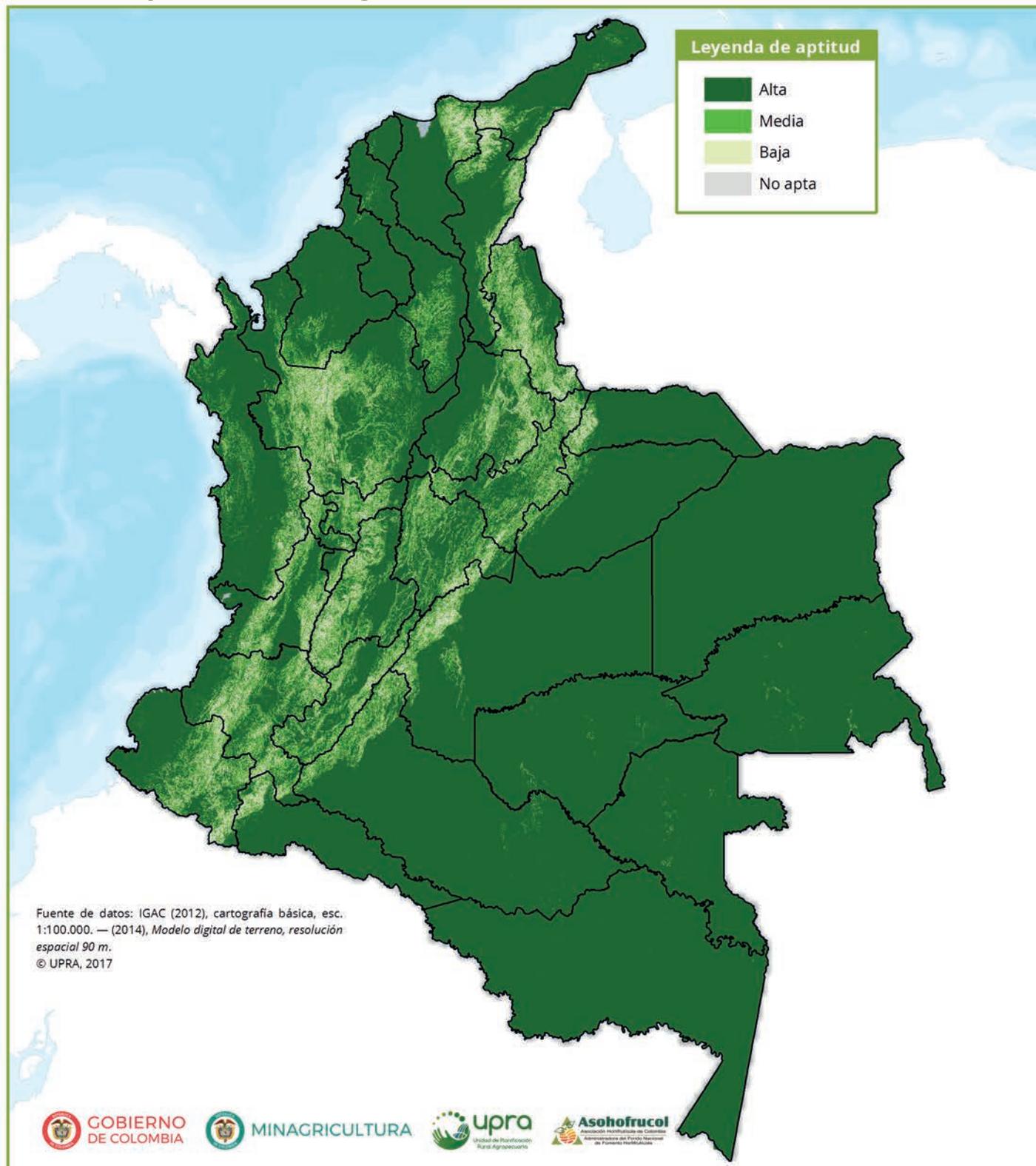
Unidad de análisis

Rangos de pendientes

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá, 119 pp.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 metros*.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf>

Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos
Variable pendiente

1.8.2. Variable erosión actual

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS | | |
| VARIABLE: EROSIÓN ACTUAL | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (GRADO DE EROSIÓN) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Es un proceso de degradación física e integral que consiste en el desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo, y de los materiales de roca por medio de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961).

Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en superficie por los procesos de erosión. En el siguiente cuadro se presentan las distintas clases y su definición según la USDA (2010) y el Ideam (2010):

| Grados de erosión | |
|-------------------|---|
| Grado | Descripción |
| No hay | Pérdidas no significativas de material de suelo |
| Ligero | Pérdida del 25 % del horizonte superficial |
| Moderado | Pérdida del 75 % del horizonte superficial |
| Severo | Pérdida de parte del horizonte B |
| Muy severo | Pérdida de la totalidad del horizonte B |

Importancia de la variable para el cultivo

La variable se traduce en pérdida de superficie productiva, disminución de la productividad del sitio y alteraciones en la calidad de las aguas, causadas por los materiales arrastrados por la escorrentía y su posterior sedimentación.

Para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate, lo ideal es que no exista erosión o que sea en grado ligero, porque la pérdida del suelo afecta la profundidad efectiva y, por consiguiente, la formación de raíces; también influye en la disponibilidad de nutrientes, la cual puede llegar a afectar el desarrollo del cultivo y su productividad.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

En el mapa de erosión se excluyeron los rangos de erosión severa y muy severa, como zonas no aptas (N1), debido a que los suelos han perdido la totalidad del

horizonte A y parte o la totalidad del B. Esto significa que estas áreas no tienen buenas condiciones químicas ni propiedades físicas para el normal desarrollo del cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Para la representación cartográfica, se utilizó el mapa de erosión del Ideam escala 1:100.000 del 2015 que cubre todo el país.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso metodológico para la evaluación de esta variable consistió en la revisión de los requerimientos del cultivo comercial de aguacate, en cuanto al estado de los suelos por erosión, la susceptibilidad a la degradación y la conservación de los mismos. Se utilizó el mapa de erosión del Ideam, 2015, con información reciente a escala 1:100.000 de toda la zona continental del país.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Debido a los efectos en el cultivo, las zonas sin erosión o con erosión ligera se consideran las más aptas (A1); las de erosión moderada con aptitud media (A2) y los grados de erosión severa y muy severa se definieron como no aptos (N1).

| Rangos de aptitud por erosión | |
|-------------------------------|---------|
| Erosión actual | Aptitud |
| No hay o es ligera | A1 |
| Moderada | A2 |
| Severa y muy severa | N1 |

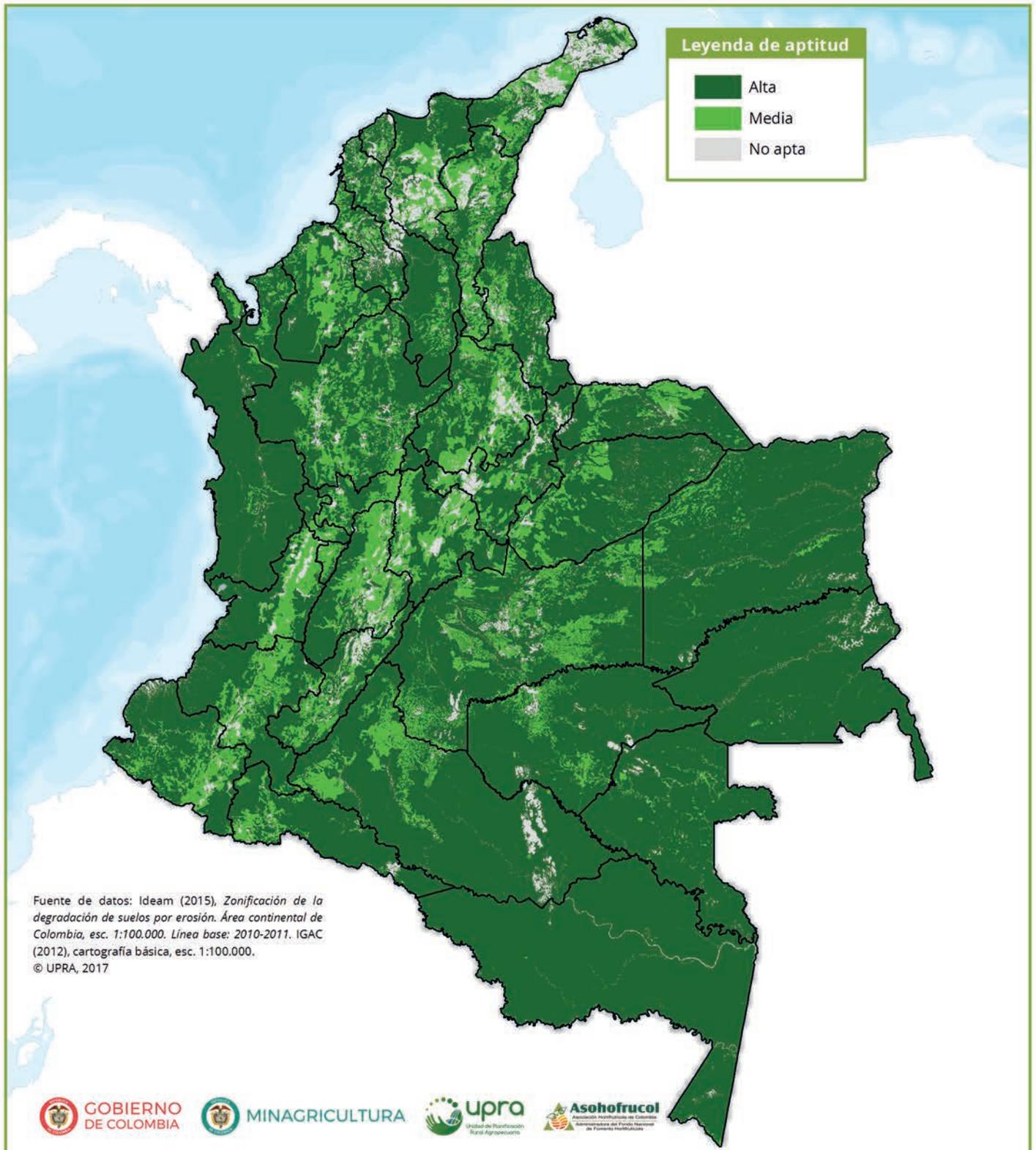
Unidad de análisis

Grados de erosión

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos
Variable erosión actual

1.8.3. Variable susceptibilidad a movimientos en masa

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS | | |
| VARIABLE: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL (GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Probabilidad de ocurrencia de procesos de desplazamiento de materiales a lo largo de una superficie. Bajo el término de movimientos en masa se cobijan algunas de las formas más violentas y dramáticas de remoción en masa, en las que grandes volúmenes de material meteorizado o bloques y masas de roca fresca se desprenden de su lecho y se desplazan cuesta abajo, como una sola unidad, sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava. Las zonas de ruptura suelen coincidir con superficies naturales preexistentes o pueden generarse durante el movimiento (Villota, 2005).

Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que debe considerarse a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate.

Importancia de la variable para el cultivo

La variable de susceptibilidad a movimientos en masa debe ser considerada dentro de la zonificación del cultivo de aguacate, por ser un riesgo presente en un área determinada que puede o no ocurrir durante el ciclo del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Por ser una variable de probabilidad, solamente se tiene en cuenta la susceptibilidad muy alta como rango de exclusión. Los movimientos en masa pueden suceder no solamente por la dinámica actual de la corteza terrestre, sino que pueden ocurrir por efecto de sismos y terremotos asociados a la tectónica de placas.

Otros factores que podrían incidir en los movimientos en masa indirectamente ya están considerados en las variables de pendiente y erosión actual.

Limitantes de la evaluación de la variable

La escala utilizada corresponde con la escala de zonificación; por consiguiente, no hay limitantes.

Metodología de procesamiento de la información

Para mostrar las áreas más susceptibles a los movimientos en masa se utilizó el mapa de susceptibilidad relativa a los movimientos en masa (SGC, 2015), el cual fue generado por el Servicio Geológico Colombiano con la colaboración de cinco universidades.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Susceptibilidad a movimientos en masa | Aptitud |
|---------------------------------------|---------|
| Susceptibilidad muy baja y baja | A1 |
| Susceptibilidad media | A2 |
| Susceptibilidad alta y muy alta | A3 |

Unidad de análisis

Áreas susceptibles a movimientos en masa

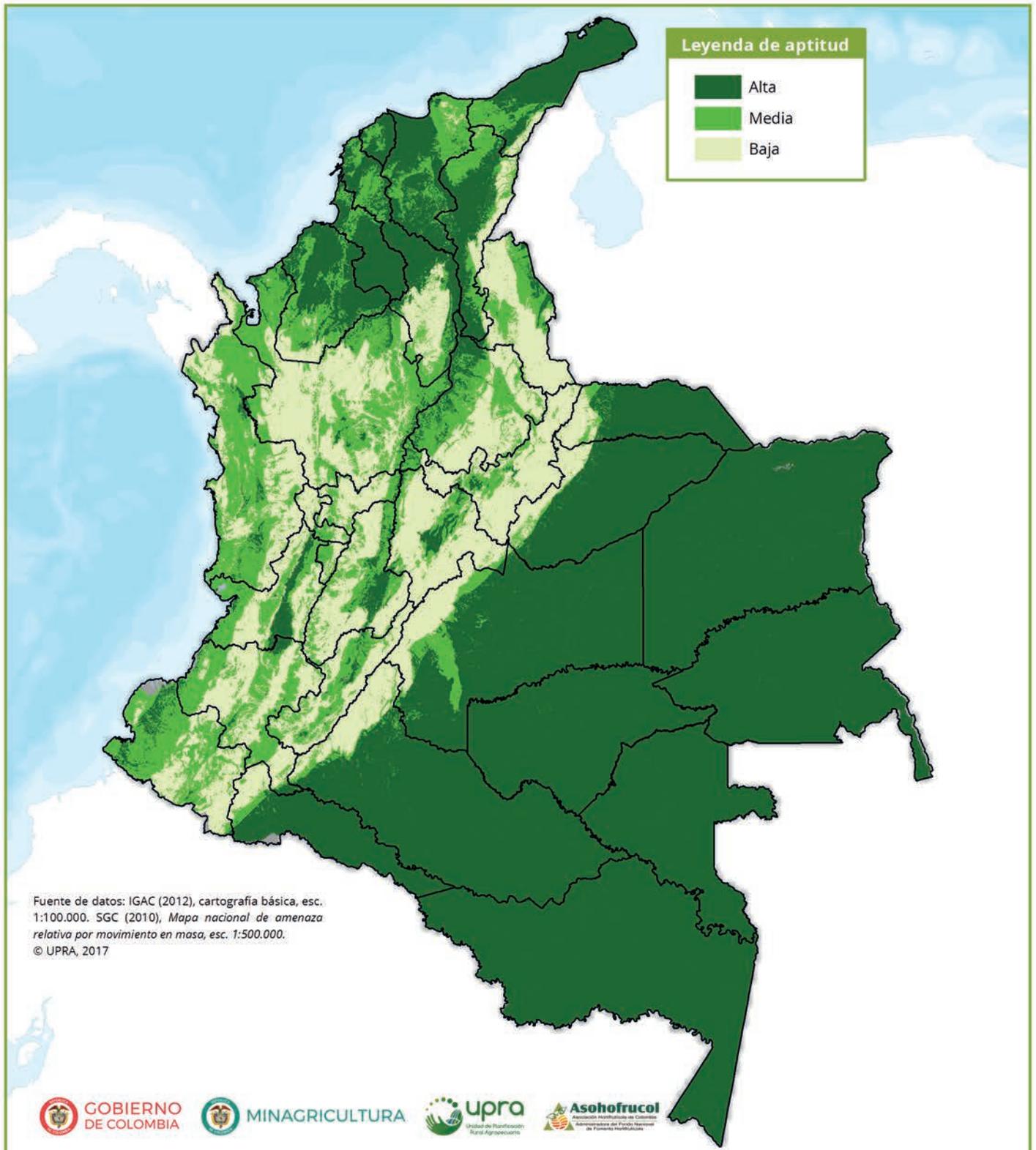
Fuentes de información

- Ideam y SGC (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGME. (1987). *Manual de taludes*. Madrid, España: IGME.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a los levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. (segunda ed.). Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos
Variable susceptibilidad a movimientos en masa

1.9 Criterio riesgo fitosanitario

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO | | |
| CRITERIO: RIESGO FITOSANITARIO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Municipios monitoreados para plagas de control oficial en el cultivo de aguacate (municipios reportados); temperatura, exceso hídrico; drenaje natural. | | |

Definición

Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura, exceso hídrico y drenaje) y epidemiológicas (municipios reportados) que aumentan la probabilidad y explican el riesgo de inoculación, infección, propagación, infestación y daños causados por organismos fitopatógenos y fitófagos en cultivos comerciales de aguacate variedad Hass.

Importancia del criterio para el cultivo

El aguacate presenta una gran cantidad de plagas y enfermedades de importancia económica debido a su alta incidencia, proliferación y umbral de daño.

Para el subcomponente fitosanitario fueron priorizados insectos y el hongo *Phytophthora cinnamomi*, de acuerdo con una serie de lineamientos técnicos consultados con expertos y literatura relacionada.

Por su parte, la definición de plagas cuarentenarias para mercados de exportación se basó en los reportes epidemiológicos del ICA por su presencia en todo el territorio nacional: potencial de áreas libres plagas (ALP) o de baja prevalencia de plagas (ABPP) de especies cuarentenarias.

En las zonas en donde se desarrolla una explotación comercial de aguacate se encuentran condiciones ambientales, endémicas y epidemiológicas que aumentan y favorecen la probabilidad de desarrollo de las limitantes priorizadas por la UPRA. Se priorizaron las plagas de control oficial (*Heilipus lauri* Boheman; *Heilipus trifasciatus* Fabricius; el barrenador del fruto, semillas y ramas *Stenomoma catenifer* Walsingham) y la pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*).

Por lo anterior, determinar zonas con diferentes niveles de riesgo de aparición y desarrollo de las enfermedades e insectos plaga —con base en las condiciones ambientales, endémicas y epidemiológicas que influyen directamente sobre su ciclo biológico y desarrollo— permite contemplar diferentes escenarios productivos, así como de medidas de mitigación y manejo que pueden ser establecidos para cada zona de acuerdo con el nivel de riesgo.

Limitantes de la evaluación del criterio

Dificultad para la consecución de información epidemiológica de las plagas que afectan el cultivo de aguacate, con seriales históricos recientes. Si bien existen datos

referidos específicamente a especies cuarentenarias para el cultivo de aguacate, estos no cubren la totalidad del territorio nacional, lo que no permite tener un mejor nivel de detalle para la escala empleada en el presente ejercicio. Igualmente, la dinámica de las enfermedades limita los sistemas de vigilancia oficial, por lo que la información disponible es escasa.

Los organismos fitopatógenos, así como los fitófagos, responden a diferentes estímulos o condiciones que hacen que su aparición, crecimiento y desarrollo biológico, entre otros factores, no estén enmarcados dentro de condiciones estrictas o constantes a lo largo de periodos de tiempo; debido a esto, la información sobre procesos epidemiológicos solo puede analizarse dentro de un contexto de riesgo de aparición, desarrollo y daños.

Valor de ponderación del criterio: 7,0 %

Metodología de evaluación

El criterio se construyó con base en dos elementos, uno basado en condiciones físicas (climáticas y edáficas) para la enfermedad, y otro a partir de datos de monitoreo oficial del ICA para las plagas (municipios reportados).

Para la construcción del criterio se establecieron rangos de aptitud para cada una de las variables; posteriormente, y de manera independiente, se obtuvo una calificación para la enfermedad y los insectos plaga, con el fin de ponderar de acuerdo con su importancia y, finalmente, obtener un mapa, denominado criterio riesgo fitosanitario para el cultivo de aguacate variedad Hass.

Para el ejercicio de zonificación y determinación de zonas de aptitud, se utilizaron para la enfermedad definida pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*) las variables de temperatura, exceso hídrico y drenaje; para los insectos plaga definidos (*Heilipus lauri*, *Heilipus trifasciatus*, *Stenomoma*), la variable municipios reportados. Estas variables fueron establecidas de acuerdo con la discusión técnica realizada por parte del grupo del componente físico y la experiencia de los profesionales del área de sanidad vegetal, climatología y producción de aguacate.

Una vez construidos los rangos, se realizó el cruce de estas variables generándoles, a cada una, un peso determinado de acuerdo con la variable, por medio de la metodología de ponderación en porcentaje. Se atribuyó un valor de ponderación de 30 % a la temperatura, un 30 % al exceso hídrico y un 40 % al drenaje natural; para los insectos, se elaboró un árbol de decisión de acuerdo con la presencia o no de cada una de las tres (3) especies cuarentenarias.

Para calcular la aptitud del cultivo se asignaron puntajes: 1 (aptitud baja), 2 (aptitud media) y 3 (aptitud alta). Posteriormente, se diseñó una tabla de valores para calificar la aptitud, en la cual se ponderó el resultado de los insectos cuarentenarios y la enfermedad.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Control oficial (<i>Hellipus lauri</i> Boheman, <i>Hellipus trifasciatus</i>, <i>Stenoma catenifer</i>) | | | |
|--|-------------|-----------|--------------|
| Variable | A1 | A2 | A3 |
| Municipios reportados | Negativos * | | Positivos ** |

| Pudrición de la raíz (<i>Phytophthora cinnamomi</i>) | | | |
|---|-----------------------------------|------------|--------------------------------|
| Variable | A1 | A2 | A3 |
| Temperatura media anual | < 24 | > 28 | 24-28 |
| Exceso hídrico | 0-500 | > 500-1500 | > 1500 |
| Drenaje natural | Excesivo, bien drenado y moderado | Imperfecto | Pobre y muy pobremente drenado |

Finalmente, se ponderaron las plagas cuarentenarias y la enfermedad de la siguiente manera:

| Variabes | A1 (3) | A2 (2) | A3 (1) |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Plagas cuarentenarias (<i>Hellipus lauri</i> Boheman, <i>Hellipus trifasciatus</i> , <i>Stenoma catenifer</i>) (0,4) | 3,0-2,5 | 2,4-1,7 | 1,6-1,0 |
| (<i>Phytophthora cinnamomi</i>) (0,6) | | | |

A1: zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad, y áreas libres de plagas (ALP); son definidas como zonas donde se puede desarrollar, con una alta aptitud, el cultivo de aguacate, ya que la probabilidad de aparición de limitantes fitosanitarios es muy baja, lo que involucra inicialmente solo labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

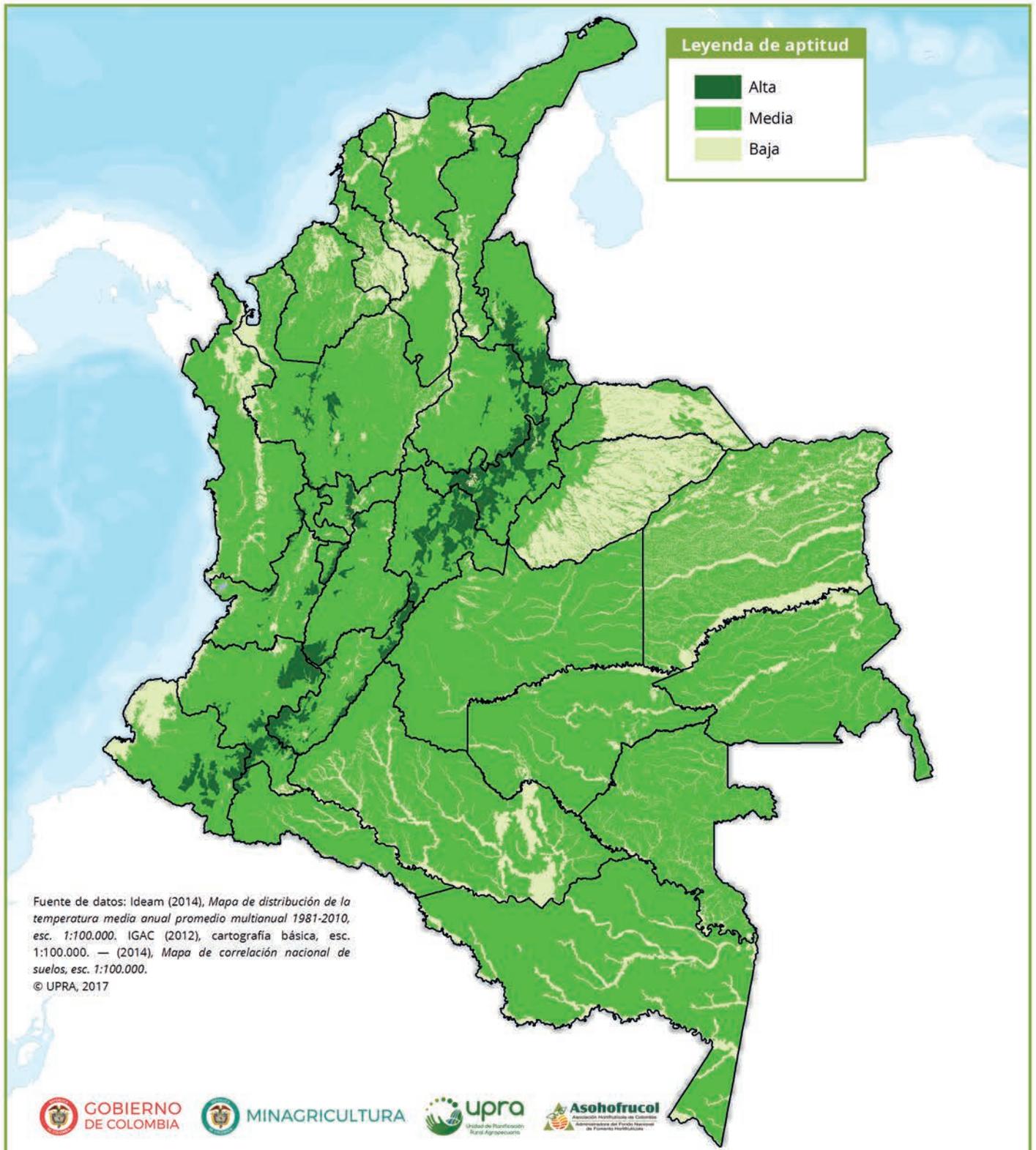
A2: zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de la enfermedad, y áreas de baja prevalencia de plagas (ABPP); son definidas como zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de aguacate, puesto que la probabilidad de aparición de limitantes fitosanitarios está directamente relacionada con condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo. En estas áreas se debe considerar realizar labores de manejo y control de organismos fitófagos y fitopatógenos, inicialmente de carácter cultural y, como segunda opción, control químico o biológico.

A3: zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de la enfermedad, y zonas de alta prevalencia de plagas, lo que limita la exportación de aguacate variedad Hass a mercados destino con restricciones cuarentenarias. Se definen como zonas que presentan aptitud baja (A3), debido a la alta probabilidad de desarrollo de limitantes sanitarios, lo que involucra medidas de manejo cultural y control químico con alta frecuencia y mayor regularidad que en zonas categorizadas como A2, con la connotación que, de no realizarlas, conlleva a una significativa disminución en rendimiento y calidad.

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2015). *Mapa de isoyetas de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2010). *Mapa de clasificación de drenaje natural de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: IGAC.
- ICA. (2015). Boletines epidemiológicos de monitoreo de plagas cuarentenarias de aguacate.

Representación cartográfica del criterio



Criterio riesgo fitosanitario

1.9.1 Variable especies cuarentenarias

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: RIESGO FITOSANITARIO | | |
| VARIABLE: ESPECIES CUARENTENARIAS | UNIDAD DE MEDIDA: MUNICIPIOS REPORTADOS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Ubicaciones geográficas establecidas por medio de monitoreo en diferentes municipios productores de aguacate, lo que define la presencia o no de plagas de control oficial, que explican la probabilidad de infestación, diseminación y daños causados en cultivos comerciales de aguacate, los cuales limitan la admisibilidad del producto a los mercados de exportación.

Importancia del criterio para el cultivo

El aguacate es afectado por algunas plagas presentes en el territorio nacional, las cuales restringen el acceso de los frutos frescos a los nuevos mercados. Por su alto riesgo de dispersión, se genera un impacto económico negativo en la producción.

Las plagas priorizadas por la UPRA, con base en la información del ICA, corresponden al barrenador de la semilla *Heilipus lauri* Boheman y *Heilipus trifasciatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) y al barrenador del fruto, semillas y ramas *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidóptera: Oecophoridae).

Por lo anterior, determinar zonas con diferentes niveles de riesgo de las plagas —con base en las zonas monitoreadas y en las condiciones ambientales que influyen directamente sobre su ciclo biológico y desarrollo— permite contemplar los diferentes escenarios productivos, así como las medidas de mitigación y manejo que pueden ser establecidas para cada zona de acuerdo con el nivel de riesgo.

Limitantes de la evaluación del criterio

La información reciente, dada la coyuntura de la producción de aguacate referida al monitoreo de plagas de control oficial y la información atomizada en solo en algunos departamentos dificulta la espacialización en el país.

Por otra parte, los organismos plaga responden a diferentes estímulos o condiciones que hacen que su aparición y desarrollo biológico no estén enmarcados dentro de unas condiciones estrictas o constantes a lo largo de periodos de tiempo; debido a esto, generar información sobre procesos epidemiológicos solo puede analizarse dentro de un contexto de riesgo de infestación.

Metodología de evaluación

Partiendo del concepto de admisibilidad e ingreso a nuevos mercados de exportación se priorizaron, para el aguacate variedad Hass, las plagas de control oficial que corresponden a aquellas que se vigilan y a las cuales se les aplican planes de manejo oficiales con fines de supresión, erradicación y contención.

Posteriormente, se identificaron y seleccionaron los reportes oficiales publicados por el ICA, referidos al monitoreo de *Heilipus lauri* Boheman y *Heilipus trifasciatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) y el barrenador del fruto, semillas y ramas *Stenomoma catenifer* Walsingham (Lepidóptera: Oecophoridae) del año 2015.

A partir de estos reportes, se realizó un ejercicio de interpretación de presencia o ausencia de las plagas mencionadas en siete (7) departamentos y 76 municipios, para luego calificarlos por zonas de aptitud. Adicional, para las zonas que no contaban con datos de monitoreo por parte del ICA, se optó por calificar el riesgo fitosanitario de acuerdo con la biología del insecto, específicamente la temperatura, en aquellas zonas que climáticamente son potenciales para la producción de aguacate variedad Hass.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Departamento | Municipio | <i>H. lauri</i> | <i>H. trifasciatus</i> | <i>S. catenifer</i> | Aptitud |
|--------------|---------------------------|-----------------|------------------------|---------------------|---------|
| Antioquia | Abejorral | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Sonsón | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Jardín | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Rionegro | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | La Ceja | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | El retiro | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Amagá | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Caldas | NO | NO | NO | A1 |
| | Concepción | NO | NO | NO | A1 |
| | Concordia | NO | NO | NO | A1 |
| | El Peñol | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Guarne | NO | NO | NO | A1 |
| | Jericó | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Liborina | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Montenegro | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Sabaneta | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Urrao | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | San Pedro de los Milagros | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Carmen de Viboral | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Marinilla | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| San Vicente | SÍ | NO | SÍ | A3 | |
| Cauca | Cajibío | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | El Tambo | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Morales | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Piendamó | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Popayán | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Sotará | SÍ | NO | NO | A3 |

Continúa >>>

| Departamento | Municipio | <i>H. lauri</i> | <i>H. trifascitus</i> | <i>S. catenifer</i> | Aptitud |
|------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|---------|
| Nariño | Buesaco | NO | NO | NO | A1 |
| | Chachagüí | NO | NO | NO | A1 |
| | Consacá | NO | NO | NO | A1 |
| | El Tambo | NO | NO | NO | A1 |
| | Iles | NO | NO | NO | A1 |
| | La Florida | NO | NO | NO | A1 |
| | La Unión | NO | NO | NO | A1 |
| | Nariño | NO | NO | NO | A1 |
| | Policarpa | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Rosario | NO | NO | NO | A1 |
| | San José de Albán | NO | NO | NO | A1 |
| | San Lorenzo | NO | NO | NO | A1 |
| | Sandoná | NO | NO | NO | A1 |
| | Tablón de Gómez | NO | NO | NO | A1 |
| | Taminango | NO | NO | NO | A1 |
| | Tangua | NO | NO | NO | A1 |
| | Yacuanquer | NO | NO | NO | A1 |
| Quindío | Buenavista | NO | NO | NO | A1 |
| | Filandia | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Montenegro | NO | NO | NO | A1 |
| | Pijao | NO | NO | NO | A1 |
| | Quimbaya | NO | NO | NO | A1 |
| Risaralda | Apía | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Belén de Umbría | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Dos Quebradas | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Pereira | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Guática | NO | NO | NO | A1 |
| | Santa Rosa de Cabal | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| Tolima | Cajamarca | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Casablanca | NO | NO | NO | A1 |
| | Fresno | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Herveo | NO | NO | NO | A1 |
| | Ibagué | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Palocabildo | NO | NO | SÍ | A3 |
| Valle del Cauca | Alcalá | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Andalucía | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Argelia | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Bolívar | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Caicedonia | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | El Cerrito | NO | NO | SÍ | A3 |
| | La Unión | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Palmira | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Roldanillo | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Sevilla | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| | Toro | SÍ | NO | NO | A3 |
| | Trujillo | NO | NO | SÍ | A3 |
| | Vijes | NO | NO | NO | A1 |
| | Yotoco | SÍ | NO | SÍ | A3 |
| Yumbo | NO | NO | NO | A1 | |

A1: zonas con riesgo bajo de infestación y diseminación de *Heilipus lauri* Boheman, *Heilipus trifasciatus* y *Stenoma catenifer* Walsingham; son definidas como zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de aguacate variedad Hass, puesto que la probabilidad de aparición de limitantes fitosanitarios de control oficial es muy baja, lo que involucra inicialmente solo labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

A3: zonas con riesgo alto de infestación y diseminación de *Heilipus lauri* Boheman, *Heilipus trifasciatus* y *Stenoma catenifer* Walsingham. Se definen como zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de aguacate variedad Hass debido a la alta probabilidad de desarrollo de estos limitantes sanitarios que involucran medidas de manejo cultural y control químico con alta frecuencia y mayor regularidad, con la connotación que, de no realizarlas, conlleva a una significativa disminución en producción, calidad y la imposibilidad de ingresar a ciertos mercados especializados.

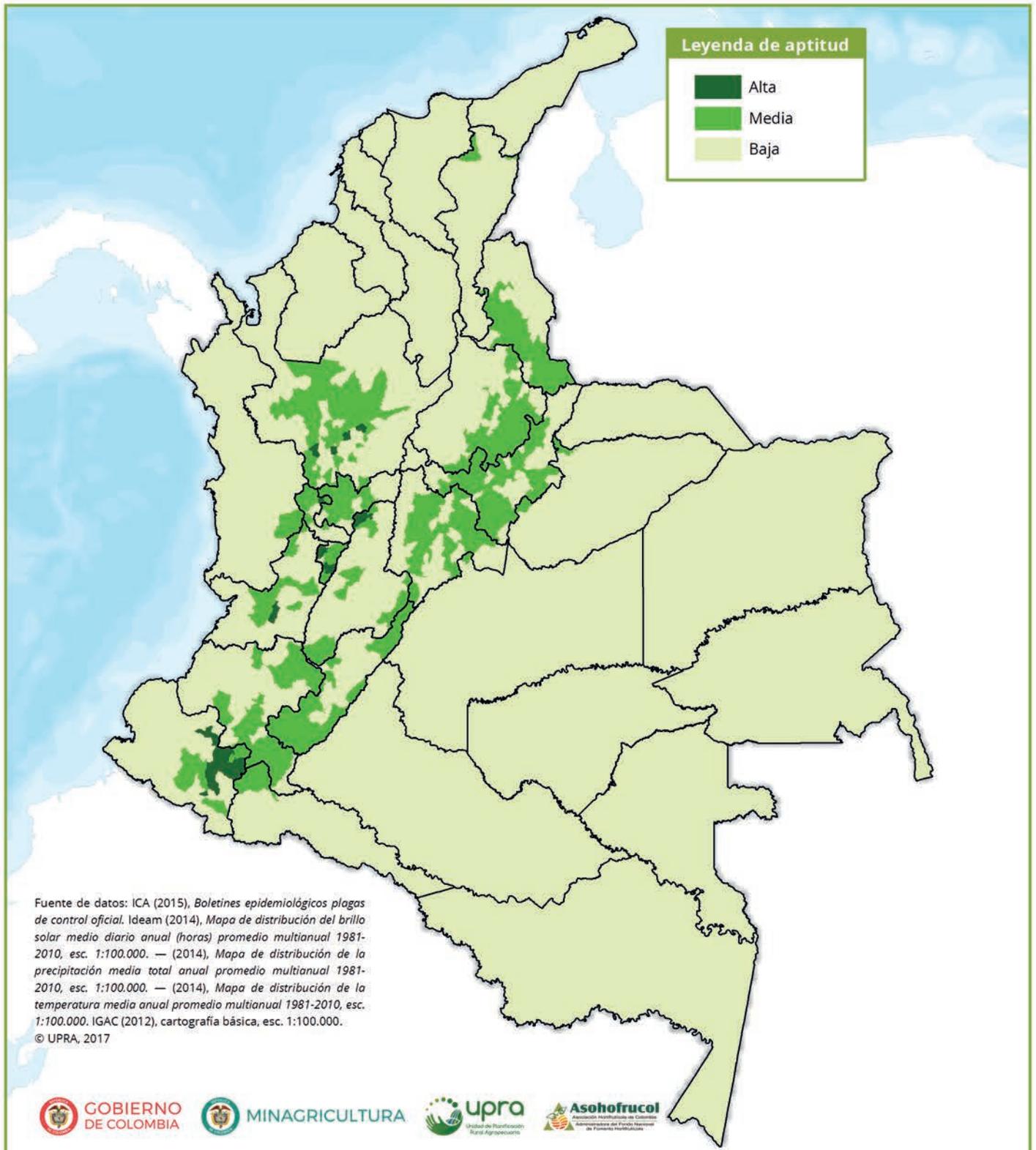
Fuentes de información

- ICA. (2015). Boletines epidemiológicos para plagas de control oficial en el cultivo de aguacate.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio riesgo fitosanitario
 Variable especies cuarentenarias

1.9.2 Variable drenaje natural asociada a la pudrición de raíces

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: RIESGO FITOSANITARIO | | |
| VARIABLE: DRENAJE NATURAL | UNIDAD DE MEDIDA: NIVEL DE DRENAJE | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Profundidad y tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina los drenajes interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre la pendiente, la escorrentía y la infiltración, y las evidencias de procesos de óxido-reducción, colores gley, así como la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

Importancia de la variable para el cultivo

Suelos que presentan niveles de drenaje óptimos evitan que ocurra saturación de agua por tiempos muy largos, esto permite que el riesgo asociado con el desarrollo de limitantes fitosanitarios, especialmente pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*), sea bajo; por el contrario, materiales particulares finos, como las arcillas, presentan condiciones potenciales de drenaje insuficiente, lo que en zonas de altos niveles de precipitación genera condiciones potenciales de encharcamiento y un aumento en el riesgo fitosanitario para el cultivo de aguacate variedad Hass.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo comercial de aguacate variedad Hass referentes a la variable drenaje asociada a la pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*) correspondieron a tres series o clasificaciones de capacidad de drenaje. Cada agrupación o clasificación genera unas condiciones relacionadas con la probabilidad de riesgo de desarrollo de pudrición de la raíz; para la primera clasificación, se agruparon suelos con categorías de drenaje excesivo, bien drenado y moderado que hacen referencia a las zonas que presentan poca probabilidad de encharcamiento prolongado; para la segunda, se tomó la clasificación de suelos con drenajes imperfectos, que indica las zonas con condiciones de suelos que pueden presentar niveles de altas precipitaciones, encharcamientos y formación de lámina de agua por periodos moderados de máximo quince (15) días; sin embargo, en condiciones de precipitaciones medias, son suelos con capacidad de drenaje adecuado para evitar encharcamientos.

La última clasificación se realizó con niveles de drenaje pobre y muy pobremente drenado y hace referencia a zonas donde, por la textura de los suelos, se presentan posibilidades de encharcamiento muy altas con cualquier nivel de precipitación; esto indica que la probabilidad de riesgo para la aparición y desarrollo de pudrición de la raíz es alta debido a que, combinados con zonas de precipitaciones altas, se van a presentar encharcamientos por tiempos superiores a quince (15) días y una permanente lámina de agua, condiciones que son ideales para la aparición y desarrollo del patógeno.

| Variable | Unidad | A1 | A2 | A3 |
|-----------------|------------------|-----------------------------------|------------|--------------------------------|
| Drenaje natural | Nivel de drenaje | Excesivo, bien drenado y moderado | Imperfecto | Pobre y muy pobremente drenado |

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada, por lo menos al 2014, de la información pedogeológica de todo el territorio nacional generada por el IGAC, ya que la que se tiene solo está hasta 2010.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de drenaje natural de suelos realizado por el IGAC, año 2010.

Se realizó un ejercicio de delimitación a nivel espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico y en referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

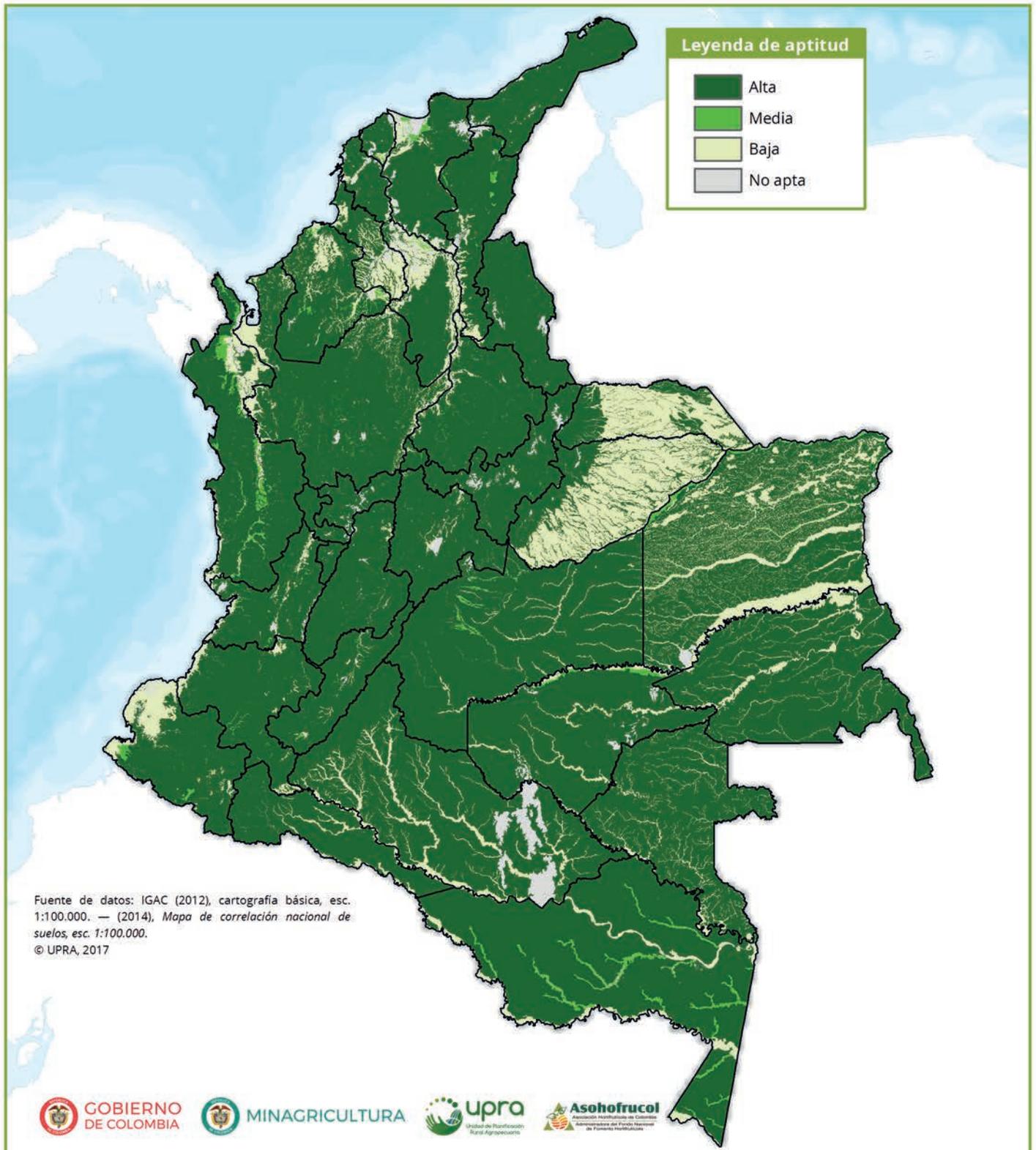
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud: A1: riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, con restricciones para el desarrollo de la enfermedad. A2: riesgo fitosanitario medio para el cultivo y restricciones moderadas para la enfermedad, y A3: riesgo fitosanitario alto para el cultivo, dadas las condiciones que favorecen la enfermedad. A mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Mapa de clasificación de Drenaje Natural de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio riesgo fitosanitario

Variable drenaje natural asociado a *P. cinnamomi*

1.9.3 Variable temperatura asociada a *Phytophthora cinnamomi*

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: RIESGO FITOSANITARIO | | |
| VARIABLE: TEMPERATURA | UNIDAD DE MEDIDA: °C | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Magnitud física que refleja la cantidad de calor en el ambiente con la cual un fitopatógeno puede iniciar y completar su ciclo de crecimiento y desarrollo.

Importancia de la variable para el cultivo

Los limitantes sanitarios del cultivo de aguacate, particularmente las enfermedades, presentan una amplia relación con la temperatura del ambiente. Las altas temperaturas, junto con altos valores de humedad, son el principal factor de desarrollo de la pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*). Temperaturas mayores a los 18 °C, son temperaturas donde el patógeno puede, además de completar su ciclo infeccioso, tener una mayor tasa de diseminación; las altas temperaturas también favorecen aparición de otros limitantes sanitarios como insectos-plaga.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo de aguacate variedad Hass referentes a la temperatura correspondieron a tres series o rangos que se relacionan completamente con el riesgo fitosanitario potencial para la pudrición de la raíz. Para condiciones de bajo riesgo (A1), se establecieron temperaturas por debajo de 15 °C; para la determinación de riesgo medio (A2), se establecieron temperaturas entre 15 y 18 °C, condiciones que permiten un desarrollo de la pudrición, a una tasa que permite implementar medidas de mitigación y control. Como zonas de riesgo alto (A3) para el desarrollo de la enfermedad, se determinaron aquellas con temperaturas mayores a 18 °C, estas áreas son aquellas donde las tasas de infección y desarrollo de *Phytophthora cinnamomi* se encuentran en su máxima expresión.

| Variable | Unidad | A1 | A2 | A3 |
|-------------|--------|------|-------------|------|
| Temperatura | °C | < 15 | ≥ 15 - ≤ 18 | > 18 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada por lo menos al 2014, de la información térmica de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial a nivel anual no refleja la condición térmica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam, 2014 a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 al 2010.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación a nivel espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, con base en la experiencia profesional y en los referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud: A1: riesgo fitosanitario bajo para el cultivo con restricciones para el desarrollo de la enfermedad. A2: riesgo fitosanitario medio para el cultivo con restricciones moderadas para la enfermedad, y A3: riesgo fitosanitario alto para el cultivo dadas las condiciones ideales de temperatura para la enfermedad. A mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

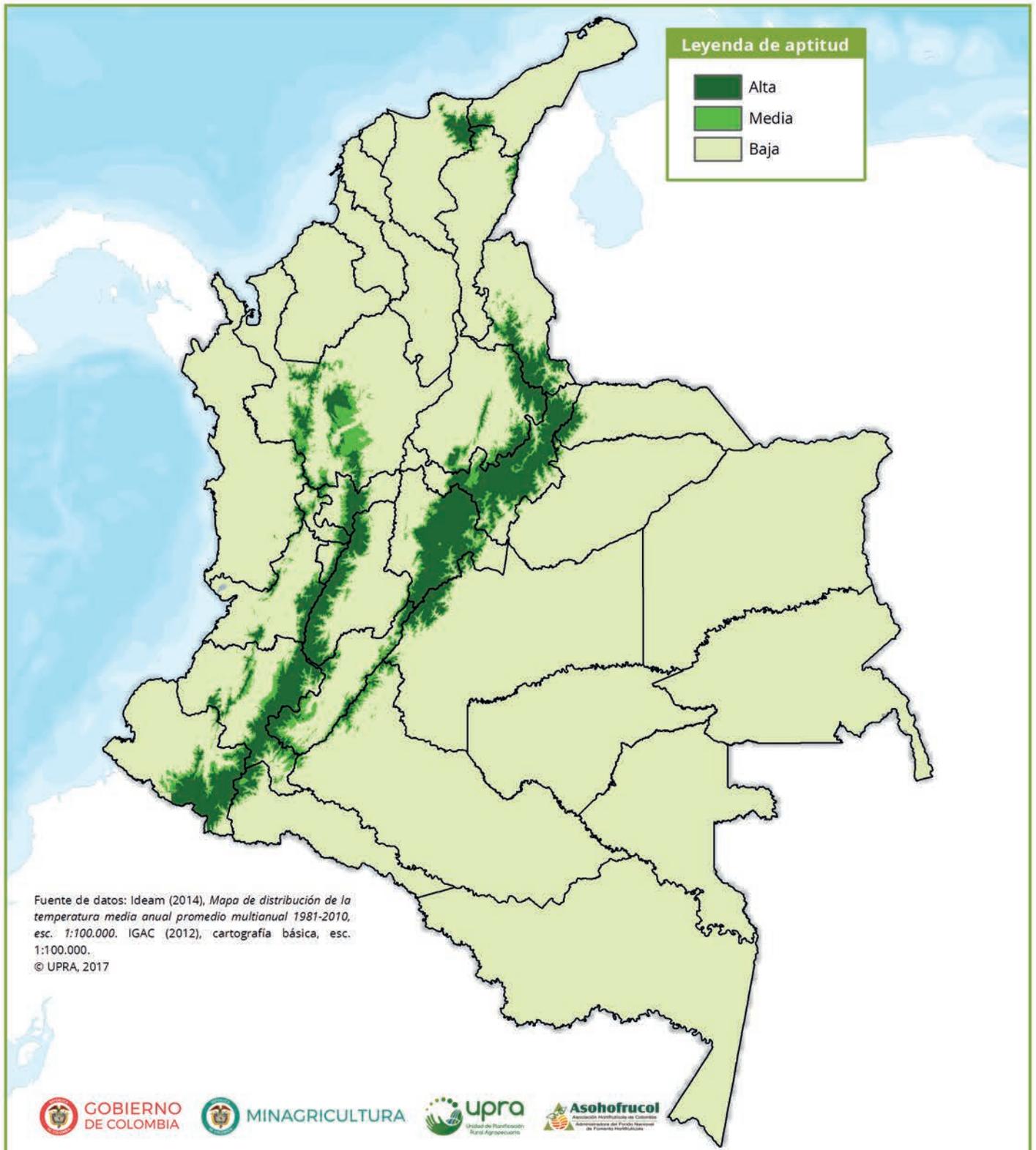
Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: Ideam.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio riesgo fitosanitario

Variable temperatura asociada a *P. cinnamomi*

1.9.4. Variable exceso hídrico asociado a *Phytophthora cinnamomi*

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: RIESGO FITOSANITARIO | | |
| VARIABLE: EXCESO HÍDRICO | UNIDAD DE MEDIDA: mm | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Cantidad de agua presente en el suelo que supera la capacidad de campo y genera encharcamiento o lámina de agua.

Importancia de la variable para el cultivo

La saturación de agua en el suelo, entendida como exceso, se convierte en una evidente fuente de inoculación y desarrollo de patógeno agente causal de la pudrición de la raíz (*Phytophthora cinnamomi*), zonas condiciones de encharcamiento potenciales son susceptibles para la aparición de patógenos; esta relación está claramente identificada como uno de los factores desencadenantes de epidemias y limitante fitosanitaria como *P. cinnamomi*.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo de aguacate variedad Hass referente al exceso hídrico correspondieron a tres series o rangos que se relacionan completamente con el riesgo fitosanitario potencial para la pudrición de la raíz. Para las condiciones de bajo riesgo, se establecieron zonas entre 0–500 mm; para la determinación de riesgo medio de aparición y desarrollo de la pudrición, se determinaron zonas mayores a 500 mm hasta 1500 mm, condiciones que permiten un desarrollo de *P. cinnamomi* a una tasa que permite implementar medidas de mitigación y control.

Como zonas de riesgo alto para el desarrollo de limitantes sanitarios se determinaron zonas con condición de exceso hídrico superiores a 1500 mm. Estas son aquellas donde las tasas de infección, desarrollo y reproducción de *Phytophthora cinnamomi* se elevan considerablemente.

| Variable | Unidad | A1 | A2 | A3 |
|----------------|--------|-------|----------------|-------|
| Exceso hídrico | mm/año | ≤ 500 | > 500 – ≤ 1500 | >1500 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada por lo menos al 2014, de la información pluviométrica de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial a nivel anual no refleja la condición pluviométrica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada de base para las unidades se tomó del mapa de precipitación anual elaborado por el Ideam, en 2015, a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 al 2014.

Se realizó un ejercicio de delimitación a nivel espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, basado en la experiencia profesional y en referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud: A1: riesgo fitosanitario bajo para el cultivo con restricciones para el desarrollo de la enfermedad. A2: riesgo fitosanitario medio para el cultivo con restricciones moderadas para la enfermedad, y A3: riesgo fitosanitario alto para el cultivo dadas las condiciones ideales de exceso hídrico para la enfermedad. A mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

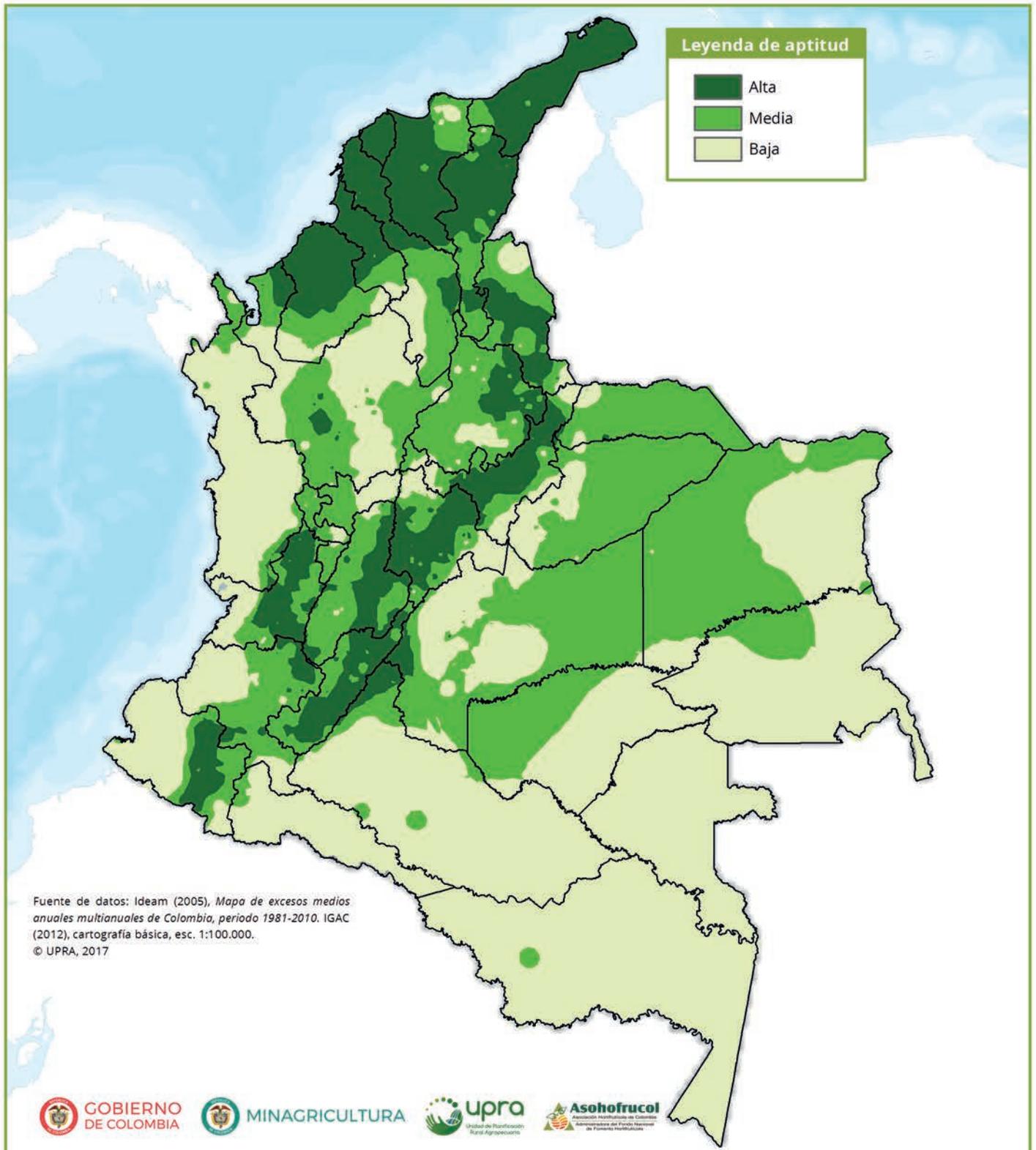
Fuentes de información

- Ideam. (2015). *Mapa de isoyetas de Colombia a escala 1:100:000*. Bogotá: Ideam.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio riesgo fitosanitario

Variable exceso hídrico asociado a *P. cinnamomi*

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico

2.1 Criterio cambio de cobertura

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: CAMBIO DE COBERTURA | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | ✓ |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| <p>El cambio de la cobertura es un criterio conformado por una sola variable: cobertura de la tierra, cuya unidad de análisis es la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivo de aguacate.</p> | | |

Definición

Determina la favorabilidad del cambio de cobertura en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los siguientes principios:

- Grado de antropización y transformación de las coberturas.
- Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura, de acuerdo con sus diferentes características.
- Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

La cobertura de la tierra y los cambios que ocurren dentro de ella son fundamentales para un gran número de procesos físicos del cambio global. Este criterio es relevante para determinar la aptitud del territorio, debido a que es el resultado de la interacción de una serie de factores que operan en diferentes escalas espaciales y temporales, y que se correlacionan con procesos que ocurren a nivel de los ecosistemas y las poblaciones biológicas; cualquier tipo de cambio de cobertura que ocurra por diversas actividades humanas incide en cambios en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación, los flujos de materia y energía en los ecosistemas, incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el ciclo hidrológico (Di Gregorio, 2005; Lambin y Geist, 2006); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Importancia del criterio para el cultivo

Por medio de este criterio, es posible identificar áreas con vegetación natural, sujetas a exclusiones y áreas transformadas, donde es favorable establecer el cultivo comercial de aguacate, bajo una visión integral del territorio. Asimismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, con el fin de identificar las zonas de menor impacto socioecosistémico, como producto de cambio para el establecimiento del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los valores de exclusión analizados corresponden a las coberturas naturales y seminaturales existentes. Sin embargo, se estableció que los herbazales densos de tierra firme, la vegetación secundaria baja y las zonas quemadas, en algunos casos puntuales, no son totalmente excluyentes y, como excepción, pueden ser áreas aptas, como es el caso de la altillanura.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica por medio 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», la cual permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial; no obstante, CLC engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al.*, 2009).

Valor de ponderación del criterio: 3,8 %

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 que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan 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 se empleó la información referente a biomas desarrollada en el «Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia» (Ideam *et al.*, 2015), con cuyo análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan.

Mediante este ejercicio fue posible reclasificar cada una de las unidades de la cobertura de la tierra y asignar un grado de aptitud (A1, A2, A3 o N1) fundamentado en el tipo de bioma en donde se localiza cada unidad de cobertura. Este procedimiento implicó analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen favorable o no el establecimiento del cultivo comercial de aguacate.

| Descripción de los tipos de aptitud para el cultivo de aguacate variedad Hass. | |
|---|---------|
| Descripción | Aptitud |
| Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan las áreas de pastos arbolados y enmalezados, y los cultivos permanentes y palma de aceite. | A1 |
| Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los mosaicos de pastos y cultivos, los pastos limpios y los cultivos permanentes para la producción de alimentos. | A2 |
| Corresponde a aquellas coberturas en donde predominan los cultivos de ciclo corto, o permanentes dedicados a la producción de alimentos humanos, también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para cultivos de aguacate, adicionalmente incluye algunos herbazales densos de tierra firme. | A3 |
| Corresponde a coberturas no favorables para el establecimiento de cultivos de aguacate, son aquellas excluidas técnicamente y están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, las áreas húmedas, las superficies de aguas y los territorios artificializados. Categorías leyenda <i>Corine Land Cover</i> : 1. Territorios artificializados, 3. Bosques y áreas seminaturales (exceptuando 3.1.5 Plantaciones forestales y 3.3.4 Zonas quemadas), 4. Áreas Húmedas y 5. Superficies de agua. | N1 |

Las coberturas no aptas N1 identifican principalmente aquellas coberturas que, por sus características naturales o por tener algún valor de identidad sociocultural reconocido, deben ser protegidas, por lo que deben mantener su cobertura actual y en las que, por consiguiente, no se pueden establecer cultivos de aguacate.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Aptitud A1 | | | | | |
|--|------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------|
| Biomás | Pastos arbolados | Pastos enmalezados | Cultivos permanentes | Palma de aceite | Zonas quemadas |
| Halobioma del Caribe | | | | | |
| Halobiomas del Pacífico | | | | | |
| Helobiomas andinos | | | | | |
| Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | |
| Helobiomas del Magdalena y Caribe | | | | | |
| Helobiomas del Pacífico y Atrato | | | | | |
| Helobiomas del río Zulia | | | | | |
| Helobiomas del Valle del Cauca | | | | | |
| Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | |
| Orobioma alto de Santa Marta | | | | | |
| Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira | | | | | |
| Orobioma de La Macarena | | | | | |
| Orobioma de San Lucas | | | | | |
| Orobioma del Baudó y Darién | | | | | |
| Orobioma medio de Santa Marta | | | | | |
| Orobiomas altos de los Andes | | | | | |
| Orobiomas azonales de Cúcuta | | | | | |
| Orobiomas azonales del río Sogamoso | | | | | |
| Orobiomas azonales del Valle del Patía | | | | | |
| Orobiomas azonales del río Dagua | | | | | |
| Orobiomas bajos de los Andes | | | | | |
| Orobiomas medios de los Andes | | | | | |
| Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena | | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca | | | | | |
| Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato | | | | | |
| Zonobioma seco tropical del Caribe | | | | | |

| Aptitud 2 | | | | |
|--|------------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Biomias | Mosaico de pastos y cultivos | Pastos limpios | Cultivos transitorios | Plantación forestal |
| Halobioma del Caribe | | | | |
| Halobiomas del Pacífico | | | | |
| Helobioma de la Guajira | | | | |
| Helobiomas andinos | | | | |
| Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | |
| Helobiomas del Magdalena y Caribe | | | | |
| Helobiomas del Pacífico y Atrato | | | | |
| Helobiomas del río Zulia | | | | |
| Helobiomas del Valle del Cauca | | | | |
| Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | |
| Orobioma alto de Santa Marta | | | | |
| Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira | | | | |
| Orobioma de La Macarena | | | | |
| Orobioma de San Lucas | | | | |
| Orobioma medios de los Andes | | | | |
| 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 del río Dagua | | | | |
| Orobiomas bajos de los Andes | | | | |
| Orobiomas medios de los Andes | | | | |
| Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca | | | | |
| Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato | | | | |
| Zonobioma seco tropical del Caribe | | | | |

Fotografía: archivo UPRA

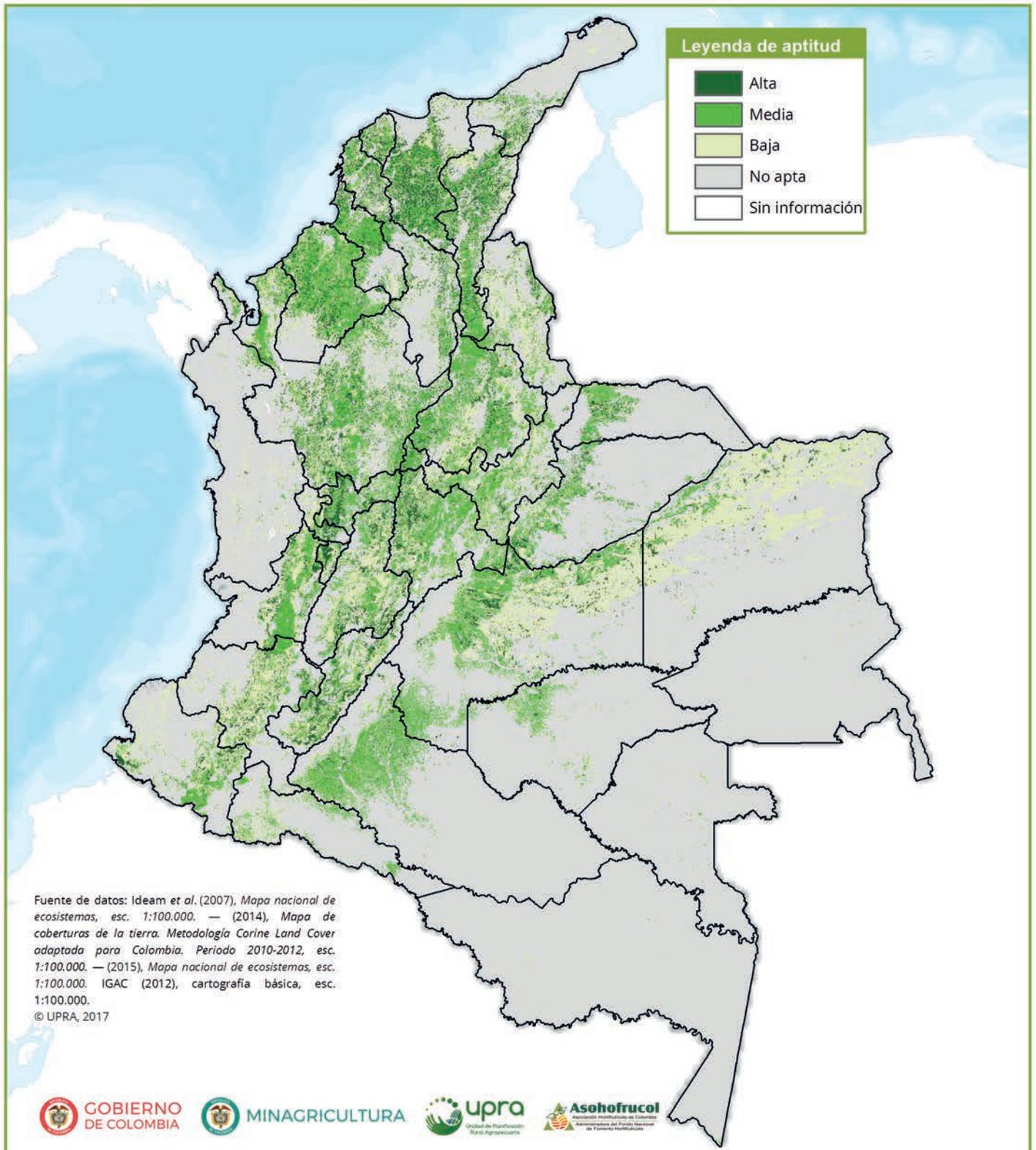


| Aptitud 3 | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|--|--|--|--------------------------------|
| Biomás | Cultivos permanentes herbáceos | Cultivos permanentes arbóreos | Cultivos confinados | Mosaico de cultivos | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | Mosaico de pastos con espacios naturales | Mosaico de cultivos con espacios naturales | Herbazal denso de tierra firme |
| Halobioma del Caribe | | | | | | | | |
| Halobiotomas del Pacífico | | | | | | | | |
| Helobioma de la Guajira | | | | | | | | |
| Helobiotomas andinos | | | | | | | | |
| Helobiotomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | | | | |
| Helobiotomas del Magdalena y Caribe | | | | | | | | |
| Helobiotomas del Pacífico y Atrato | | | | | | | | |
| Helobiotomas del río Zulia | | | | | | | | |
| Helobiotomas del Valle del Cauca | | | | | | | | |
| Litobiotomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | | | | |
| Orobioma alto de Santa Marta | | | | | | | | |
| Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira | | | | | | | | |
| Orobioma de La Macarena | | | | | | | | |
| Orobioma de San Lucas | | | | | | | | |
| Orobioma medios de los Andes | | | | | | | | |
| 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 del río Dagua | | | | | | | | |
| Orobiomas bajos de los Andes | | | | | | | | |
| Orobiomas medios de los Andes | | | | | | | | |
| Peinobiotomas de la Amazonia y Orinoquia | | | | | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena | | | | | | | | |
| Zonobioma alterno higrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca | | | | | | | | |
| Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta | | | | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia | | | | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo | | | | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe | | | | | | | | |
| Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato | | | | | | | | |
| Zonobioma seco tropical del Caribe | | | | | | | | |

Fuentes de información

- Aguilera, I., Castaños, J., Escudero, R., González, A. y Monteagudo, S. (2009). «El nivel 3 de la nomenclatura Corine y la pérdida de representatividad de algunas clases importantes en el CLC06 de la C. A. Aragón». En L. Fernández, y S. Montesinos (Ed.), *Teledetección: agua y desarrollo sostenible* (págs. 393-396). Calatayud: Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Recuperado de <www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>
- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra: conceptos de clasificación y manual para el usuario*. Roma: FAO.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam, IGAC, IAVH, Sinchi, Invemar, IIAP, PNN y MADS. (8 de Julio de 2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000*. Recuperado de Sitio web del Ideam: <<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/222663/Presentaci%C3%B3n+final+mapa+ecosistemas.pdf/c33bef40-e727-49db-8fb7-4201cfa37af>>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Lambin, E. y Geist, H. (Edits.). (2006). *Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts*. Berlín: Springer. Recuperado de <<https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-3-540-32202-3%2F1.pdf>>

Representación cartográfica del criterio



Criterio cambio de cobertura

2.2 Criterio integridad ecológica

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), índice de naturalidad (Inat) y áreas de concentración de especies sensibles (ACES). | | |

Definición

Habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad balanceada y adaptada de organismos, con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región. Este estimador de la calidad ambiental es útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación.

La IE incorpora dinámicas tendientes 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, con el desarrollo de acciones ambientales sostenibles y, cuando el conocimiento sea limitado, debe primar el principio de precaución.
- Adoptar patrones de producción que salvaguarden la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los derechos humanos y el bienestar de las comunidades.
- Promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la zonificación, un territorio con IE es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre. Así, en la escala del presente trabajo, la IE analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema mediante las siguientes variables:

Conectividad estructural de coberturas naturales (CECN): en todo paisaje cultural, los relictos de vegetación natural tienen un papel fundamental para la movilidad de la biodiversidad y la continuidad en la prestación de los servicios ecosistémicos (base natural que sustenta los procesos productivos). La variable mide la distancia entre los parches de todos los tipos de coberturas naturales que se encuentran en la matriz rural (territorios agrícolas, según la metodología de *Corine Land Cover*) y determina áreas con diferente nivel de conectividad estructural.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en aquellas áreas con mayor conectividad estructural de las coberturas naturales dentro de la matriz transformada (por ejemplo, mosaicos con dominancia de espacios naturales) se reduce la aptitud para el establecimiento del cultivo. En estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales.

Por el contrario, donde la conectividad de las coberturas naturales es menor en el interior de la matriz transformada (por ejemplo, pastizales limpios), la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor. En estas áreas predominan los procesos productivos sin interrupción a ciclos ecológicos esenciales, e incluso el establecimiento de cultivos puede propiciar la continuidad de los procesos naturales.

Índice de naturalidad (Inat): la prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un territorio¹ están determinadas por el área de las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, los cuales son necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio.

De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas con procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, etcétera), en proporción al tamaño de la SZH.

Así, cuanto más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos, dado que las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de los procesos ecológicos naturales. En las áreas con menor naturalidad será mayor la aptitud para el establecimiento del cultivo, ya que no se alteran los procesos naturales, e incluso se potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico.

Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): Colombia es reconocida mundialmente como uno de los países con más altos niveles de diversidad biológica, la cual se ubica en lugares específicos de la geografía nacional.

Existen diferentes áreas con figuras de protección donde se conserva esta diversidad biológica y ecosistémica; sin embargo, estas no albergan toda la biodiversidad del país. De forma complementaria, existen en el territorio nacional áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de especies sensibles (amenazadas, escasas o con distribuciones reducidas).

La variable mide la concentración (densidad o riqueza potencial) de especies sensibles en polígonos identificados como de especial importancia, así:

- Áreas prioritarias para la conservación (APC) (IAVH y ANH, 2010).
- Áreas críticas (AC) para especies migratorias en agroecosistemas (SELVA, 2012).
- Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) (IAVH, 2015).

De esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, menor es la aptitud para el potencial establecimiento del cultivo, debido a que las labores relacionadas con estas presionan las poblaciones de interés o sus hábitats, lo que aumenta las amenazas para los grupos taxonómicos considerados (aves, mamíferos,

1 Se emplea la subzona hidrográfica (SZH), por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

reptiles, anfibios, peces y plantas). Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor.

Importancia del criterio para el cultivo

La IE aproxima al estado de conservación de un área determinada, lo que permite establecer el grado de salud de los ecosistemas o paisajes y, por consiguiente, su potencial como área para el desarrollo de cultivos de aguacate variedad Hass, su orientación hacia la restauración o su vocación hacia la conservación.

El modelo parte de la premisa de que la aptitud para el establecimiento de cultivos de aguacate variedad Hass varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de manera que la aptitud es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC), pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud es alta en lugares donde dicha integridad es baja, debido a la transformación del paisaje o a la ausencia de dichos AVC.

Limitantes de la evaluación del criterio

La temporalidad de la información de *Corine Land Cover* (2009) limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible.

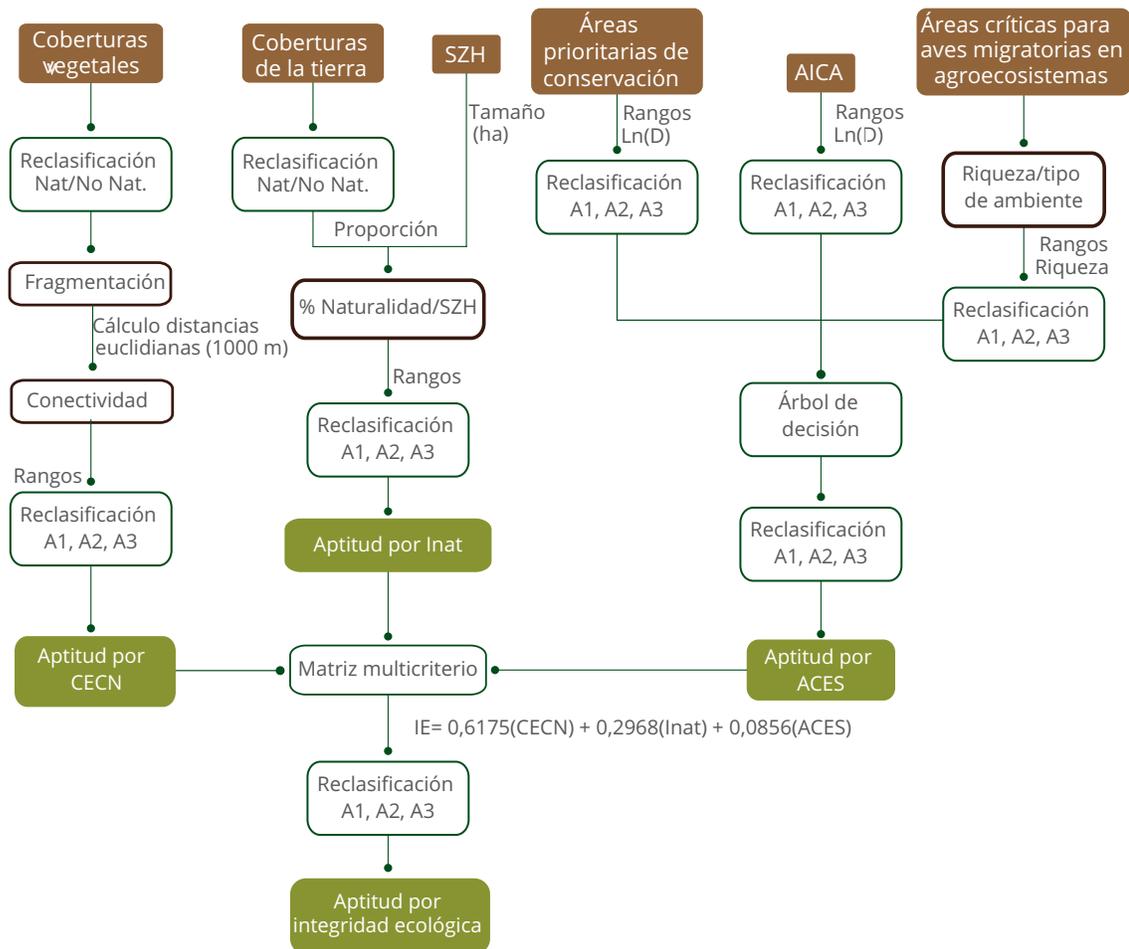
La información sobre biodiversidad siempre cuenta con limitaciones relacionadas con el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para todo el país.

Valor de ponderación del criterio: 5,0 %

Metodología de evaluación

Para la evaluación del criterio, se realizó el procesamiento de cada una de sus tres variables como se describe a continuación.

Procedimiento para determinar la aptitud por integridad ecológica



a. Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) en paisajes transformados

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para realizar dicho análisis, se partió del mapa de coberturas de la tierra, metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia (Ideam, 2012a). A partir de este, se realizó un análisis de fragmentación mediante la extensión Fragmentation del *software* SAGA GIS 2.1.2., tomando como unidades de análisis todas las coberturas vegetales naturales y seminaturales, con el fin de establecer las áreas mejor consolidadas como áreas núcleo de los fragmentos (menor fragmentación).

Mediante un análisis posterior de distancia euclidiana realizada en ArcGIS, se estableció la conectividad estructural desde los centroides de los fragmentos como objeto foco de conectividad, empleando una distancia de 1000 m entre núcleos como distancia de referencia.

Finalmente, los valores de distancia obtenidos se normalizaron mediante la técnica de lógica difusa, empleando la herramienta Fuzzy del *software* ArcGIS versión 10.3. La conectividad estructural así obtenida se distribuyó en un rango

entre 0 y 1, en donde cero (0) representa la menor conectividad y uno (1), la mayor conectividad, la cual posteriormente se reclasificó en términos de la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. Los valores obtenidos se distribuyeron en tres rangos mediante el método de clasificación *Natural breaks* y se obtuvo la siguiente calificación:

| Calificación de la variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) | | |
|---|-----------------|---------|
| Descripción | Rango | Aptitud |
| Conectividad menor | 0,13 - 0,49 | A1 |
| Conectividad media | ≥ 0,49 - ≤ 0,82 | A2 |
| Conectividad mayor | 0,82 - 1 | A3 |

La CECN es una medida a escala de paisaje que, en la matriz transformada, permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento e intercambio de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

b. Índice de naturalidad (Inat) de las subzonas hidrográficas

Esta variable se construyó a partir de las coberturas naturales, según la clasificación de *Corine Land Cover* (bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, Ideam, 2010a). Se realizó una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua (ENA)» (Ideam, 2010b).

De esta forma,

$$\text{Inat} = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

A partir de este cálculo, se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros adaptados de Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo de aguacate variedad Hass:

| Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado de Márquez, 2003) | | |
|---|----------------------|---------|
| Descripción | Rango (%) | Aptitud |
| % Inat muy baja (vital) | 0-5 5-30 30-50 | A1 |
| % Inat baja (estratégica) | | |
| % Inat moderada | | |
| % Inat alta | ≥ 50 - ≤ 75 | A2 |
| % Inat muy alta (protección) | 75-100 | A3 |

c. Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Esta variable se construyó a partir de los siguientes insumos: áreas prioritarias de conservación, áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) y áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas.

Áreas prioritarias de conservación (APC): a partir del portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000 (IAVH y ANH, 2013), se tomó la información de especies sensibles en las APC, las cuales se relacionaron con el tamaño de cada polígono para obtener la densidad de especies/km². Para incorporar esta información, se tomaron los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso del estudio, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies o ecosistemas, respectivamente.

Cuanto mayor sea el número de especies sensibles o endémicas (riqueza) con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio para el establecimiento de cultivos comerciales.

Para aquellos polígonos sin información, se asumió el mínimo número de especies registrado, bajo la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica. Finalmente, los valores obtenidos de densidad de especies se normalizaron empleando la función logaritmo natural, para obtener una mejor distribución de los datos. Los valores obtenidos se distribuyeron en tres rangos, mediante el método de clasificación *Natural breaks* del software ArcGIS 10.3, con lo cual se obtuvo la siguiente calificación:

| Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas prioritarias de conservación (APC) | | |
|---|----------------|---------|
| Descripción | Rango ln (D) | Aptitud |
| Áreas sin identificación de APC. | < -10,02 | A1 |
| APC con muy baja o baja densidad de especies sensibles. | -10,02 a -2,77 | A2 |
| APC con moderada, alta o muy alta densidad de especies sensibles. | -2,76 a 6,42 | A3 |

Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA): para el tratamiento de este insumo se partió de la información espacial sobre AICA suministrada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y su base de datos asociada. La información se depuró de la siguiente forma:

- De la base de datos de especies, se excluyen las AICA sin información georreferenciada.
- Se organizó la información por AICA y se eliminaron las especies duplicadas.
- Para cada AICA, se obtuvo el número de especies por cada categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

Con la información depurada, se calculó la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerable) que se reportó en cada AICA y se dividió por el área del AICA en km².

Con la información disponible, se establecieron dos zonas en el país: la primera corresponde al área donde no hay AICA (categoría de aptitud A1), y la segunda agrupa aquellas áreas donde hay AICA establecidas (categoría de aptitud A2 y A3).

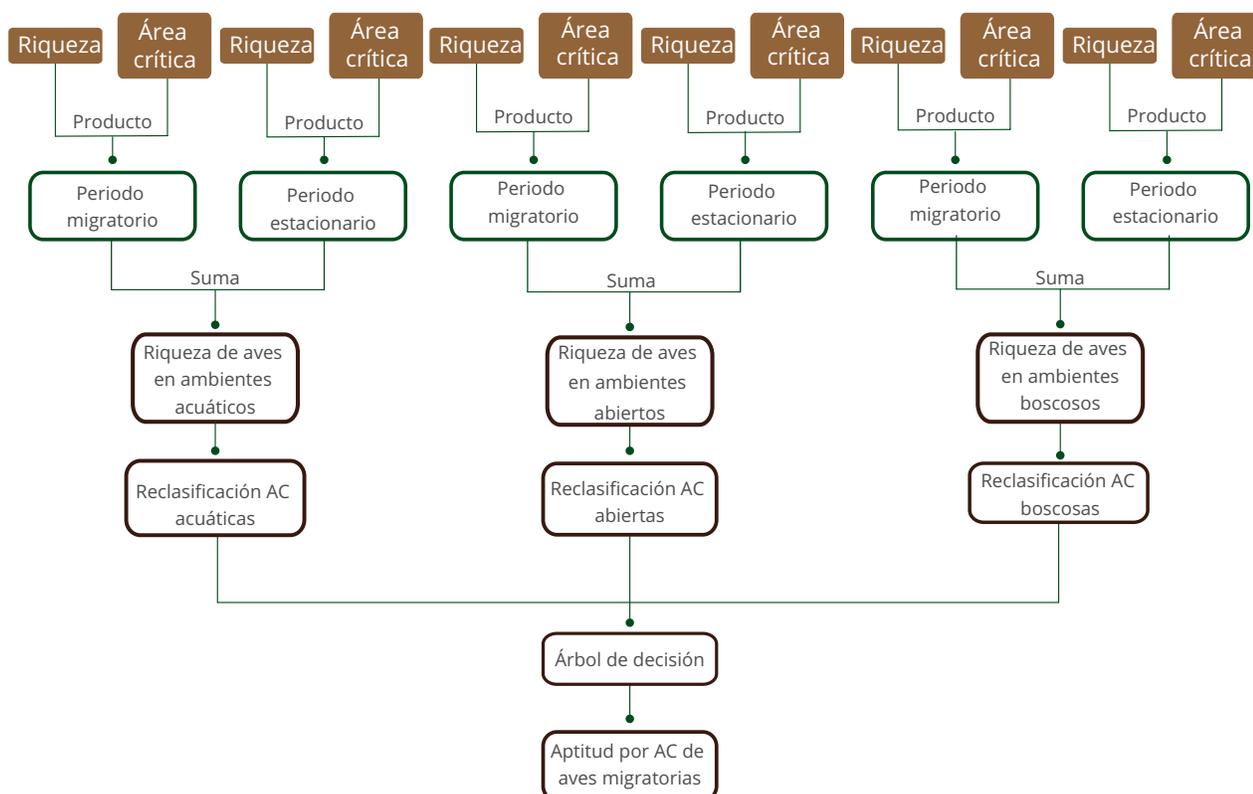
Las áreas donde hay AICA establecidas se clasificaron de acuerdo con el valor de ln (D), mediante el método de clasificación *Natural breaks* del software ArcGIS 10.3. De esta forma, a los rangos definidos se les asignó la siguiente calificación:

| Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA) | | |
|--|-----------------|---------|
| Descripción | Rango ln (D) | Aptitud |
| Áreas sin AICA | < -8,085 | A1 |
| AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles | -8,085 a -4,189 | A2 |
| Densidad moderada, alta o muy alta de especies sensibles en las AICA | -4,189 a 1,67 | A3 |

Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios: a partir de la información para especies migratorias (aves, murciélagos, peces e insectos) en paisajes agropecuarios (SELVA, 2012), se emplearon las capas de áreas críticas y riqueza potencial del grupo taxonómico de aves asociadas con ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, tanto en periodo migratorio como estacionario.

El procedimiento para determinar la aptitud de acuerdo con la riqueza de especies migratorias en las áreas críticas se detalla en la siguiente figura.

Procedimiento para determinar la aptitud por áreas críticas para especies migratorias



Fuente: SELVA (2012)

Se realizó el producto entre las capas de las áreas críticas y riqueza potencial, tanto en periodo migratorio como estacionario, para cada grupo de aves asociadas con los ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, respectivamente. De esta forma, se obtuvo el nivel de importancia de las áreas críticas tipificadas a partir de su riqueza potencial.

Posteriormente, mediante la adición del valor de la riqueza del periodo estacionario y migratorio, se obtuvo la importancia total para cada uno de los ambientes (bosque, abierto, acuático). El producto es una visión completa a lo largo de todo el proceso migratorio, respecto a la importancia de los diferentes hábitats críticos.

Los valores de importancia total resultante se dividieron en dos categorías, mediante la utilización del método de clasificación *Natural breaks* del *software* ArcGIS 10.3. Posteriormente, se asignó el mayor valor de importancia a las áreas con alta riqueza, e importancia moderada a aquellas con menor valor de riqueza potencial.

Para los lugares en los que no existen áreas críticas se asignó la categoría de «no aplica».

Finalmente, a partir de un árbol de decisión entre las categorías de importancia asignadas a cada uno de los ambientes, se estableció la aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass. Esta aptitud considera este cultivo ofrece un ambiente con características más favorables para las especies de aves migratorias asociadas con ambientes boscosos, de acuerdo con la siguiente tabla.

| Reclasificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass, de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------|
| Importancia de las áreas críticas | | | Aptitud |
| Bosque | Abiertos | Acuáticos | |
| Alta | Alta | Alta | A3 |
| Alta | Alta | Moderada | A2 |
| Alta | Alta | No aplica | A2 |
| Alta | Moderada | Alta | A2 |
| Alta | Moderada | Moderada | A2 |
| Alta | Moderada | No aplica | A2 |
| Alta | No aplica | Alta | A2 |
| Alta | No aplica | Moderada | A1 |
| Alta | No aplica | No aplica | A1 |
| Moderada | Alta | Alta | A2 |
| Moderada | Alta | Moderada | A2 |
| Moderada | Alta | No aplica | A2 |
| Moderada | Moderada | Alta | A2 |
| Moderada | Moderada | Moderada | A2 |
| Moderada | Moderada | No aplica | A2 |
| Moderada | No aplica | Alta | A2 |
| Moderada | No aplica | Moderada | A2 |
| Moderada | No aplica | No aplica | A1 |
| No aplica | Alta | Alta | A2 |
| No aplica | Alta | Moderada | A2 |
| No aplica | Alta | No aplica | A2 |
| No aplica | Moderada | Alta | A2 |
| No aplica | Moderada | Moderada | A2 |
| No aplica | Moderada | No aplica | A2 |
| No aplica | No aplica | Alta | A1 |
| No aplica | No aplica | Moderada | A1 |
| No aplica | No aplica | No aplica | A1 |

Para integrar los insumos de la variable áreas de concentración de especies sensibles (AP, AICA, AC), se realizó una reclasificación de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, cuya calificación está dada por el nivel de mayor restricción.

| Árbol de decisión para integración de los insumos de la variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) | | | |
|--|--|---|---------|
| Áreas prioritarias de conservación (APC) | Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) | Áreas críticas para especies migratorias en paisajes agropecuarios (AC) | Aptitud |
| A1 | A1 | A1 | A1 |
| A1 | A1 | A2 | A2 |
| A1 | A1 | A3 | A3 |
| A1 | A2 | A1 | A2 |
| A1 | A2 | A2 | A2 |
| A1 | A2 | A3 | A3 |
| A1 | A3 | A1 | A3 |
| A1 | A3 | A2 | A3 |
| A1 | A3 | A3 | A3 |
| A2 | A1 | A1 | A2 |
| A2 | A1 | A2 | A2 |
| A2 | A1 | A3 | A3 |
| A2 | A2 | A1 | A2 |
| A2 | A2 | A2 | A2 |
| A2 | A2 | A3 | A3 |
| A2 | A3 | A1 | A3 |
| A2 | A3 | A2 | A3 |
| A2 | A3 | A3 | A3 |
| A3 | A1 | A1 | A3 |
| A3 | A1 | A2 | A3 |
| A3 | A1 | A3 | A3 |
| A3 | A2 | A1 | A3 |
| A3 | A2 | A2 | A3 |
| A3 | A2 | A3 | A3 |
| A3 | A3 | A1 | A3 |
| A3 | A3 | A2 | A3 |
| A3 | A3 | A3 | A3 |

d. Integración de variables

Para la integración de las variables conectividad estructural de las coberturas naturales, índice de naturalidad y áreas de concentración de especies sensibles, se realizó una suma ponderada mediante la siguiente fórmula:

$$IE = a(CECN) + b(Inat) + c(ACES)$$

En la que a, b y c representan los factores de ponderación de las tres variables, los cuales se determinaron mediante el establecimiento de una matriz multivariable que fue evaluada siguiendo la metodología de la matriz multicriterio.

De esta forma, se obtuvieron los valores de a, b y c, así:

$$a = 0,6175$$

$$b = 0,2968$$

$$c = 0,0856$$

Rangos para la asignación de valores de aptitud

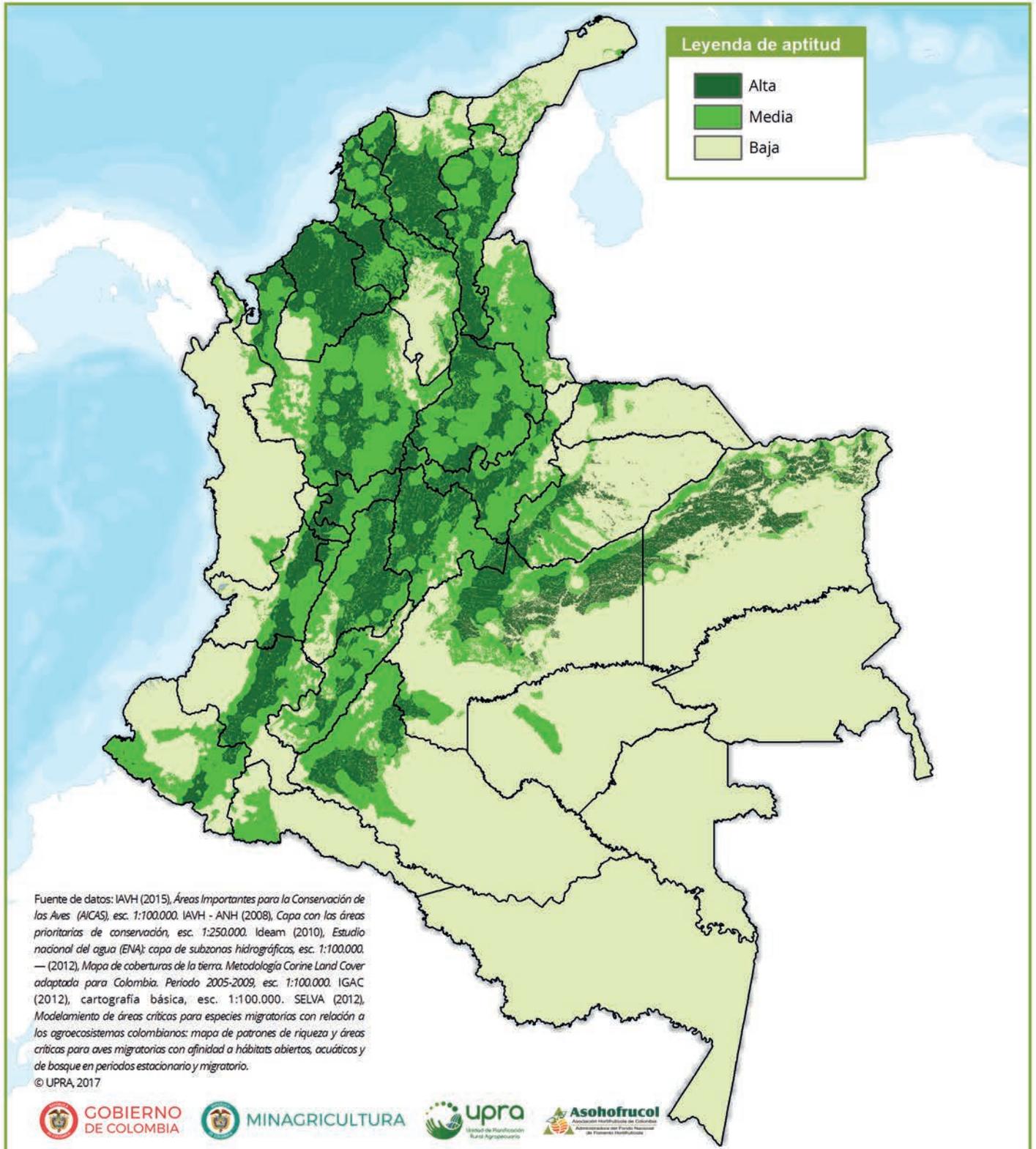
Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se dividió empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGIS:

| Aptitud para el establecimiento de cultivo comercial de aguacate variedad Hass por el criterio de integridad ecológica | |
|--|---------|
| Descripción | Aptitud |
| Lugares en donde la integridad ecológica es baja. La actividad productiva irrumpe en baja medida sobre la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles. | A1 |
| Lugares en donde la integridad ecológica es moderada. 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. | A2 |
| 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. | A3 |

Fuentes de información

- Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas*. ArcGIS-Fragstats. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Mackey, B. (2005). «La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra». En P. Corcoran, *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (págs. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV. Recuperado de <<http://earthcharter.org/invent/images/uploads/Mackey.pdf>>
- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson e Í. Yépez (Edits.), *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation* (C. Devenish, Í. Y. Zabala, y A. Pérez-Leroux, Trads., págs. 135-148). Quito, Ecuador: BirdLife International. Recuperado de <<http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia.pdf>>
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- —. (2010). *Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- SELVA. (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y UPRA. 165 pp. Bogotá, Colombia.

Representación cartográfica del criterio



Criterio integridad ecológica

2.2.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA | | |
| VARIABLE: CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL DE LAS COBERTURAS NATURALES (CECN) | UNIDAD DE MEDIDA: DISTANCIA EUCLIDIANA (1000 m). | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Medida a escala del paisaje transformado que permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como espacio vital requerido para el mantenimiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en aquellas áreas con mayor conectividad estructural de las coberturas naturales dentro de la matriz transformada (por ejemplo, mosaicos con dominancia de espacios naturales) se reduce la aptitud para el establecimiento del cultivo, por cuanto en estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales. Por el contrario, en aquellas áreas donde la conectividad de las coberturas naturales es menor en el interior de la matriz transformada (por ejemplo, pastizales limpios), la aptitud para establecimiento del cultivo es mayor, por cuanto predominan los procesos productivos sin interrupción de ciclos ecológicos esenciales e incluso el establecimiento de cultivos puede generar opciones para incrementar la continuidad de los procesos naturales.

Importancia de la variable para el cultivo

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 la cual dependen en gran medida los servicios ecosistémicos que sostienen los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Esta variable no genera exclusión. Se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los cortes naturales (*natural breaks*) como método de agrupamiento del *software* ArcGIS.

Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de «Coberturas de la tierra 2012», y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2012), la información tiene cierto nivel de

desactualización, en función de los cambios que se hayan producido hasta el 2016, sin embargo, es la última cobertura oficial generada.

Metodología de procesamiento de la información

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para realizar dicho análisis, se partió del mapa de coberturas de la tierra, metodología *Corine Land Cover* adaptada para Colombia (Ideam, 2012a). Se tomaron todos los tipos de coberturas vegetales naturales como objeto el foco de conectividad, y se realizó el análisis por medio de las métricas de paisaje como la fragmentación o la distancia euclidiana de núcleos (empleando una distancia de 1000 m entre núcleos).

La CECN es una medida a escala del paisaje, que en la matriz transformada permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

La conectividad estructural así obtenida se distribuyó en un rango entre 0 y 1, en donde cero (0) representa la menor conectividad, y uno (1) la mayor conectividad, y se reclasificó en términos de la aptitud, para establecimiento de cultivos de aguacate.

Calificación de la variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)

| Descripción | Rango | Aptitud |
|--------------------|-------------------------|---------|
| Conectividad menor | 0,13-0,49 | A1 |
| Conectividad media | $\geq 0,49 - \leq 0,82$ | A2 |
| Conectividad mayor | 0,82-1 | A3 |

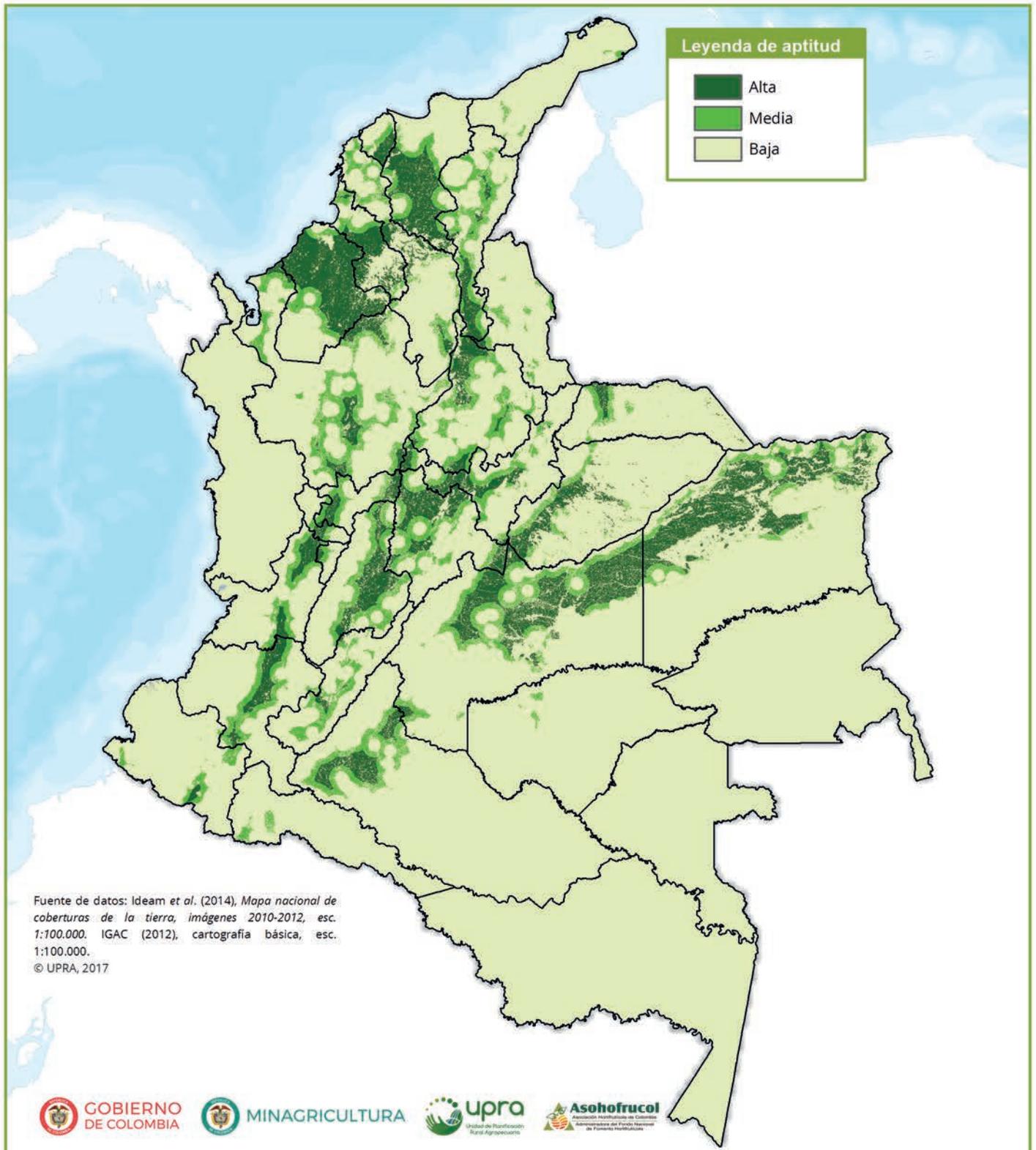
Unidad de análisis

Corresponde a polígonos de conectividad (distancias euclidianas).

Fuentes de información

- Ideam. (2012). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica

Variable conectividad estructural de las coberturas naturales

2.2.2. Variable índice de naturalidad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA | | |
| VARIABLE: ÍNDICE DE NATURALIDAD | UNIDAD DE MEDIDA: PROPORCIÓN DE ÁREA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA (%). | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Cualidad de un ecosistema o de alguna parte del mismo que da a conocer su grado de independencia con respecto a la acción del hombre o, lo que es igual, lo escaso de la influencia transformadora antrópica. Permite estimar la cantidad de espacios naturales destinados a garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en una unidad territorial determinada.

De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas aquellas coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, etcétera), en proporción al tamaño de la SZH. Así, cuanto más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos, por cuanto las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de los procesos naturales. Entre tanto, en las áreas con menor sea la naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento del cultivo, por lo que no se interrumpen los procesos naturales, e incluso se potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente.

Importancia de la variable para el cultivo

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental de la unidad geográfica de análisis (subzona hidrográfica), mediante la cantidad de espacios disponibles para el funcionamiento natural que sostiene los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

Esta variable no genera exclusión. Se identifica un rango de variación porcentual respecto al área de la subzona hidrográfica y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

| Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado de Márquez, 2003) | | |
|---|----------------------|---------|
| Descripción | Rango (%) | Aptitud |
| % Inat muy baja (vital) | 0-5 5-30 30-50 | A1 |
| % Inat baja (estratégica) | | |
| % Inat moderada | | |
| % Inat alta | 50-75 | A2 |
| % Inat muy alta (protección) | 75-100 | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica por medio 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», la cual permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial; no obstante, CLC engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al.*, 2009).

Metodología de procesamiento de la información

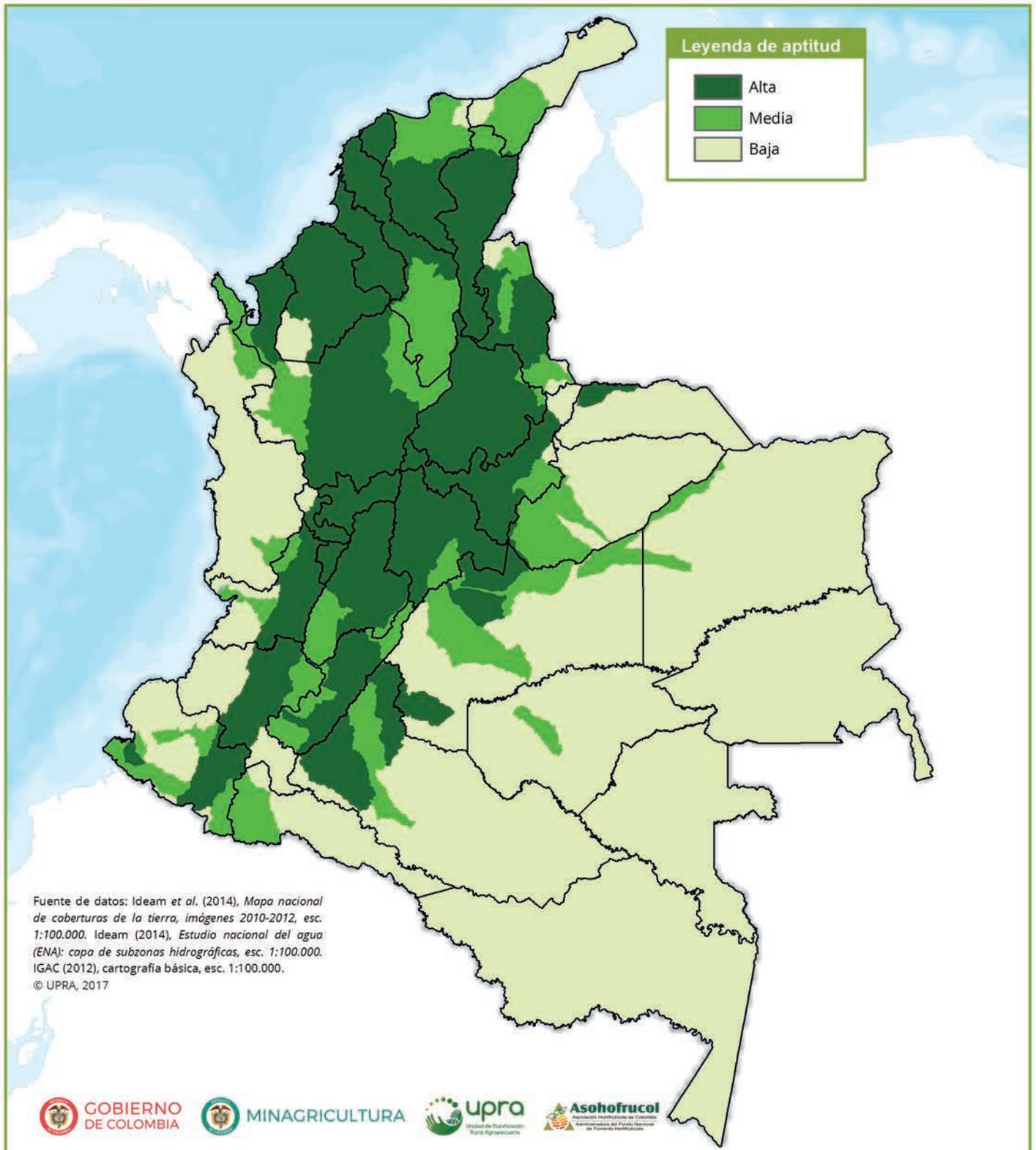
Para este estudio se relacionó el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos), según la clasificación de *Corine Land Cover*, a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2012). Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua (ENA)» (Ideam, 2014), en relación con la unidad geográfica de análisis.

$$\text{Inat} = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003), y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass:

| Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica. (adaptado de Márquez, 2003) | | |
|--|----------------------|---------|
| Descripción | Rango (%) | Aptitud |
| % Inat muy baja (vital) | 0-5 5-30 30-50 | A1 |
| % Inat baja (estratégica) | | |
| % Inat moderada | | |
| % Inat alta | 50-75 | A2 |
| % Inat muy alta (protección) | 75-100 | A3 |

Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica
Variable índice de naturalidad

Fuentes de información

- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- —. (2014). *Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia*. Recuperado de Sociedad Geográfica Colombiana: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>>.

2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA | | |
| VARIABLE: ÁREAS DE CONCENTRACIÓN DE ESPECIES SENSIBLES | UNIDAD DE MEDIDA: ADIMENSIONAL ² (ln (<i>spp</i> /km ²)) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles por medio de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas. De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves (AICA); así, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento y desarrollo de cultivo de aguacate es mayor.

La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) es reducida y, con ello, el potencial para la conservación de la biodiversidad del país también lo es. Por esta razón, existen en el territorio nacional áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de biodiversidad (en especial, de especies amenazadas, de distribuciones reducidas o dependientes de la calidad del hábitat a lo largo de rutas de migración).

2 La sigla *spp* hace referencia a un grupo de especies pertenecientes a un taxón biológico. En el caso de esta variable, corresponde a un grupo de especies en categoría sensible en los polígonos de interés.

La variable estableció lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles, mediante indicadores como la densidad en polígonos, y los definió como áreas prioritarias para la conservación (APC) o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (ACMig). También se integraron las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA).

De esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate es mayor.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo comercial de aguacate puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado, según el criterio asociado

La concentración de especies sensibles es una variable que no genera exclusiones. El enfoque radica en la continuidad que debe prevalecer en el territorio en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas, control biológico de plagas, etcétera), de tal forma que cuanto mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos agrícolas que puedan generar un riesgo de interrupción de los ciclos naturales de estas especies.

Fotografía: archivo UPRA



Dado que se integraron estudios de biodiversidad de naturaleza diferente, la aptitud conjugada entre las diferentes fuentes se desarrolló, a manera de árbol de decisión, de la siguiente manera:

| Áreas prioritarias para la conservación (APC) | Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) | Áreas críticas para especies migratorias en paisajes agropecuarios (AC) | Aptitud |
|---|--|---|---------|
| A1 | A1 | A1 | A1 |
| A1 | A1 | A2 | A2 |
| A1 | A1 | A3 | A3 |
| A1 | A2 | A1 | A2 |
| A1 | A2 | A2 | A2 |
| A1 | A2 | A3 | A3 |
| A1 | A3 | A1 | A3 |
| A1 | A3 | A2 | A3 |
| A1 | A3 | A3 | A3 |
| A2 | A1 | A1 | A2 |
| A2 | A1 | A2 | A2 |
| A2 | A1 | A3 | A3 |
| A2 | A2 | A1 | A2 |
| A2 | A2 | A2 | A2 |
| A2 | A2 | A3 | A3 |
| A2 | A3 | A1 | A3 |
| A2 | A3 | A2 | A3 |
| A2 | A3 | A3 | A3 |
| A3 | A1 | A1 | A3 |
| A3 | A1 | A2 | A3 |
| A3 | A1 | A3 | A3 |
| A3 | A2 | A1 | A3 |
| A3 | A2 | A2 | A3 |
| A3 | A2 | A3 | A3 |
| A3 | A3 | A1 | A3 |
| A3 | A3 | A2 | A3 |
| A3 | A3 | A3 | A3 |

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.

Se partió del supuesto de que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, y se destacaron algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por tanto, la variable supuso una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en la 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

Áreas prioritarias de conservación (APC)

En el estudio, esta variable se midió por medio de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no

declaradas en el Sinap, para lo cual se tomó como base la información generada por el IAVH y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013, en el portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000.

Para incorporar esta información, se tomaron los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso de los estudios anteriormente mencionados, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies o ecosistemas, respectivamente. Cuanto mayor fuera el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas en relación con el tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor sería la compatibilidad del territorio con la actividad de reforestación comercial.

Para este análisis se asignó a cada polígono de APC (tamaño medido en km²) el valor identificado en el estudio del número de especies sensibles objeto de protección, con el fin de obtener un valor de densidad o concentración de especies. Para aquellos polígonos sin información, se asumió el mínimo valor registrado, bajo la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica.

Los rangos de aptitud para APC fueron:

| Descripción | Rango ln (D) | Aptitud |
|--|-------------------|---------|
| Áreas sin identificación de APC | < -10,02 | A1 |
| APC muy baja de especies sensibles APC baja de especies sensibles | De -10,02 a -2,77 | A2 |
| APC moderada de especies sensibles APC alta de especies sensibles APC muy alta de especies sensibles | De -2,76 a 6,42 | A3 |

Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)

En el desarrollo y análisis de las AICA se requirió inicialmente la solicitud de la información oficial al IAVH, el cual facilitó la última capa temática y una base de datos con información de especies de cada una de las AICA. Posteriormente, se realizó una depuración de la información:

- Se eliminaron de la base de datos de especies las AICA que no tuvieran polígono en el *shape* entregado.
- Se organizó la información por AICA y se eliminaron duplicados de la información en cuanto a especies.
- Para cada AICA, se obtuvo el número de especies por cada categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

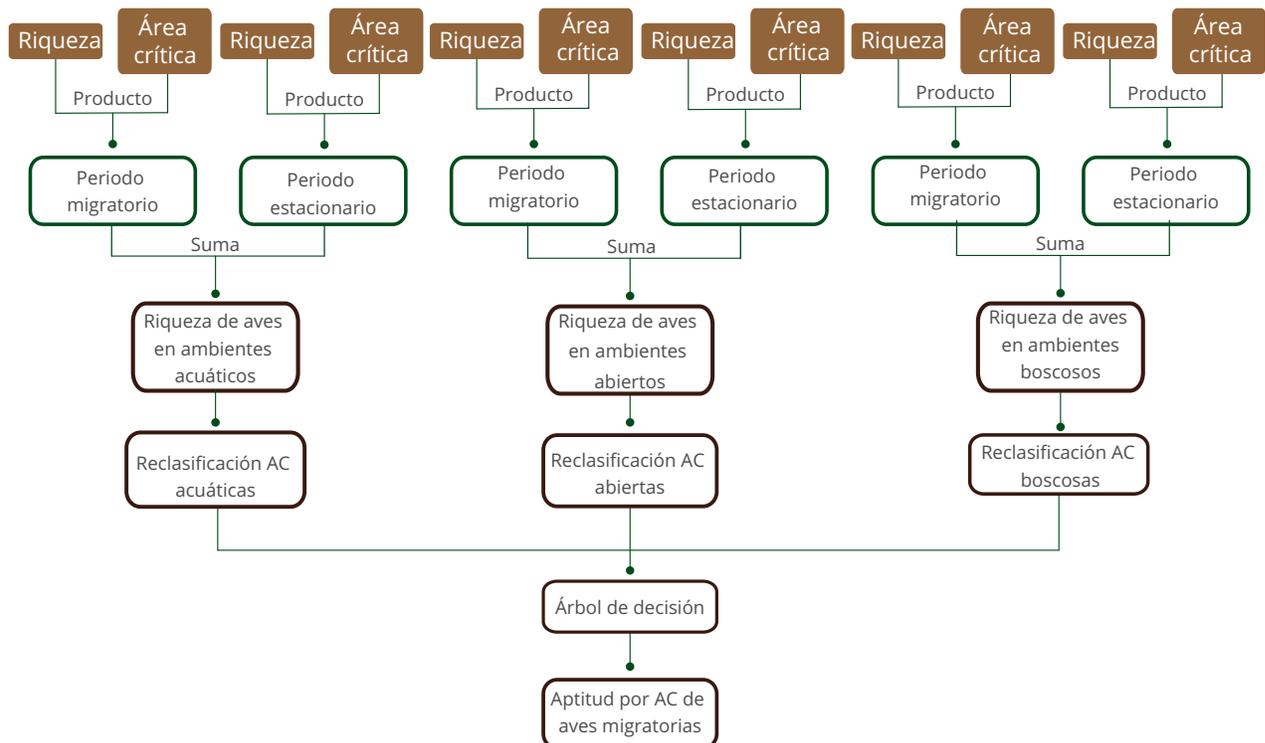
Para cada AICA, se calculó la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerables) que se reporta en cada una, de acuerdo con la base de datos facilitada y, se dividió por el área del AICA en km².

Finalmente, se calculó el logaritmo natural de la densidad obtenida y de allí se determinaron los rangos para su reclasificación:

| Descripción | Rango In (D) | Aptitud |
|---|--------------------|---------|
| Áreas sin identificación de AICA | < -8,085 | A1 |
| AICA muy baja de especies sensibles AICA baja de especies sensibles | De -8,085 a -4,189 | A2 |
| AICA moderada de especies sensibles AICA alta de especies sensibles AICA muy alta de especies sensibles | De -4,189 a 1,67 | A3 |

Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios

A partir de la información producida por SELVA (2012) para especies migratorias en paisajes agropecuarios, se emplearon las capas relacionadas con áreas críticas para el grupo taxonómico de aves, por cuanto contienen un número considerable de registros biológicos que soportan el estudio (N = 143), así como mayor confiabilidad en el proceso de depuración de las bases de datos. En la siguiente figura se ilustra el procedimiento para encontrar la aptitud, de acuerdo con la riqueza de especies migratorias asociadas con ambientes acuáticos, abiertos y de bosque.



Fuente: SELVA (2012).

De esta forma, la primera acción consistió en combinar las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque en periodo migratorio.

Después, se combinaron las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque en periodo estacionario.

Posteriormente, para el grupo de aves de cada tipo de ambiente, se sumaron las capas correspondientes a ambos periodos (estacionario y migratorio), con el fin

de tener una visión completa respecto a la importancia de los diferentes tipos de hábitats a lo largo de todo el proceso migratorio. De esta forma, entre estas dos capas generadas (de los periodos migratorio y estacional) se realizó una suma para identificar aquellas áreas que representan ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio.

Finalmente, para cada grupo de aves asociado con cada tipo de ambiente, se reclasificó la tabla resultante de los tres pasos anteriores, asignando mayor valor de importancia a aquellos lugares que representan hábitats críticos a lo largo de todo el ciclo de migración, como se muestra a continuación:

Reclasificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate variedad Hass de acuerdo con la importancia del hábitat para aves asociadas con diferentes tipos de ambientes

| Importancia de las áreas críticas | | | Aptitud |
|-----------------------------------|-----------|-----------|---------|
| Bosque | Abiertos | Acuáticos | |
| Alta | Alta | Alta | A3 |
| Alta | Alta | Moderada | A2 |
| Alta | Alta | No aplica | A2 |
| Alta | Moderada | Alta | A2 |
| Alta | Moderada | Moderada | A2 |
| Alta | Moderada | No aplica | A2 |
| Alta | No aplica | Alta | A2 |
| Alta | No aplica | Moderada | A1 |
| Alta | No aplica | No aplica | A1 |
| Moderada | Alta | Alta | A2 |
| Moderada | Alta | Moderada | A2 |
| Moderada | Alta | No aplica | A2 |
| Moderada | Moderada | Alta | A2 |
| Moderada | Moderada | Moderada | A2 |
| Moderada | Moderada | No aplica | A2 |
| Moderada | No aplica | Alta | A2 |
| Moderada | No aplica | Moderada | A2 |
| Moderada | No aplica | No aplica | A1 |
| No aplica | Alta | Alta | A2 |
| No aplica | Alta | Moderada | A2 |
| No aplica | Alta | No aplica | A2 |
| No aplica | Moderada | Alta | A2 |
| No aplica | Moderada | Moderada | A2 |
| No aplica | Moderada | No aplica | A2 |
| No aplica | No aplica | Alta | A1 |
| No aplica | No aplica | Moderada | A1 |
| No aplica | No aplica | No aplica | A1 |

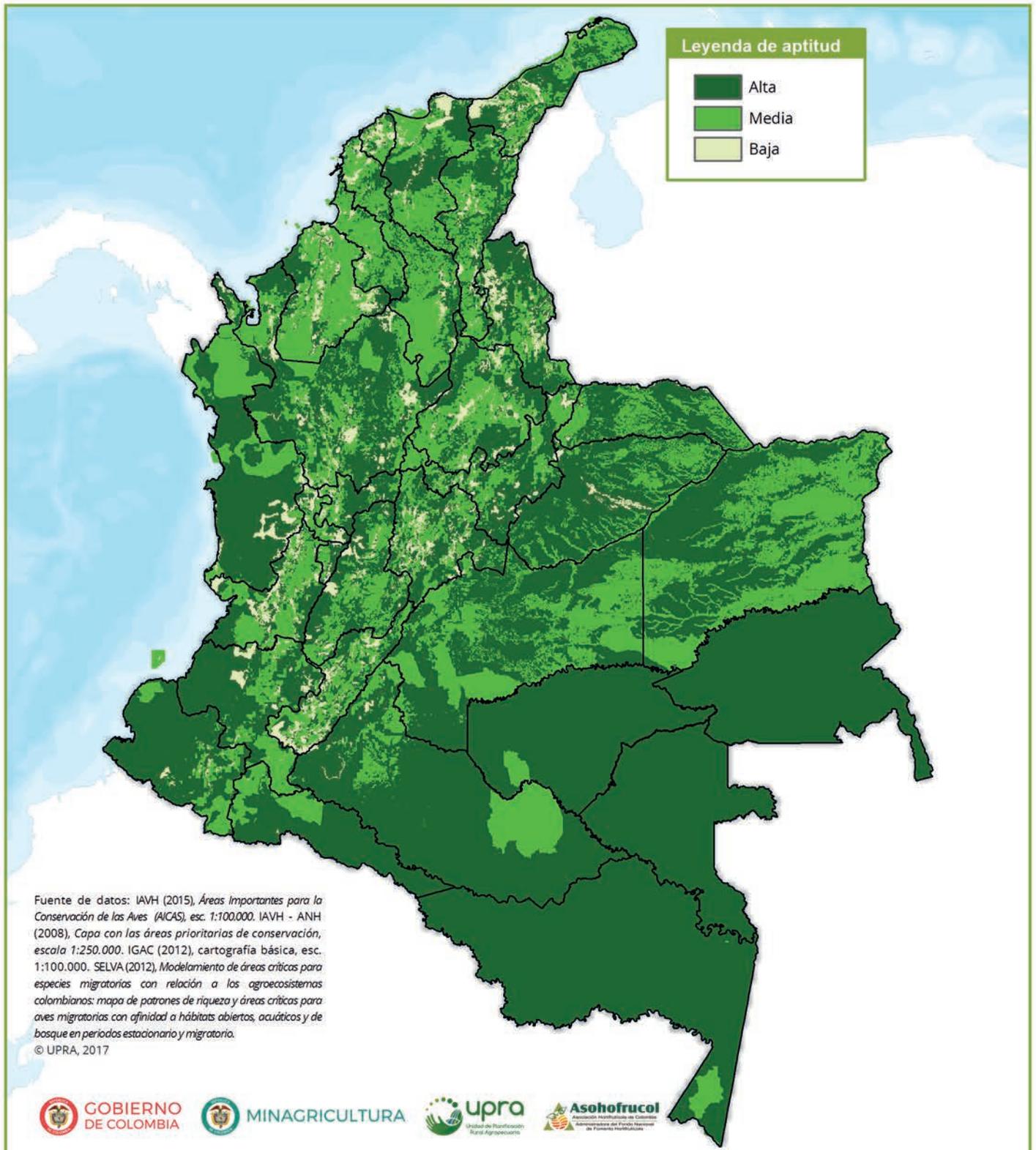
Para integrar toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se combinaron las capas resultantes; se realizó una reclasificación de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adoptó el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

| Árbol de decisión para integración de la información de áreas de concentración de especies sensibles (ACES) | | | |
|---|--|---|------------------|
| Áreas prioritarias para la conservación (APC) | Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) | Áreas críticas para especies migratorias en paisajes agropecuarios (AC) | Aptitud por ACES |
| A1 | A1 | A1 | A1 |
| A1 | A1 | A2 | A2 |
| A1 | A1 | A3 | A3 |
| A1 | A2 | A1 | A2 |
| A1 | A2 | A2 | A2 |
| A1 | A2 | A3 | A3 |
| A1 | A3 | A1 | A3 |
| A1 | A3 | A2 | A3 |
| A1 | A3 | A3 | A3 |
| A2 | A1 | A1 | A2 |
| A2 | A1 | A2 | A2 |
| A2 | A1 | A3 | A3 |
| A2 | A2 | A1 | A2 |
| A2 | A2 | A2 | A2 |
| A2 | A2 | A3 | A3 |
| A2 | A3 | A1 | A3 |
| A2 | A3 | A2 | A3 |
| A2 | A3 | A3 | A3 |
| A3 | A1 | A1 | A3 |
| A3 | A1 | A2 | A3 |
| A3 | A1 | A3 | A3 |
| A3 | A2 | A1 | A3 |
| A3 | A2 | A2 | A3 |
| A3 | A2 | A3 | A3 |
| A3 | A3 | A1 | A3 |
| A3 | A3 | A2 | A3 |
| A3 | A3 | A3 | A3 |

Fuentes de información

- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson e Í. Yépez (Edits.), *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation* (C. Devenish, Í. Y. Zabala, y A. Pérez-Leroux, Trads., págs. 135-148). Quito, Ecuador: BirdLife International. Recuperado de <<http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia.pdf>>
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- SELVA. (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y UPRA. 165 pp. Bogotá, Colombia.

Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica
Variable aves

2.3 Criterio apropiación de agua

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: APROPIACIÓN DE AGUA | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Uso consuntivo; índice de uso del cultivo. | | |

Definición

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como materia prima, como para el sustento del cultivo y en la producción de aguacate.

De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego) y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, por quedar contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento (fruto) o por vía evapotranspiración desde el cultivo.

Este requerimiento de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis³, dependiendo de su oferta hídrica, en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia; luego, desde el agua de drenaje superficial, incluso desde el aporte desde fuentes subterráneas; y, en casos excepcionales, a partir de transvases desde cuencas circundantes. Así, a mayor demanda de la especie, mayor será la cantidad de elementos involucrados para el suministro y mayor será la competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis.

Tal abastecimiento suple aspectos como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción para llegar a concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país.

Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (el cultivo comercial de aguacate por desarrollar) y la situación de un consumo real en cada subzona hidrográfica dada por las coberturas y los usos establecidos, se

3 Para este caso, se emplea 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 (ENA)» (Ideam, 2010).

planteó la disyuntiva acerca de la sostenibilidad hídrica del nuevo cultivo, bien por competencia frente a las demás coberturas y usos, o bien por riesgo en el abastecimiento para el cultivo.

De acuerdo con WWF (2012), la apropiación de agua para el cultivo de aguacate es muy alta en comparación con la de otros cultivos de importancia en el país, tal como se muestra en el siguiente cuadro en donde se destaca el alto consumo del agua contenida en el suelo y la lluvia (huella hídrica verde) y de agua para riego (huella hídrica azul).

| Apropiación de agua para algunos cultivos de interés comercial prioritarios en el proyecto de zonificación de aptitud | | | | |
|--|----------------|--|---|-----------------------------------|
| Cód. FAO | Cultivo | Huella hídrica verde (hm³/año) | Huella hídrica azul (hm³/año) | Total (hm³/año) |
| 572 | Aguacate | 148,28 | 6,02 | 154,3 |
| 574 | Piña | 85,21 | 0,00 | 85,21 |
| 600 | Papaya | 51,40 | 1,05 | 52,45 |
| 401 | Ají | 25,28 | 5,96 | 31,24 |

Fuente: WWF (2012).

Lo más importante de estos datos no es su valor absoluto, sino la relación de sostenibilidad que representa dicho valor en el contexto de capacidad hídrica de cada unidad de análisis.

Importancia del criterio para el cultivo

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de ETR x SZH) en el escenario de establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. 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, al establecerse, entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes en el interior de la unidad.

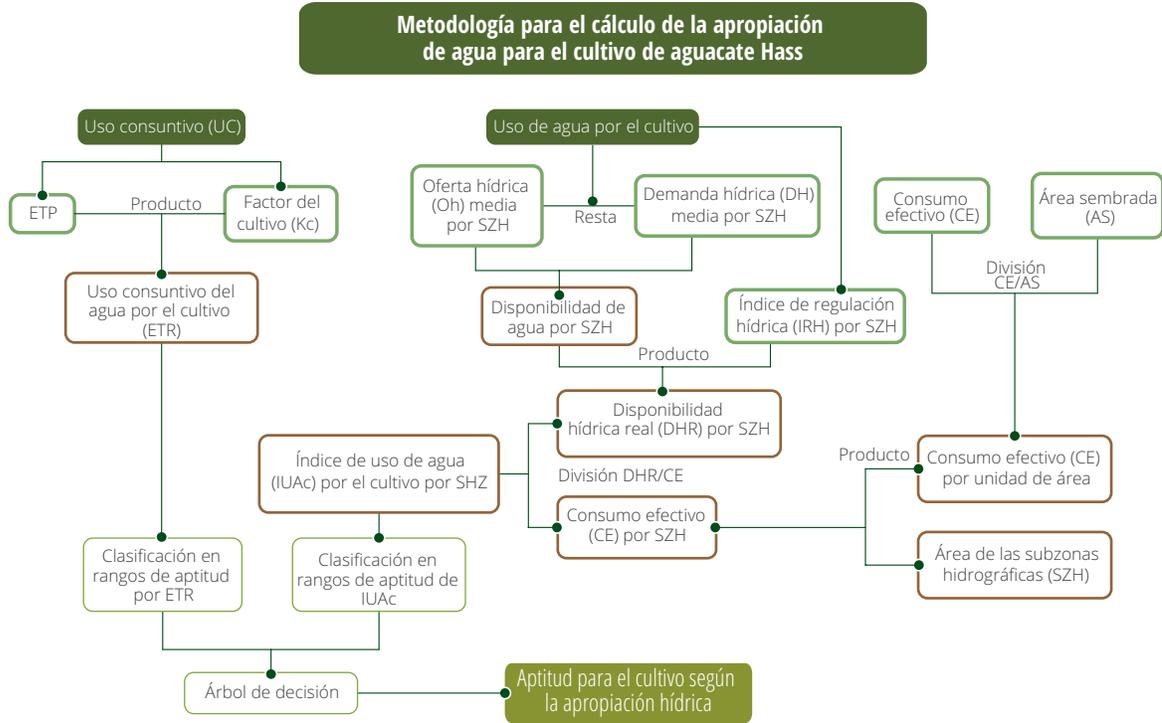
Limitantes de la evaluación del criterio

Para el procesamiento del componente de índice de uso de agua por el cultivo, se recurrió al dato de área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de área, lo cual depende de la confiabilidad de los datos de los censos.

Valor de ponderación del criterio: 8,1 %

Metodología de evaluación

Para el procesamiento de la variable apropiación de agua para el cultivo, se siguió la metodología que se presenta a continuación:



Uso consuntivo: 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), de acuerdo con el método de Thornthwaite, adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0,53 \left(\frac{10T}{I} \right)^\alpha$$

En donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar (mm)

T = temperatura media (°C)

I = índice calórico anual

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

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

Posteriormente, se calculó la evapotranspiración real del cultivo (ETR), la cual representa el uso de agua para los procesos fisiológicos de las plantas en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para

esto, el valor obtenido de ETP se corrigió por el factor de consumo de agua del cultivo (K_c) de la siguiente forma:

$$ETR = K_c \times ETP$$

Para este cálculo, se emplearon los factores de consumo de agua (K_c) del cultivo reportados en diferentes fuentes.

| Factor de consumo de agua del cultivo (K_c) | | |
|---|-------|--|
| Cultivo | K_c | Fuente |
| Aguacate | 0,75 | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). <i>Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos</i> . Roma. Recuperado de < http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm > |
| Piña | 0,25 | |
| Pimentón | 0,8 | |
| Papaya | 1 | Proyecto regional de fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en cultivos de Exportación No Tradicional (Vifinex). (2002). <i>Manual técnico buenas prácticas agrícolas en papaya</i> . El Salvador. Recuperado de < http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/886buenaspracticaspapaya.pdf > |
| Ají tabasco | 0,85 | Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola. (2012). Boletín técnico 1. Necesidades de agua en los cultivos. Centro del Agua para la Agricultura, Universidad de Concepción. |

El dato generado requirió una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática) a m^3 de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas). Así, para el cultivo de aguacate se tuvo que:

$$ETR = (0,75) \times ETP \times 10$$

Al final, de acuerdo con la amplitud de rango de los datos, se estableció una división en cuatro (4) 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 aguacate | | |
|--|-------------------------|---------|
| Rango ETR (mm^3/ha -año) | Descripción | Aptitud |
| < 7000 | Uso consuntivo menor | A1 |
| ≥ 7000 a ≤ 9800 | Uso consuntivo moderado | A2 |
| > 9800 | Uso consuntivo alto | A3 |

Índice de uso de agua por el cultivo (IUA) en subzonas hidrográficas: para este componente del cálculo se partió de la información sobre oferta y demanda hídrica de la capa de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua (ENA)» (Ideam, 2010).

El procesamiento partió de identificar la disponibilidad hídrica (DH) actual de cada subzona hidrográfica, calculada como el valor de la diferencia entre la oferta hídrica media anual y la demanda hídrica media anual. Este valor representa la disponibilidad neta de agua, que se analizó a la luz de la capacidad de retención de agua en cada unidad geográfica de análisis y su distribución a lo largo del tiempo.

Para esto, se hizo uso del índice de retención y regulación hídrica (IRH)⁴ del «Estudio nacional del agua», con el cual se determinó la disponibilidad hídrica real (DHR) actual de la SZH.

$$DHR = DH \times IRH$$

Para calcular el consumo efectivo del cultivo, se partió de la información sobre requerimiento hídrico para cada cultivo. Este se refiere a un requerimiento teórico basado en el «Estudio Nacional del Agua (ENA)» (Ideam, 2015) a partir del K_c obtenido de la FAO, la información climática del Ideam y el factor K_s que son las condiciones de humedad del suelo. Esta información de requerimiento hídrico fue facilitada por subzona hidrográfica y por mes para algunos cultivos.

De esta forma, se estableció una relación entre el requerimiento hídrico del cultivo comercial de aguacate y la disponibilidad real de agua en cada subzona hidrográfica, lo que determinó un índice de uso de agua por el cultivo comercial de aguacate (IUA), el cual muestra la presión que ejerce este sobre el agua disponible, cuyo rango de variación permite establecer los diferentes niveles de variación de aptitud por oferta hídrica.

$$IUA_{\text{Aguacate}} = \frac{DHR_{\text{SZH}}}{CE_{\text{Aguacate}}}$$

La siguiente tabla muestra la aptitud por el índice de la subzona hidrográfica:

| Aptitud por índice de uso de agua del cultivo de aguacate (IUA) | | |
|---|--|---------|
| IUA | Descripción | Aptitud |
| > 7277,25 | La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de aguacate. | A1 |
| $\leq 7277,25 - \geq 1452,34$ | La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de aguacate. | A2 |
| < 1452,34 | La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de aguacate. | A3 |

Aptitud por apropiación de agua para el cultivo: el último paso consiste en determinar la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, para lo cual se realiza un árbol de decisión entre la aptitud establecida por uso consuntivo y la establecida por índice de uso de agua por el cultivo, como se muestra a continuación:

4 El IRH mide la capacidad de retención de humedad de las SZH con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. El IRH varía entre 0 y 1; donde 0 es la mínima regulación y 1 la máxima (Ideam, 2010).

| Aptitud por uso consuntivo para el cultivo comercial de aguacate | | | |
|--|-------------------------|----------|---------|
| Uso consuntivo | IUA _{Aguacate} | Promedio | Aptitud |
| A1 (5) | A1 (5) | 5 | A1 |
| | A2 (3) | 4 | A1 |
| | A3 (1) | 3 | A2 |
| A2 (3) | A1 (5) | 4 | A1 |
| | A2 (3) | 3 | A2 |
| | A3 (1) | 2 | A3 |
| A3 (1) | A1 (5) | 3 | A2 |
| | A2 (3) | 2 | A2 |
| | A3 (1) | 1 | A3 |

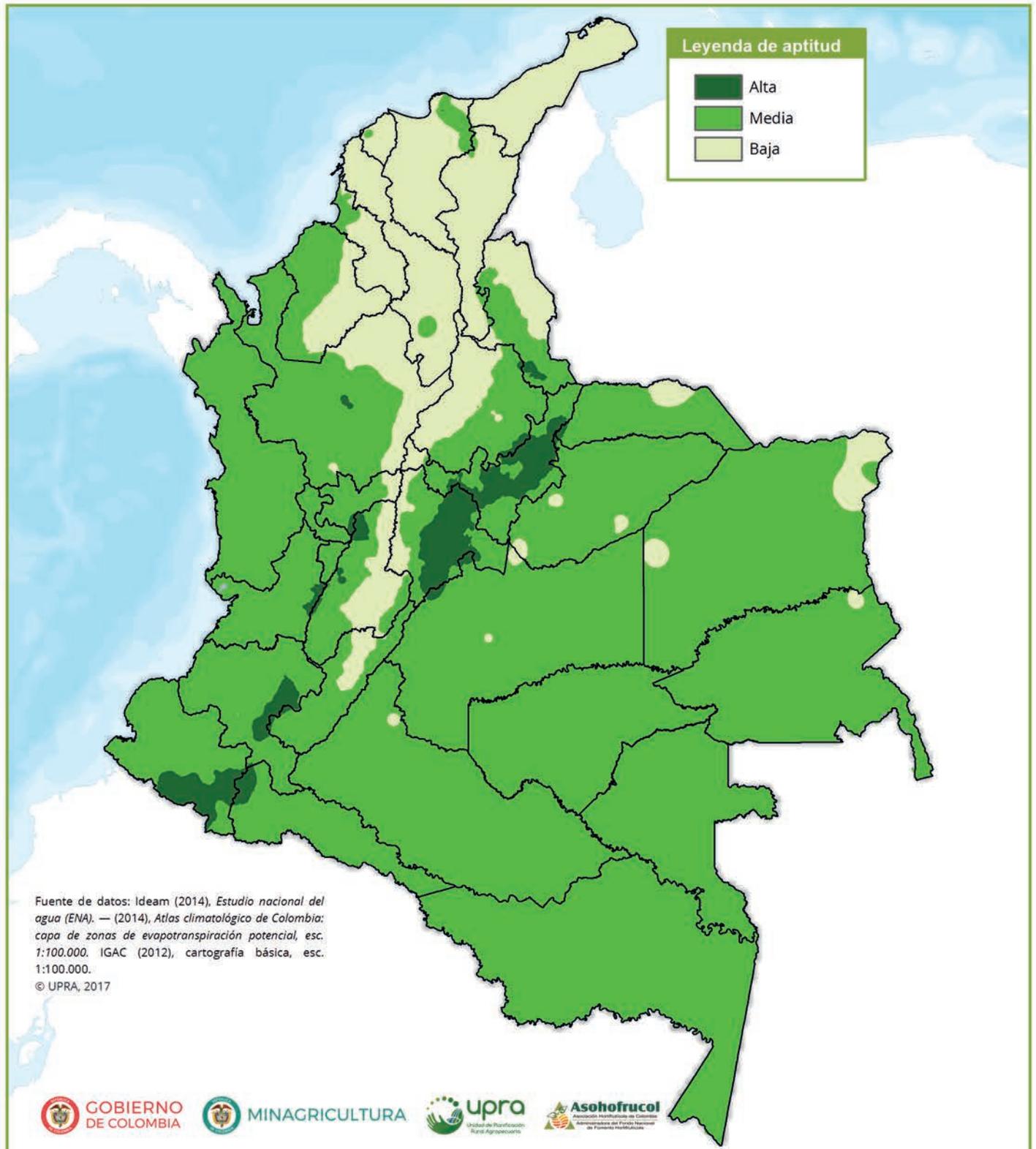
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se estableció un valor correspondiente a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo. De tal manera, la aptitud varía entre un máximo (A1) en aquellos lugares de ETR x SZH en donde exista agua disponible como para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo. El valor mínimo de aptitud (A3) se establece en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico en los cuales el establecimiento del cultivo puede generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: uso consuntivo (ETR) e índice de uso de agua por el cultivo (IUA).

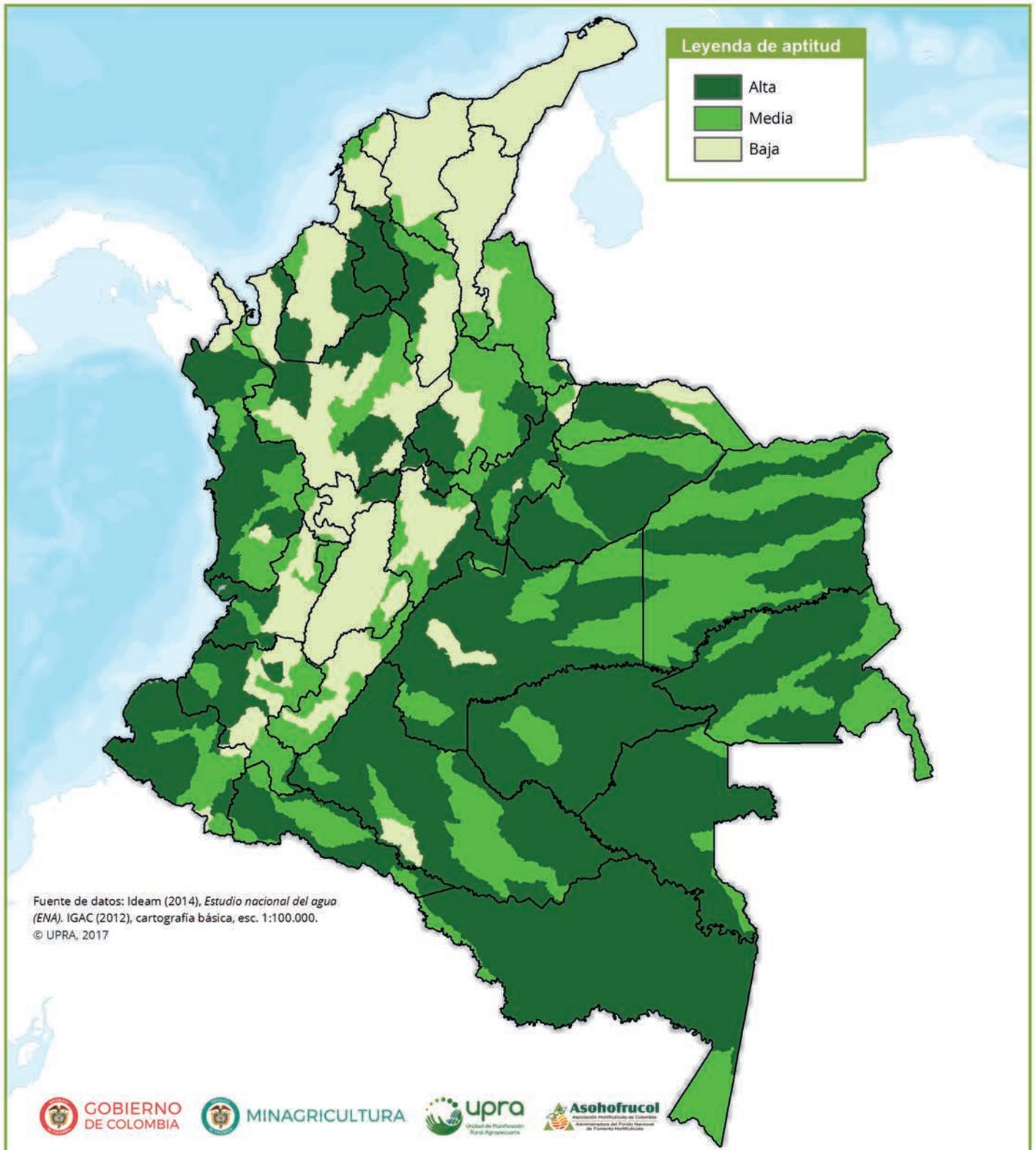
| Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua para el cultivo comercial de aguacate | | |
|--|--|---------|
| Rango de variación | Descripción | Aptitud |
| A1A1 A1A2 A2A1 | Lugares con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis. | A1 |
| A1A3 A2A2 A3A1 | Lugares con sostenibilidad hídrica moderada para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles moderados de riesgo hídrico para el cultivo, o presión moderada por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis. | A2 |
| A2A3 A3A2 A3A3 | Lugares con sostenibilidad hídrica baja o nula para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles altos de riesgo hídrico para el cultivo o presión alta por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis. | A3 |

Representación cartográfica del criterio



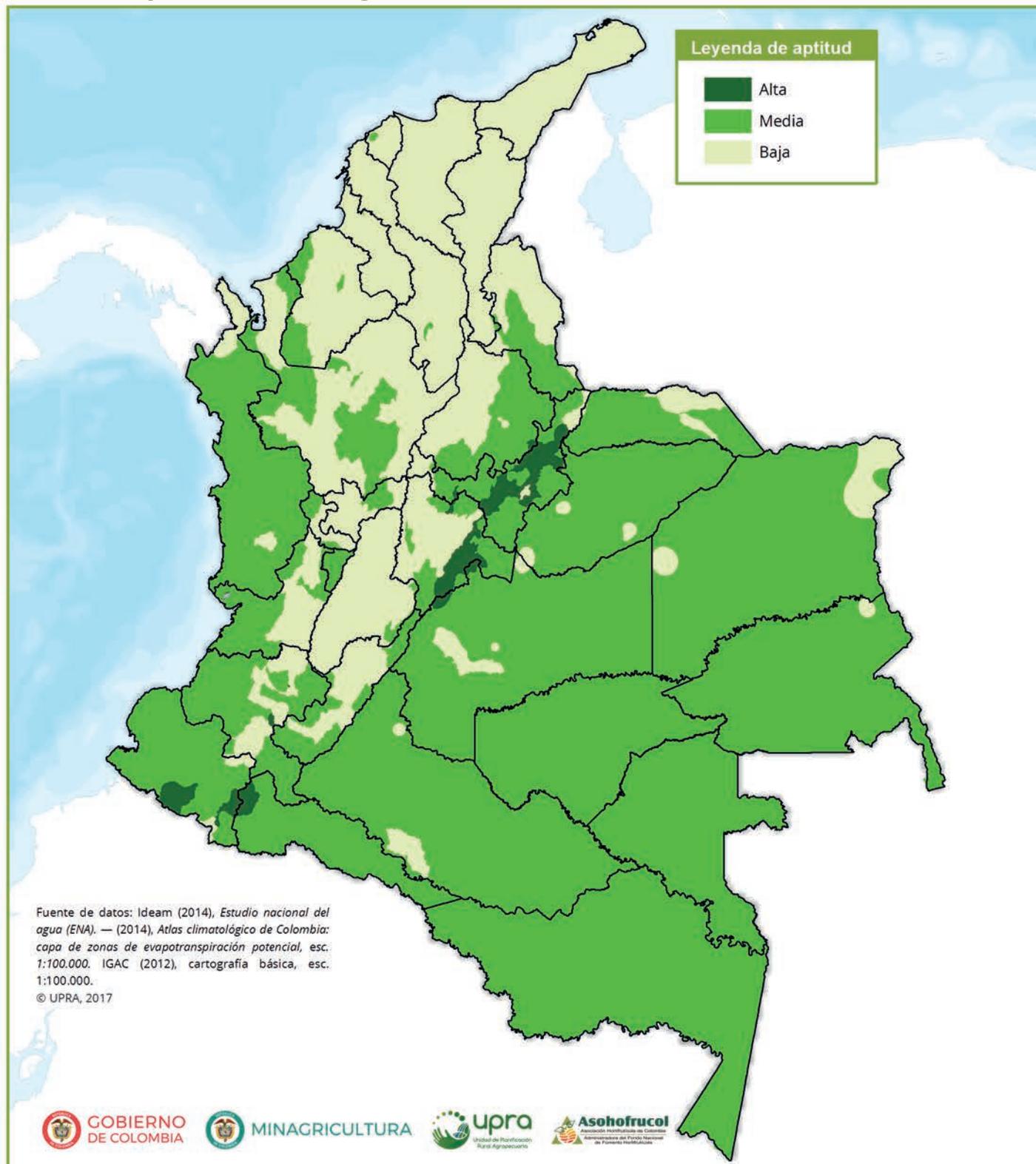
Criterio apropiación de agua
Variable uso consuntivo

Representación cartográfica del criterio



Criterio apropiación de agua
Variable índice de uso de agua

Representación cartográfica del criterio



Criterio apropiación de agua

Fuentes de información

- González, M., Saldarriaga, G., y Jaramillo, O. (2010). Capítulo 5. «Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial». En *Estudio Nacional del Agua (ENA)* (págs. 170-228). Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Recuperado de <<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>>
- Ideam. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2015). *Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: Ideam.
- —. (2015). *Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014*. Bogotá. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*. Recuperado de <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>

2.4 Criterio variación del contenido estimado de carbono

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Variación del contenido estimado de carbono. | | |

Definición

Balace entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual y en el suelo, frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Una de las funciones de los ecosistemas es la regulación del clima del planeta mediante el almacenamiento de carbono y la eliminación de los gases de efecto invernadero (GEI), como el CO₂ de la atmósfera, entre otros. Los ecosistemas contribuyen a la regulación de CO₂ de la atmósfera mediante el almacenamiento del carbono en la biomasa y el suelo, siendo quizá el más reconocido de todos los servicios de los ecosistemas (IPCC, 2006; Stern, 2007; Canadell *et al.*, 2008 y Capoor *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los ejes de atención corresponde a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono, y de ahí la importancia de incorporar la variación del contenido estimado de carbono en los procesos de zonificación de aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de aguacate variedad Hass.

Importancia del criterio para el cultivo

Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono.

De forma complementaria, esta estimación permite incorporar elementos de competitividad ambiental y económica, pues se puede articular a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono.

Limitantes de la evaluación del criterio

De forma consecuente con las metodologías empleadas en el ámbito nacional e internacional, la estimación del contenido de carbono en las coberturas se realiza a partir de información general, en escala menor a la requerida.

Valor de ponderación del criterio: 2,3 %

Metodología de evaluación

El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en el cálculo de carbono contenido en la biomasa vegetal aérea y subterránea y el suelo, de acuerdo con la siguiente metodología.

a. Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea

La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realiza a partir de la articulación entre la información contenida en el mapa de «Cambios en los contenidos de biomasa carbono en bosques» del Ideam (Phillips *et al.*, 2011), y el mapa de «Carga de combustible (biomasa) de las coberturas vegetales de Colombia» del MAVDT (Páramo, 2007).

A partir de esta información cartográfica, se realiza la diferencia simétrica entre los dos mapas, con el propósito de complementar la información faltante de biomasa en el mapa del Ideam, en lo referente a coberturas no boscosas.

El mapa resultante de la diferencia simétrica se une con el mapa del Ideam (2011), obteniendo así el mapa de biomasa aérea (BA) para todas las coberturas vegetales del país. El contenido de carbono se estima a partir de la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$C_{BA} = BA / 2$$

b. Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea

Por su parte, la estimación de la biomasa vegetal subterránea se efectúa de acuerdo con los fundamentos planteados por Cairns *et al.* (1997) y Brown (1992), según la siguiente ecuación:

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

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

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

c. Contenido de carbono en la biomasa

Posteriormente, mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa vegetal aérea y de carbono en biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.

d. Contenido de carbono en el suelo

El contenido de carbono en el suelo se estima a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil world information), 2015, a partir de las capas de porcentaje de carbono orgánico en el suelo, densidad aparente y porcentaje de fragmentos de más de 2 mm (organic carbon, bulk density, coarse fragments > 2 mm), a 30 cm de profundidad. El mapa de carbono orgánico total en el suelo se efectúa por álgebra de mapas mediante la aplicación de la ecuación propuesta por la FAO y la Comisión Europea (2013).

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

e. Contenido de carbono total

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

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

La calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono se lleva a cabo mediante la comparación entre el contenido estimado de carbono (CEC)⁵ para cada unidad de cobertura, en escala 1:100.000, con el valor de referencia del contenido estimado de carbono en el cultivo de aguacate, con el fin de obtener el mapa de la variación del contenido de carbono total frente al cultivo de aguacate variedad Hass.

$$\Delta CEC = \frac{C_{\text{COBERTURA}} - C_{\text{CULTIVO DE AGUACATE}}}{C_{\text{COBERTURA}}}$$

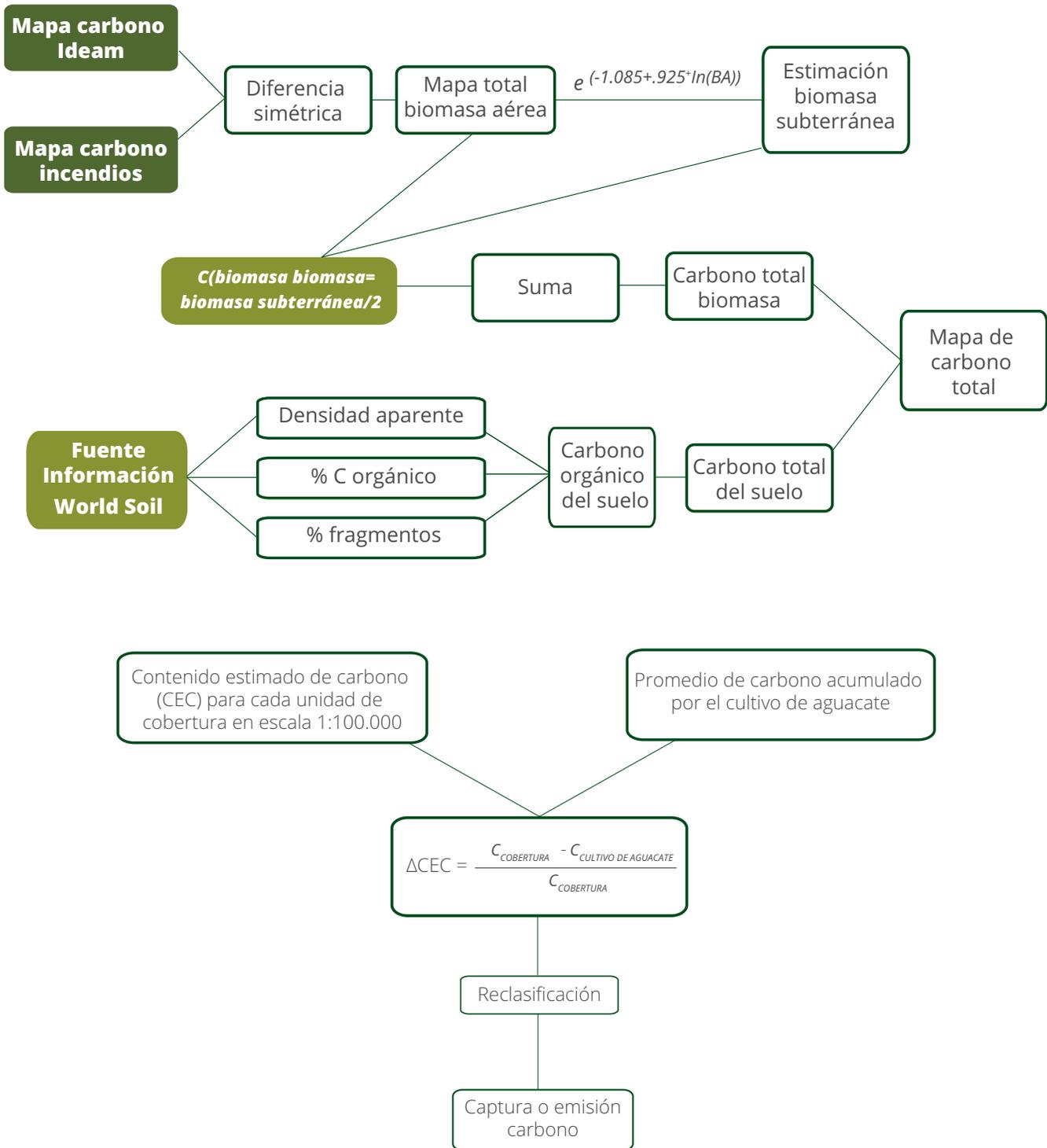
De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de un nuevo cultivo de aguacate puede representar tres posibilidades: fijar una mayor cantidad de carbono en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el reemplazo representa una ganancia en términos de la captura (cantidad en t de carbono/ha/año); o puede presentarse que, al establecer un nuevo cultivo de aguacate, este representa una cantidad capturada semejante de carbono al de la cobertura actual, o el cultivo de aguacate fija una menor cantidad de carbono respecto a la cobertura actual, en cuyo caso constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:

5 Valor del pixel o de la unidad de análisis espacial.

Fotografía: ICA





Los valores obtenidos en este mapa se reclasificaron según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

Los valores de la diferencia en carbono total frente al cultivo menor al -20 % corresponden a la categoría A1, mientras que el rango entre 0 y -20 % corresponde a la categoría A2, y los mayores al 0 %, se sitúan en la categoría A3.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

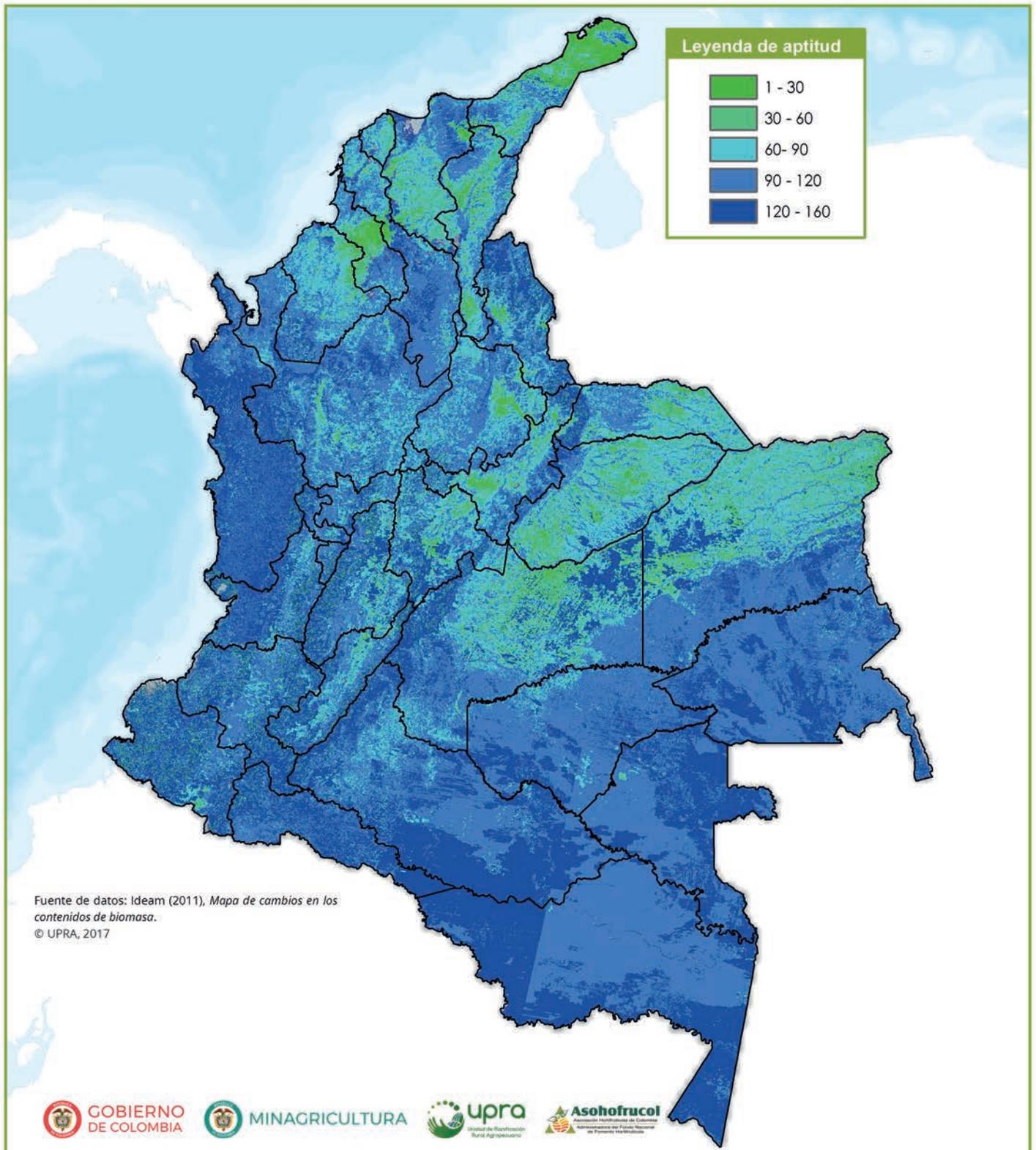
La calificación de la aptitud para el cultivo, desde el punto de vista de este criterio, se establece según los siguientes preceptos:

| Descripción | Variación del contenido estimado de carbono (%) | Aptitud |
|---|---|---------|
| El cultivo se convierte en sumidero de carbono | < -20 | A1 |
| El cultivo es fuente de carbono | > 0 y ≤ -20 | A2 |
| El cultivo es fuente de emisión de carbono alta | ≥ 0 | A3 |

Fuentes de información

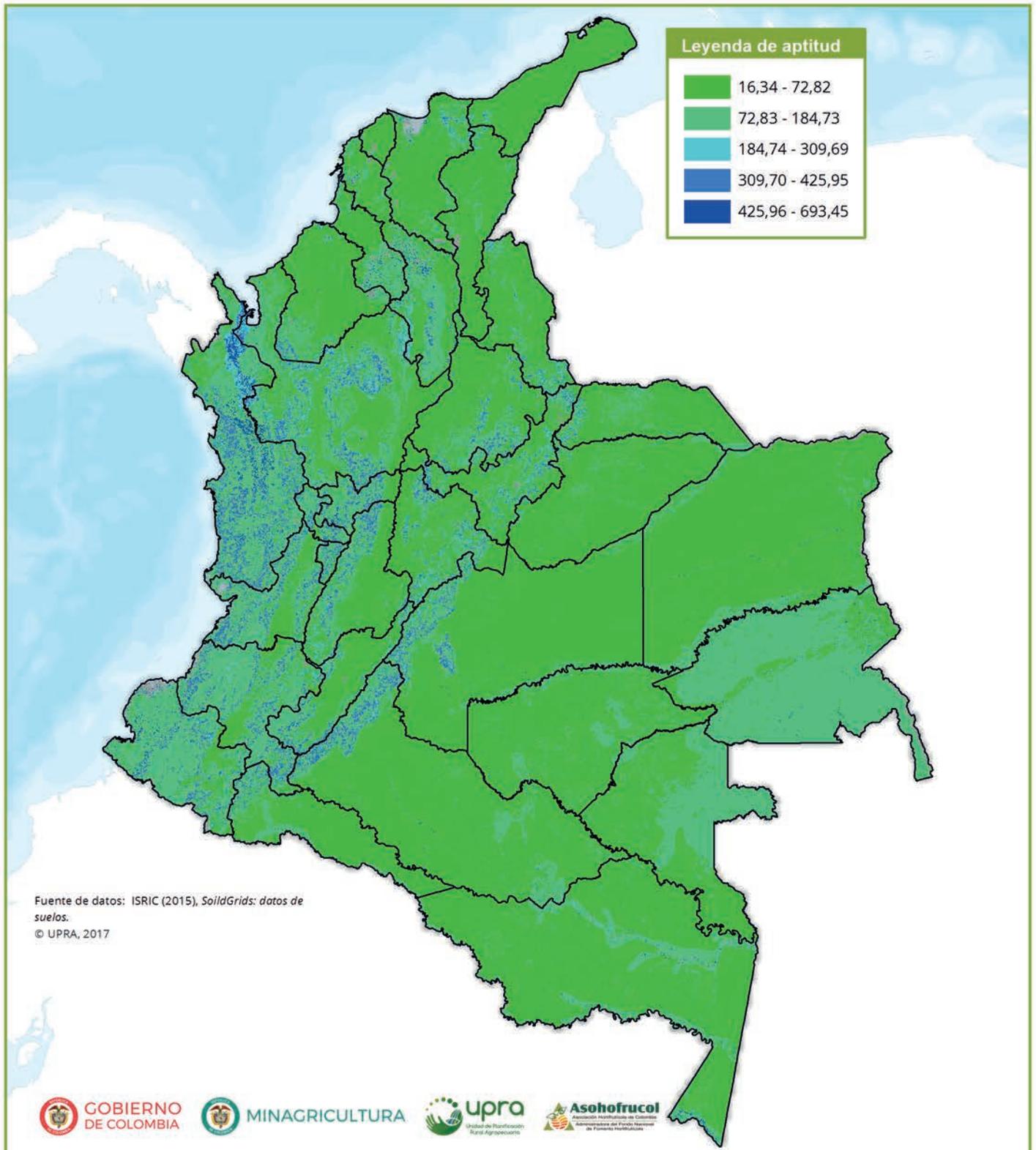
- Brown, S., y Lugo, A. (Febrero de 1992). «Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian amazon». *Interciencia*, 18, 8-18. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/305348793_Aboveground_biomass_estimates_for_tropical_moist_forest_of_the_Brazilian_amazon>
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E., y Baumgardner, G. (1997). «Root biomass allocation in the world's upland forests». *Oecologia*, 111(1), 1-11. doi:<<https://doi.org/10.1007/s00442005020>>
- Canadell, J., y Raupach, M. (13 de Junio de 2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». *Science*, 320(5882), 1456-1457. doi:<10.1126/science.1155458>
- Capoor, K., y Ambrosi, P. (2008). *State and Trends of the Carbon Market*. The World Bank Institute, Washington, D.C. Recuperado de <<https://siteresources.worldbank.org/NEWS/Resources/State&Trendsformatted06May10pm.pdf>>
- Ideam. (2011). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. (S. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, Edits., e International Translation Agency Ltd (ITA Ltd), Trad.) Hayama, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES). Recuperado de <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>>
- ISRIC y World Soil Information. (2013). *SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping*.
- ISRIC. (2015). *SoilGrids: datos de suelos*.
- MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: MAVDT.
- Phillips, J., Duque, Á., Cabrera, K., Yepes, A., Navarrete, D., García, M., . . . Vargas, D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. (Á. Duque, J. Phillips, y A. Yepes, Edits.) Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Recuperado de <<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022167/EstimacionCarbono2005.pdf>>
- Stern, N. (2007). *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Reino Unido: Cambridge University Press.

Representación cartográfica del criterio



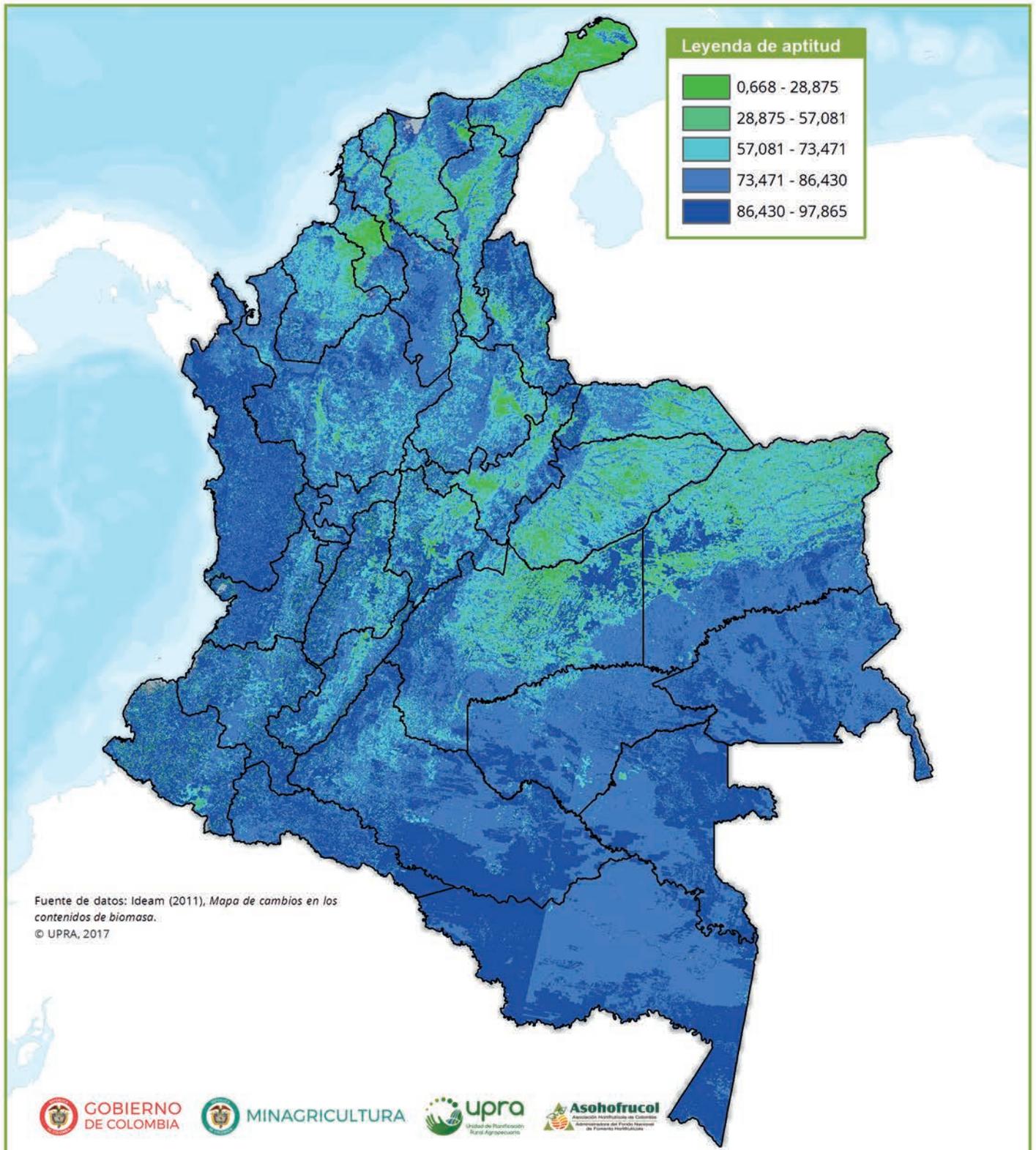
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea (t/ha)

Representación cartográfica del criterio



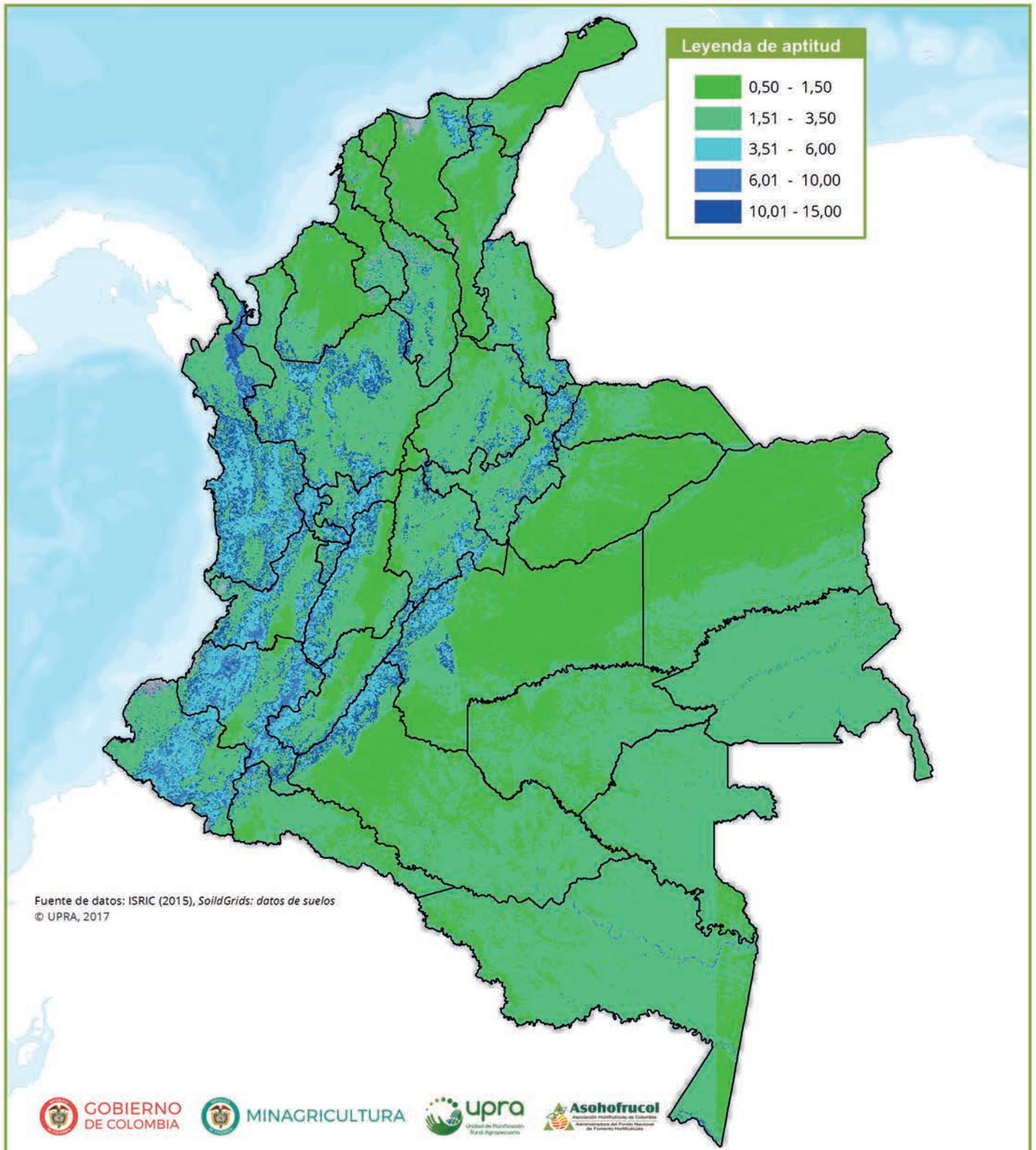
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea (t/ha)

Representación cartográfica del criterio



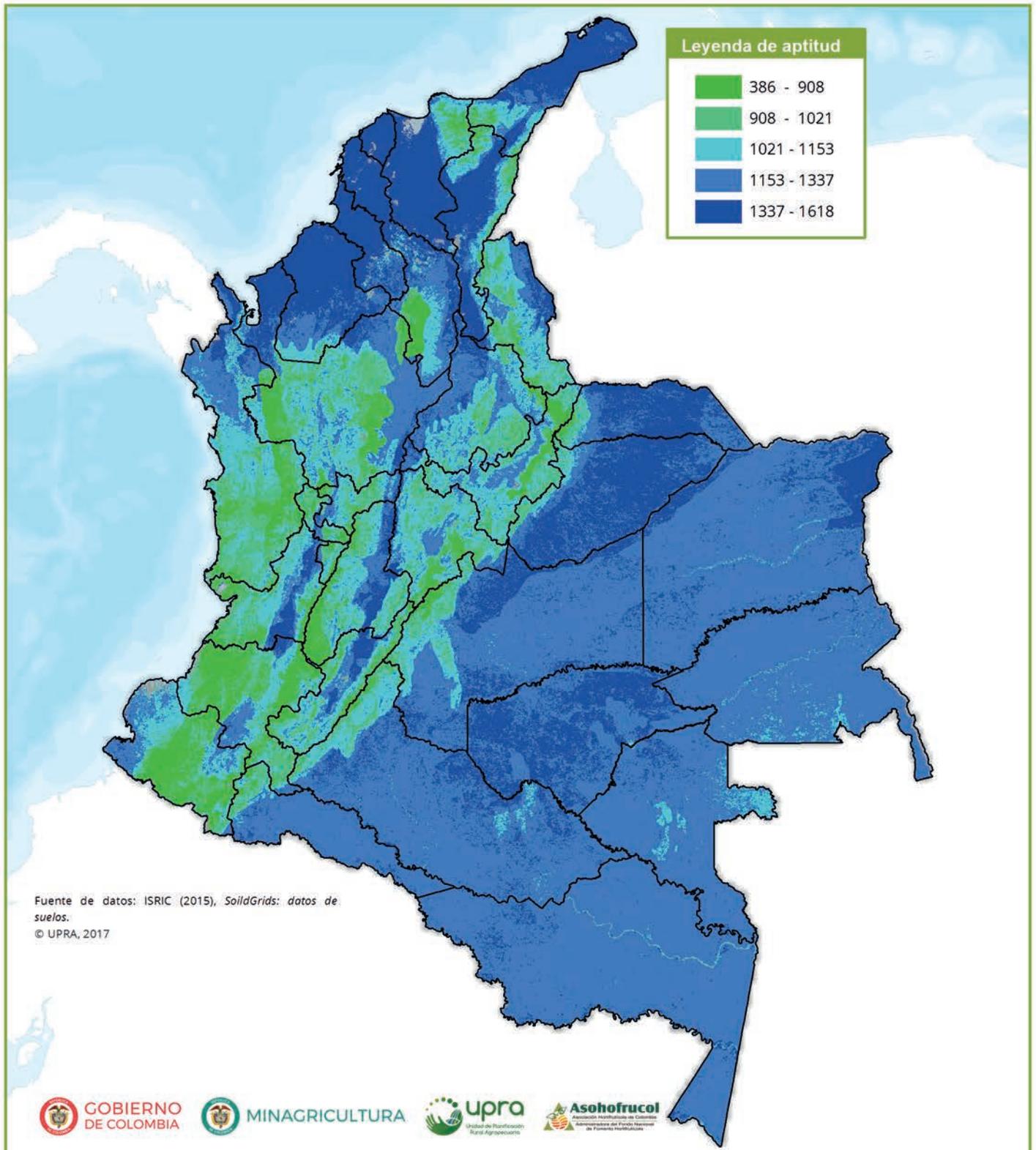
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Contenido de carbono total de la biomasa (t/ha)

Representación cartográfica del criterio



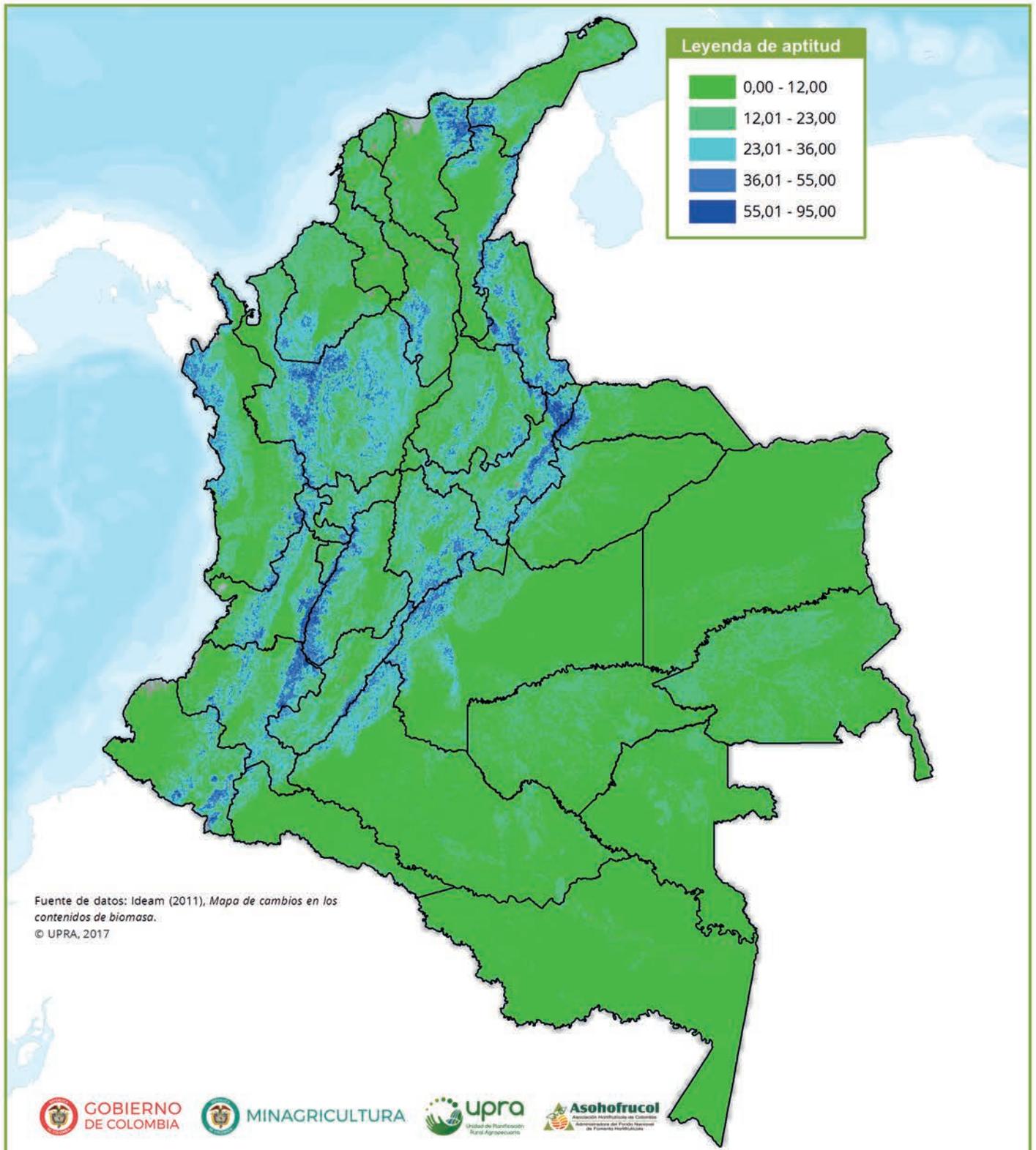
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (%)

Representación cartográfica del criterio



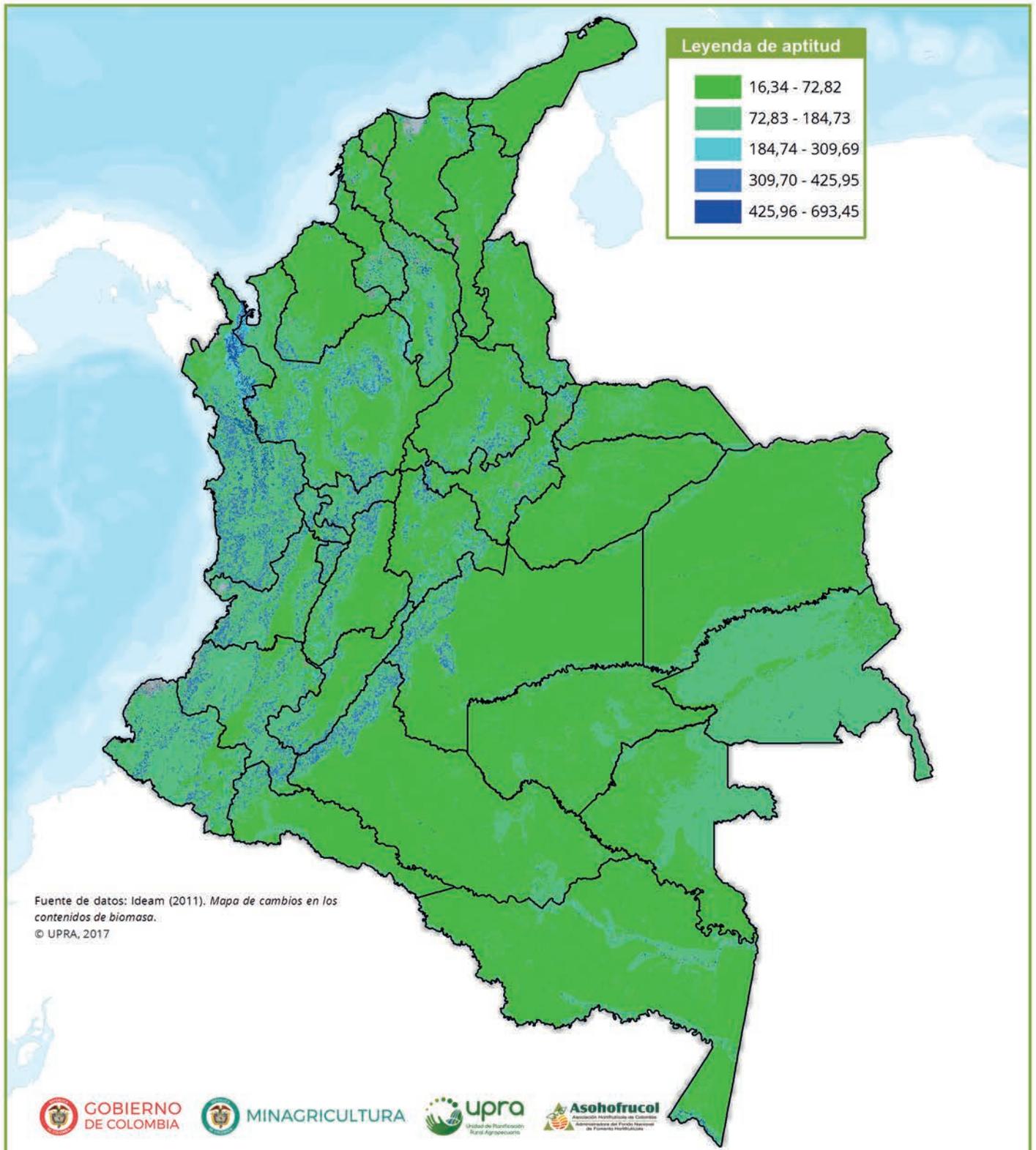
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Densidad aparente del suelo (g/cm^3)

Representación cartográfica del criterio



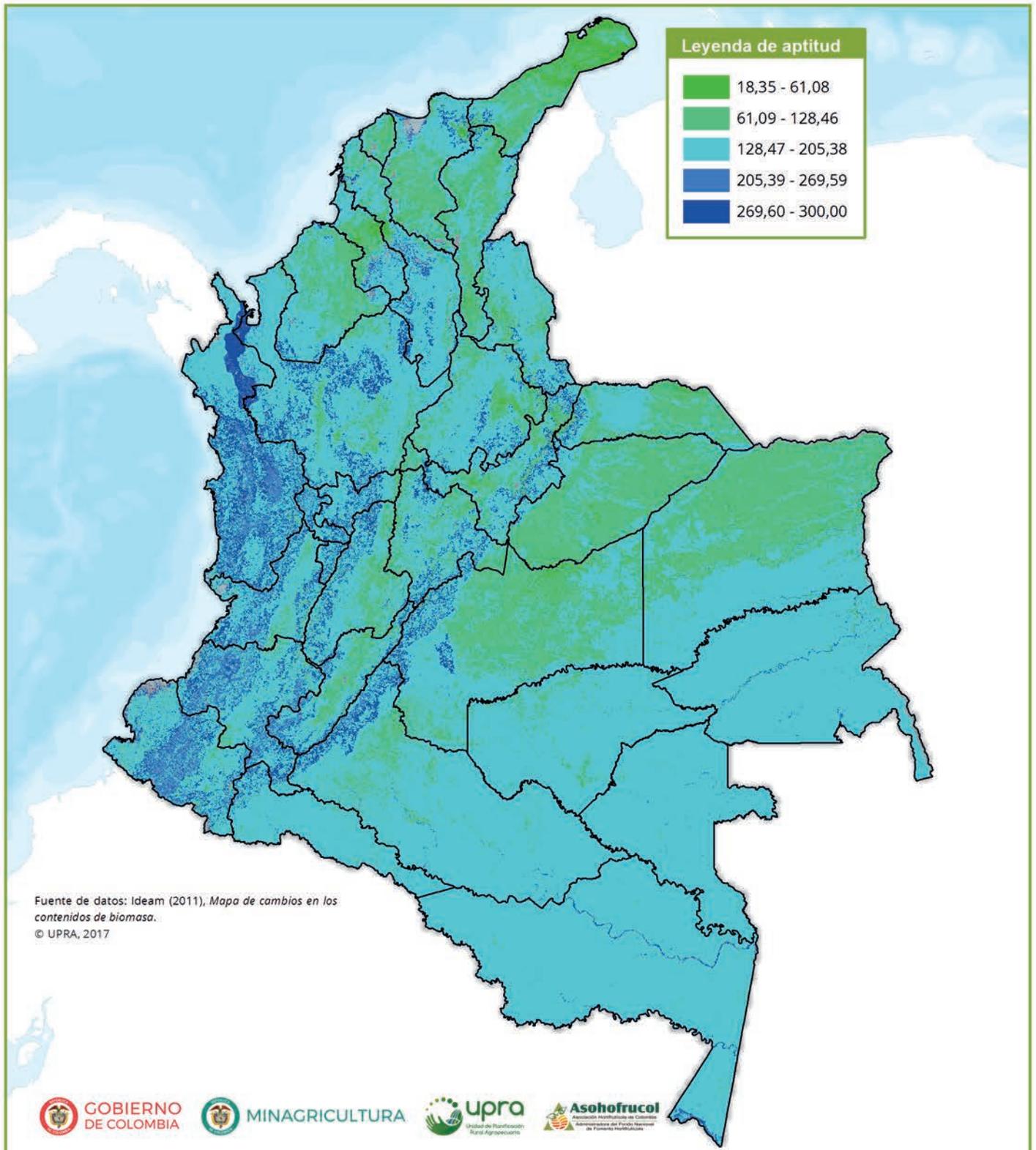
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Porcentaje de fragmentos gruesos en el suelo (%)

Representación cartográfica del criterio



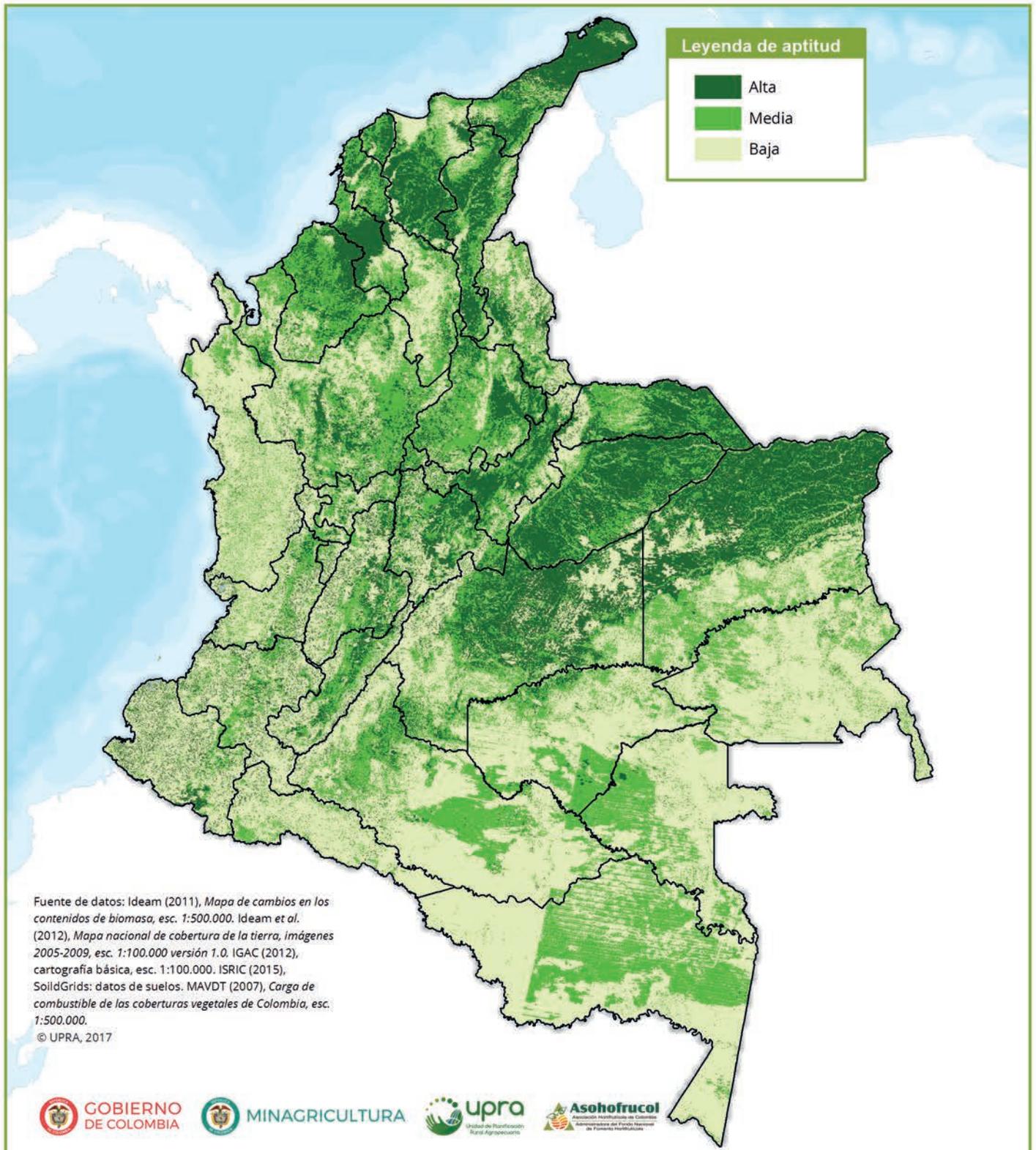
Criterio variación del contenido estimado de carbono
Contenido de carbono en el suelo (t/ha)

Representación cartográfica del criterio



Criterio variación del contenido estimado de carbono
Contenido de carbono orgánico total (t/ha)

Representación cartográfica del criterio



Criterio variación del contenido estimado de carbono

2.5 Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| <p>Mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, en donde se consideran las siguientes categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Este mapa es el resultado de la integración y evaluación de los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal. • Precipitación. • Temperatura. • Velocidad del viento. • Radiación solar. • Frecuencia de incendios de la cobertura vegetal. • Pendientes. <p>Es relevante mencionar que este mapa es uno de los mapas intermedios, que integran el mapa nacional de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, desarrollado por Ideam en 2009.</p> | | |

Definición

Permite medir la probabilidad, de un área cualquiera, de verse afectada por un incendio de la cobertura vegetal y cómo puede esta posibilidad afectar en mayor o en menor medida los cultivos de aguacate establecidos en una zona determinada.

Importancia del criterio para el cultivo

Los incendios de la cobertura vegetal son uno de los mayores peligros para cualquier tipo de cultivo, ya que estos eventos pueden llegar a afectar desde unos pocos individuos hasta destruir un cultivo por completo, lo que genera pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora adyacente.

La amenaza total de incendios de la cobertura vegetal se debe entender como el peligro latente que representa la posible manifestación de este fenómeno; esta amenaza total se expresa como la probabilidad de que un evento de este tipo se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo determinado.

Limitantes de la evaluación del criterio

El principal limitante identificado está relacionado con la escala del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, ya que la escala salida de dicho mapa es 1:500.000, lo cual generaliza la información analizada y a su vez resta exactitud en el análisis.

Valor de ponderación del criterio: 1,2 %

Metodología de evaluación

El criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal se construyó con base en el mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, el cual relaciona factores tales como la susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal, precipitación, temperatura, velocidad del viento, frecuencia de incendios de la cobertura vegetal, pendientes y radiación solar. Este mapa tiene por objeto identificar el grado de amenaza por incendios de la cobertura vegetal en que posee Colombia (Ideam y Conif, 2009).

El criterio de aptitud amenaza por incendios forestales se construyó reclasificando las categorías del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal; el criterio solo tiene tres categorías: A1, A2 y A3.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

| Descripción | Categoría de amenaza | Aptitud |
|--|----------------------|---------|
| Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | Muy baja y baja | A1 |
| Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | Moderada | A2 |
| Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal | Alta y muy alta | A3 |

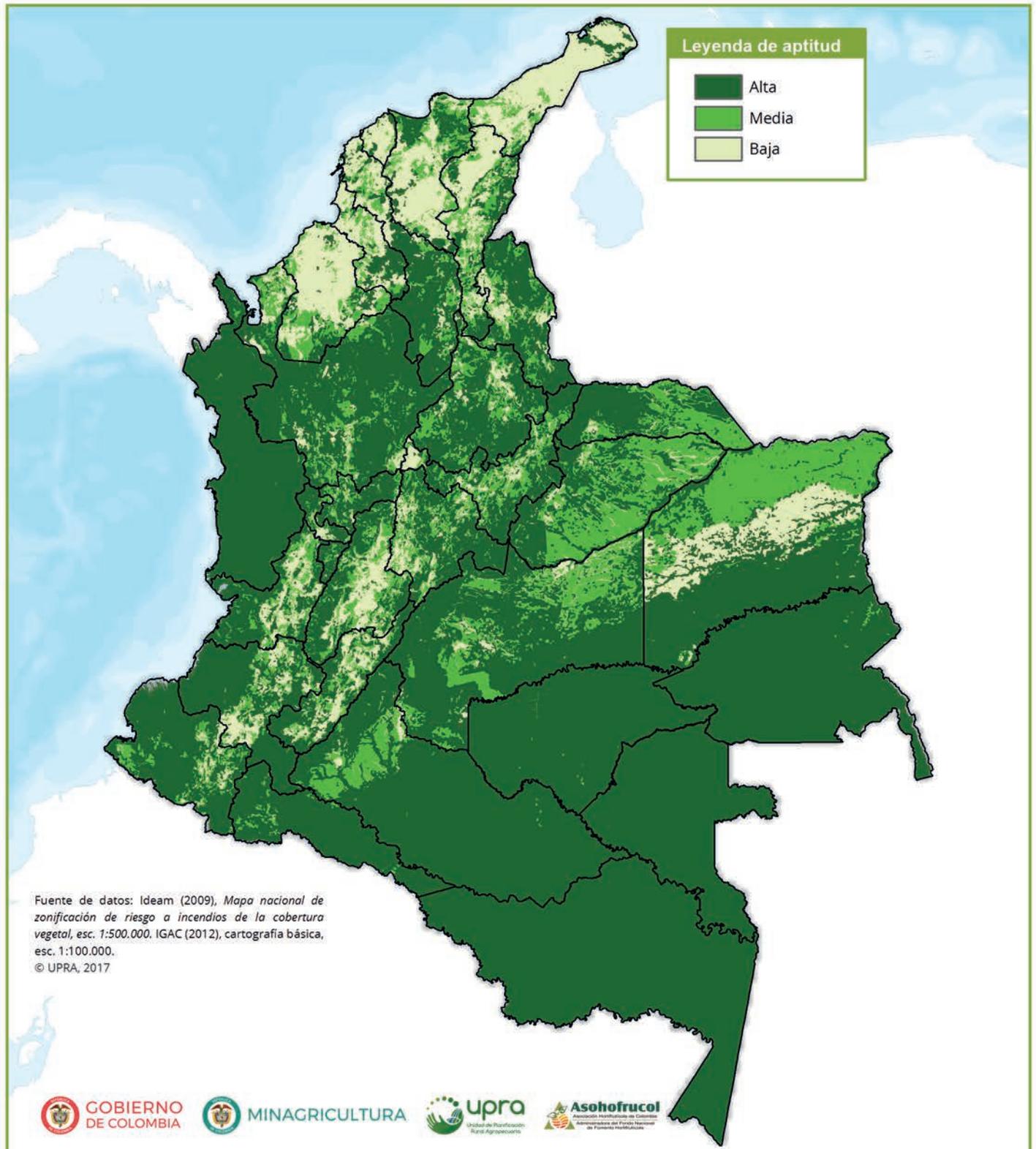
Fuentes de información

- Ideam. (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a partir de información temática e información complementaria y el aplicativo informático para automatizar las posteriores actualizaciones*. Bogotá: 72 pp.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico

3.1 Criterio indicadores económicos

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: INDICADORES ECONÓMICOS | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Grado de participación agropecuaria municipal, líneas especiales de créditos (LEC) e incentivo a la capitalización rural (ICR). | | |

Definición

Reflejan las tendencias de asignación de los recursos financieros e incentivos que contribuyen al apalancamiento del cultivo en un entorno macroeconómico, que considera el desempeño económico en el municipio e incide en el desarrollo del negocio de los cultivos de aguacate variedad Hass con fines comerciales.

Importancia del criterio para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al entorno económico (comportamiento del apalancamiento financiero, incentivos y la generación de valor agregado) en un municipio, el cual forma parte de las consideraciones en la toma de decisiones para desarrollar las actividades productivas (entre las cuales se encuentra el desarrollo del cultivo comercial del aguacate variedad Hass).

Un desempeño económico más alto, mayores créditos y más incentivos a la cadena del aguacate en un municipio son indicadores de que allí —en relación con el resto de los municipios de Colombia— el aparato productivo está mejor adecuado a los requerimientos de la actividad aguacatera y que la dinámica del apalancamiento financiero formal es más activa, en particular, el proveniente de programas institucionales del Gobierno nacional. Por lo tanto, ese municipio se considera más competitivo.

Un mayor dinamismo del apalancamiento financiero de la cadena indica una mejor acreditación de la actividad del aguacate, lo que permite que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir recursos financieros tanto para actividades propias de la actividad aguacatera (establecimiento, manejo y cosecha) como para la inversión en bienes de capital (por medio de créditos y de herramientas como el ICR).

Más recursos financieros de otras fuentes distintas al productor, invertidas en un entorno apropiado para las actividades productivas, mejoran la competitividad de

los productores de este cultivo, ya que potencia sus recursos de inversión y mejora su rentabilidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

No hay limitantes.

Valor de ponderación del criterio: 1,0 %

Metodología de evaluación

El criterio se construyó a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables calificaron a los municipios según categorías de aptitud competitiva (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud, se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Usando un árbol de decisión, se sumaron los valores asignados a las categorías de aptitud.

Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio: A1 (alta); A2 (media) y A3 (baja), como se presentan en el siguiente cuadro:

| Criterio | Aptitud | | |
|------------------------|--|---|--|
| | A1 | A2 | A3 |
| Indicadores económicos | Municipios con sumatoria de aptitud ≥ 7 | Municipios con sumatoria de aptitud entre 5 y 6 | Municipios con sumatoria de aptitud ≤ 4 |

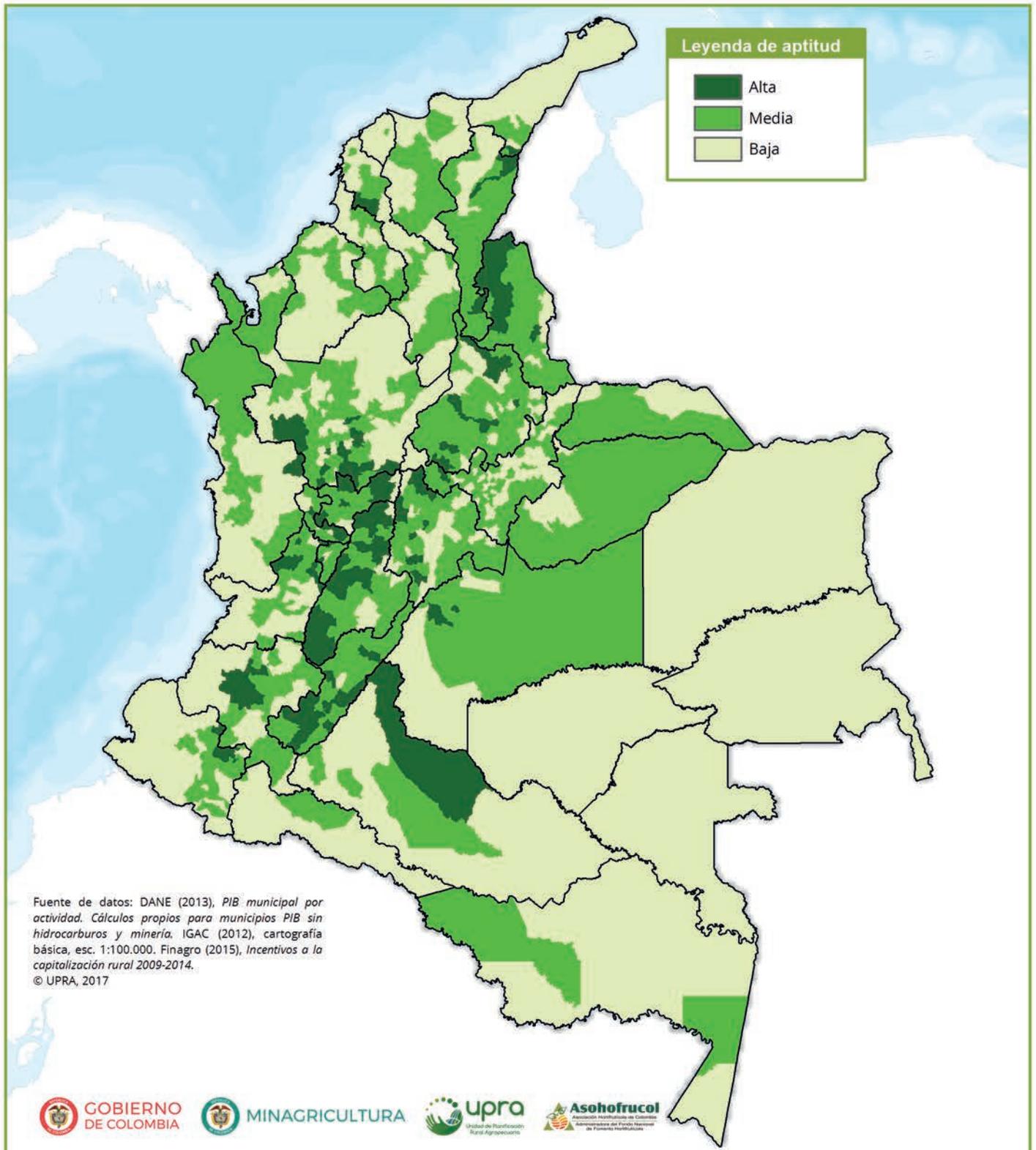
Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variable | Unidad de medida | Aptitud | | |
|---|------------------|---|---|--------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Grado de participación agropecuaria municipal | Porcentaje (%) | Municipios $> 27 \%$ | Municipios entre 10 y 27 % | Municipios $< 10 \%$ |
| Líneas especiales de créditos (LEC) | Pesos | Municipios con líneas especiales de crédito otorgados $\geq \$ 10,4$ millones | Municipios con líneas especiales de crédito otorgadas entre \$ 220.000 hasta \$ 10,4 millones | Municipios sin historial |
| | IC | IC $\geq 0,1330$ | IC $< 0,1330$ | |
| Incentivo a la capitalización rural (ICR) | Pesos | Municipios con incentivos ICR otorgados $\geq \$ 37,3$ millones | Municipios con incentivos ICR otorgados entre \$ 472.000 hasta \$ 37,3 millones | Municipios sin historial |
| | IC | IC $\geq 0,0378$ | IC $< 0,0378$ | |

Fuentes de información

- DANE. (2012). PIB Regional, sin hidrocarburos y minería.
- __. (2013). PIB Agropecuario, departamental y municipal.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector hortofrutícola*. Dirección de Financiamiento, plataforma de información El Cubo. Bogotá: Minagricultura.

Representación cartográfica del criterio



Criterio indicadores económicos

3.1.1. Variable grado de participación agropecuaria municipal

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS MUNICIPALES | | |
| VARIABLE: GRADO DE PARTICIPACIÓN AGROPECUARIA MUNICIPAL | UNIDAD DE MEDIDA: PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN MEDIDA COMO LA RELACIÓN DEL VALOR ESTIMADO DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Busca medir indirectamente el nivel de vocación agropecuaria del municipio de modo que, si el sector agropecuario tiene una mayor participación porcentual que otros sectores dentro del municipio, su vocación agropecuaria es mayor.

Importancia de la variable para el cultivo

Un mayor grado de participación agropecuaria municipal evidencia una mayor aptitud competitiva para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, porque señala que la dinámica del aparato productivo en el municipio es más adecuada para responder a los requerimientos de dichas actividades, entre las cuales se encuentra la explotación del cultivo de aguacate.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Porcentaje de importancia agropecuaria municipal | Aptitud |
|--|---------|
| Municipios \geq 27 % | A1 |
| Municipios entre 10 y 27 % | A2 |
| Municipios $<$ 10 % | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

El valor agregado municipal define la cantidad de recursos generados en el municipio para cada sector. Como en el país hay varios municipios con un sector minero influyente, es necesario quitar ese sesgo y, por ende, en el análisis se intenta disminuir el impacto del sector explotación de minas y canteras (extracción de carbón, petróleo, minerales metálicos y no metálicos), esto con el fin de tener una medida más realista de la vocación agropecuaria de los municipios en el país y así poder zonificar.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** la distribución del PIB por sectores a nivel municipal no es fácil de obtener; por tal razón, se utilizó una manera indirecta de calcularla mediante la

información a nivel de departamento, en la que se distribuye la participación de los municipios en cada sector económico.

Al tener la participación de un municipio en el PIB departamental, según el sector agropecuario, por ejemplo, solamente se necesita saber cuál es el valor nominal del sector en el departamento para saber indirectamente (aplicando la información explicada en el párrafo anterior), cuál es el valor del sector agropecuario en el municipio.

Este ejercicio se hace para cada sector, cada municipio y cada departamento, y así se obtuvo el valor estimado de la producción agropecuaria municipal.

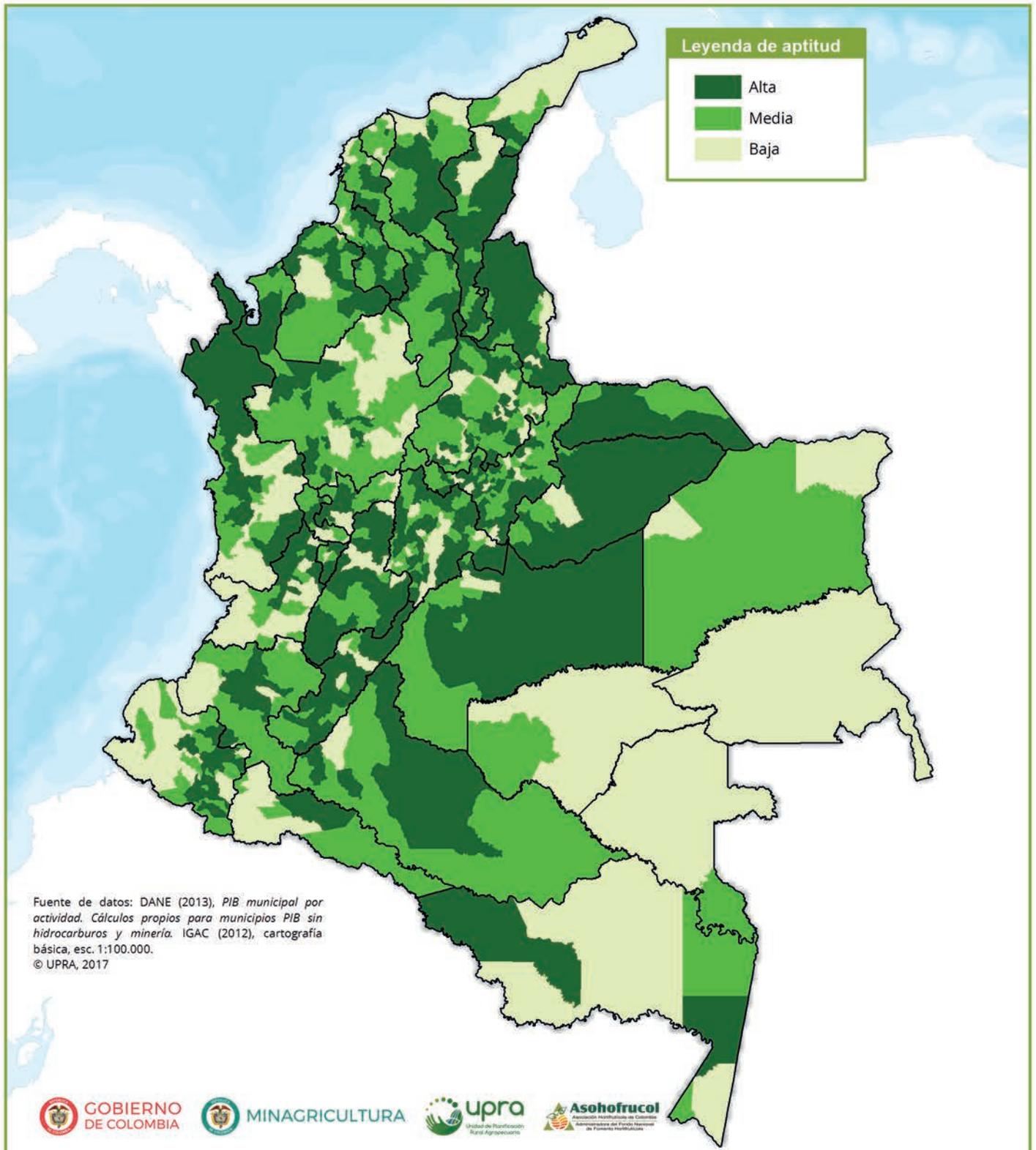
Se hace un análisis de participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal por sector sobre el PIB municipal y, como se tiene el sesgo de los altos valores que generan el sector minero, se decide usar el cálculo del PIB municipal sin extracción de minas y canteras, para hacer el ejercicio de ponderación por sector y así calcular la participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal. A mayor participación del sector agropecuario, mayor es su vacación y, por ende, mayor su aptitud.

- 2. Precisión de la información:** se realizó un promedio del valor estimado de la producción agropecuaria municipal sin hidrocarburos y minería, con el fin de obtener la participación del sector por municipio.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** este indicador sintético representa la potencialidad de cada municipio para generar valor agregado legítimo, que se trabaja y se redistribuye en gran parte en la misma región y cuya calificación denota territorios con mayor ventaja competitiva de producir y generar ingresos provenientes del sector agropecuario.
- 4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** municipios con mayor participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal sobre el PIB sin hidrocarburos y minería del municipio en porcentaje.

Fuentes de información

- DANE. (2012). PIB Regional, sin hidrocarburos y minería.
- __. (2013) PIB Agropecuario, departamental y municipal.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio indicadores económicos

Variable grado de participación agropecuaria municipal

3.1.2 Variable línea especial de créditos (LEC)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS | | |
| VARIABLE: LÍNEAS ESPECIALES DE CRÉDITOS (LEC) | UNIDAD DE MEDIDA: A. PROMEDIO POR MUNICIPIO DE LAS LÍNEAS ESPECIALES DE CRÉDITOS OTORGADOS AL CULTIVO DE AGUACATE EN LÍNEA LEC, ENTRE 2009 Y 2015). B. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Préstamos otorgados a personas naturales o jurídicas para desarrollar diferentes actividades, desde el proceso de producción y comercialización hasta la transformación primaria de los bienes (Minagricultura, 2012).

Importancia de la variable para el cultivo

Permite dimensionar el apalancamiento financiero de la explotación comercial del cultivo del aguacate variedad Hass en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Existe una relación directa entre las líneas especiales de créditos otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Municipios con mayor valor promedio de líneas especiales de créditos otorgados en un periodo de tiempo determinado reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad comercial del cultivo del aguacate variedad Hass, lo que permite que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir apalancamiento financiero.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Valor promedio por municipio de las líneas especiales de crédito (LEC) otorgadas al sector entre 2009 y 2015 (pesos colombianos) | Aptitud |
|--|---------|
| Índice de competitividad (IC) | |
| Municipios con líneas especiales de crédito otorgadas \geq \$ 10,4 millones IC \geq 0,1330 | A1 |
| Municipios con líneas especiales de crédito otorgadas entre \$ 220.000 hasta \$ 10,4 millones IC $<$ 0,1330 | A2 |
| Municipios sin historial | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de líneas especiales de créditos está definida según el municipio donde son solicitadas; en campo, se ha constatado que hay solicitudes

hechas en municipios diferentes a donde realmente se utiliza el crédito, ya sea por la trayectoria como cliente o por su ubicación de residencia. Esta situación puede mostrar volúmenes de líneas especiales de créditos errados en algunos casos.

También es posible que la variedad Hass no se encuentre detallada, sino que toda la información se refiera a aguacate en general.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Finagro. (2015). Créditos otorgados por medio de la línea especial de crédito (LEC), a la explotación comercial de los productos hortofrutícolas.
- 2. Precisiones de la información:** la información de créditos otorgados bajo la línea LEC se obtuvo mediante información de la Dirección de Financiamiento del Minagricultura, utilizando la plataforma El Cubo, la cual sintetiza toda la información que tiene Finagro. Las cifras fueron anualizadas desde el año 2009 hasta el 2015, y distribuidas por departamento, municipio y tipo de producto en millones de pesos.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** se calculó el valor promedio municipal de las líneas especiales de créditos otorgadas en millones de pesos entre 2009 y 2015, con base en los datos reportados por la fuente. Para este procedimiento, se estableció la aplicación de precios constantes, ya que permite trabajar con valores de diferentes periodos, al ser corregidos el uno con respecto al otro mediante un deflactor.
- 4. Cálculo del índice de competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de una explotación comercial.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: Valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: Valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

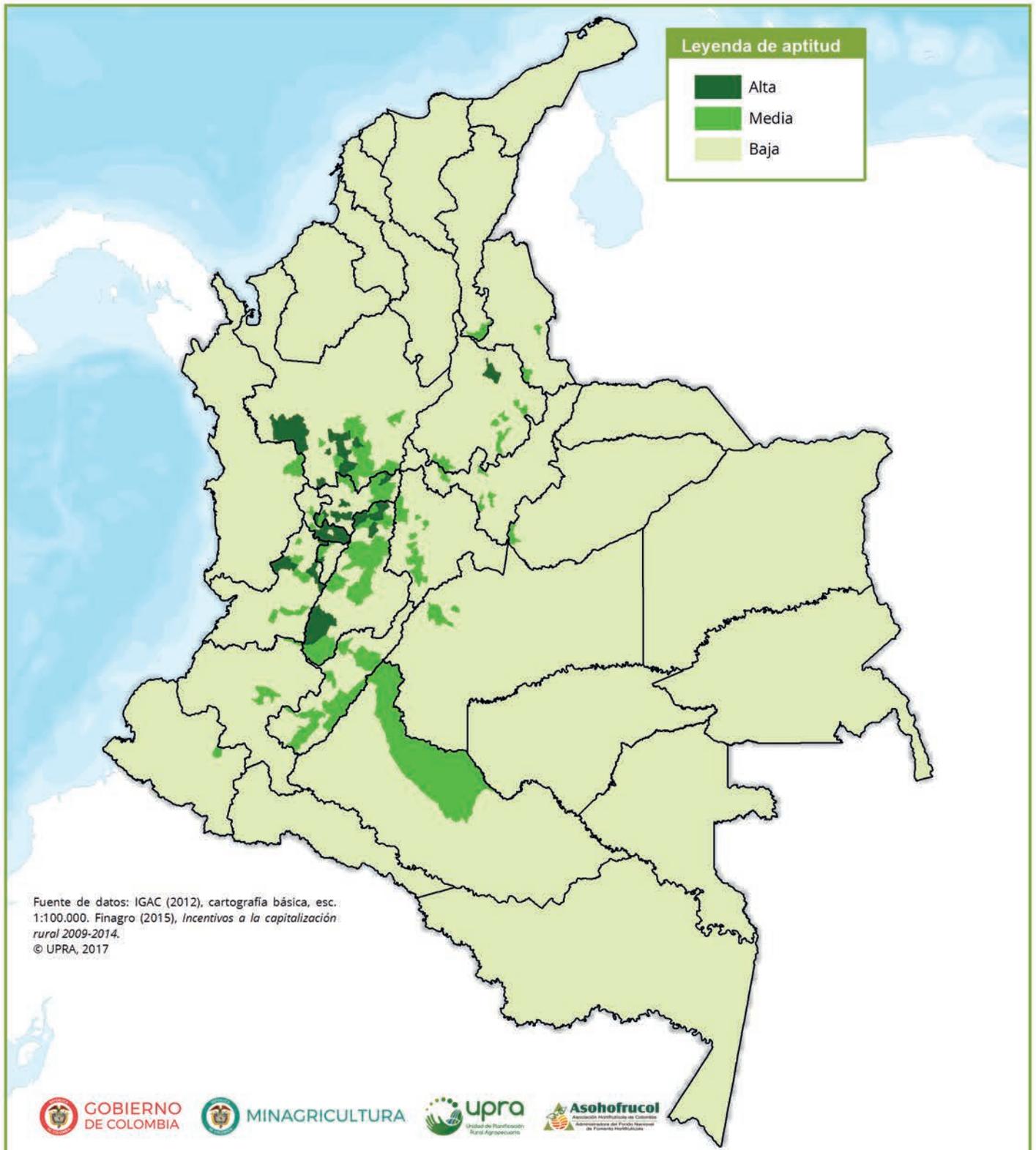
El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta las estadísticas descriptivas y la dispersión de los datos de las líneas especiales de créditos otorgadas. Para este caso, los estadígrafos de referencia calculados fueron la mediana y el promedio nacional por municipio, mediante precios constantes.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector hortofrutícola*. Dirección de Financiamiento, plataforma de información El Cubo. Bogotá: Minagricultura.

Representación cartográfica de la variable



Criterio indicadores económicos
Variable líneas especiales de crédito (LEC)

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS | | |
| VARIABLE: INCENTIVO A LA CAPITALIZACIÓN RURAL (ICR) | UNIDAD DE MEDIDA: A. PROMEDIO ANUAL 2009-2015 DE LOS ICR OTORGADOS A LA CADENA EN EL MUNICIPIO. B. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC). | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Apoyo económico no reembolsable otorgado mediante el abono al saldo del capital del crédito contraído por el productor, para la ejecución de nuevos proyectos de inversión, orientados a mejorar la infraestructura de producción y de comercialización agropecuaria (Minagricultura, 2012).

Importancia de la variable para el cultivo

Permite dimensionar el apalancamiento financiero del sector del aguacate en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Permite mejorar la competitividad de los productores mediante el apoyo a la inversión en bienes de capital. El incentivo a las inversiones en infraestructura para la producción, transformación y comercialización del aguacate incide en la disminución de los costos de producción, lo que se traduce en el mejoramiento del flujo de caja y el aumento de la rentabilidad de la actividad productiva. Menores costos de producción también implican que se pueden ofrecer precios más competitivos en el mercado.

Existe una relación directa entre los ICR otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios donde se reporta mayor valor promedio anual de ICR reflejan un mayor interés de los productores en el desarrollo del cultivo del aguacate y una mayor actividad relacionada con la cadena productiva, ya que dispone de recursos financieros adicionales. Todo lo anterior promueve la generación de mejores condiciones para el fomento del subsector en un municipio, con relación a los demás municipios del país.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las siguientes categorías de aptitud competitiva:

| Valor promedio anual 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (pesos colombianos) | Aptitud |
|---|---------|
| Índice de competitividad (IC) | |
| Municipios con incentivos ICR otorgados \geq \$ 37,3 millones | A1 |
| IC \geq 0,0378 | |
| Municipios con incentivos ICR otorgados entre \$ 472.000 hasta \$ 37,3 millones | A2 |
| IC $<$ 0,0378 | |
| Municipios sin historial | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de LEC e ICR está definida según el municipio donde estos son solicitados. En campo, se ha constatado que hay solicitudes hechas en municipios diferentes a donde realmente se utiliza el crédito, bien sea por la trayectoria como cliente o por su ubicación de residencia, lo que puede llegar a mostrar volúmenes de créditos que no se utilizan en el mismo sitio de solicitud.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Minagricultura. Dirección de Financiamiento y Riesgos Agropecuarios. Incentivos ICR otorgados al sector aguacatero, 2009-2015.
- 2. Precisiones de la información:** las cifras de los ICR otorgados corresponden al valor total anual para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** se calculó el valor promedio municipal de los ICR otorgados en millones de pesos para los años 2009-2015, con base en los datos reportados por la fuente. Para este procedimiento, se estableció la aplicación de precios constantes, ya que permite trabajar con valores de diferentes periodos, al ser corregidos el uno con respecto al otro mediante un deflactor.
- 4. Cálculo del índice de competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$,
donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

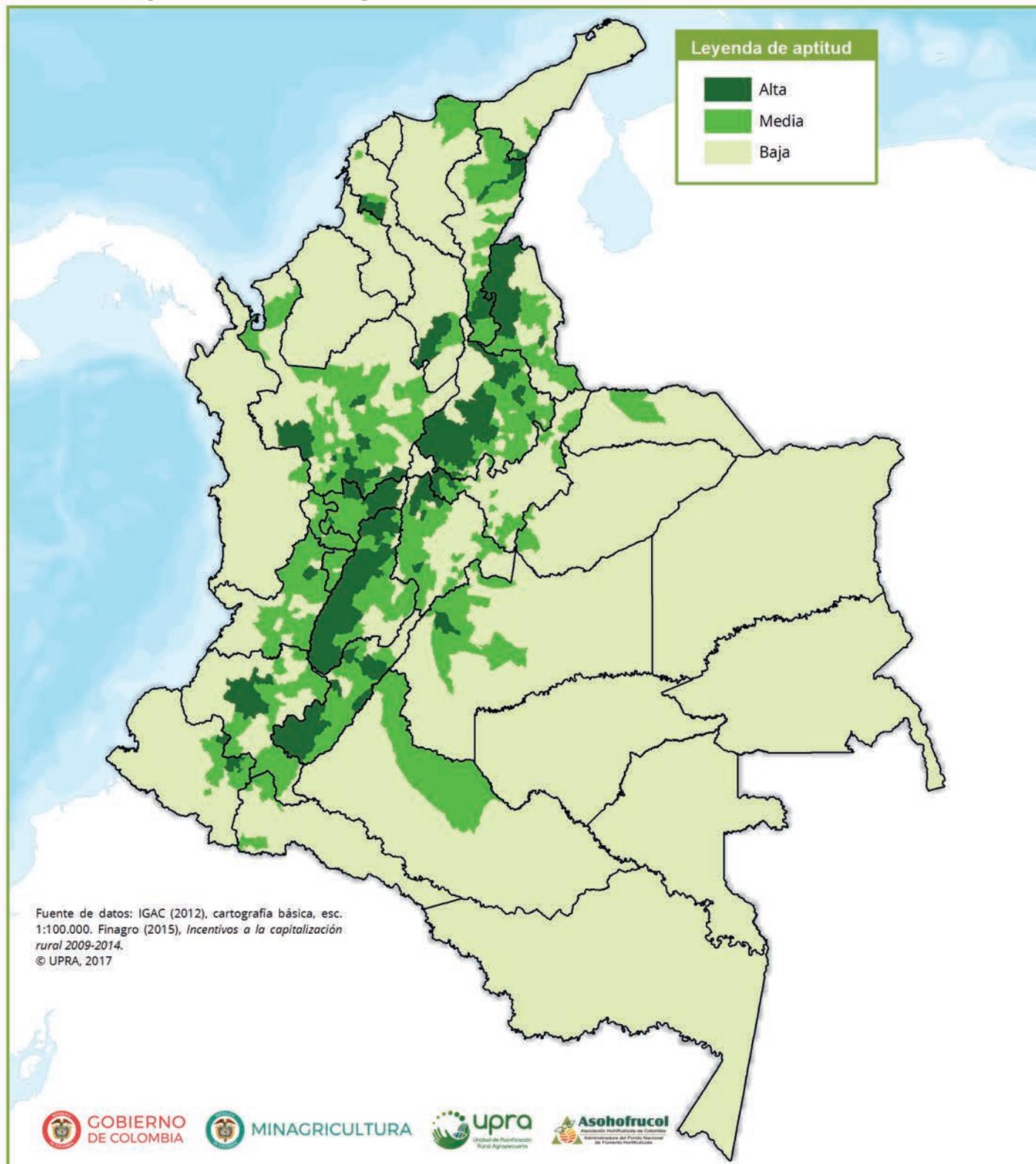
El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los promedios de los valores del 2009 al 2015, mediante precios constantes. Se consultaron el marco teórico y la línea base de la cadena.

Unidad de análisis

Municipio.

Representación cartográfica de la variable



Criterio indicadores económicos
Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector hortofrutícola*. Dirección de Financiamiento, plataforma de información El Cubo. Bogotá: Minagricultura.

Fotografía: archivo UPRA



3.2 Criterio tamaño de la tierra rural

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Tamaño tipo de los predios rurales. | | |

Definición

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la UAF (2 SMMLV) por municipio, y por las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.

Para efectos de la zonificación, cada municipio del país se ubica dentro de un rango de tamaño tipo predominante y, por consiguiente, en una aptitud determinada. La medición se hizo mediante la comparación predio a predio de la información catastral manejada en la Dirección de Ordenamiento Territorial de la UPRA, comparada con la UAF definida en las resoluciones del Incoder 1132 y 1133 de 2013, para el municipio donde se encuentre el predio.

Importancia del criterio para el cultivo

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Dichos costos están asociados con la economía de escalas y, a su vez, tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

La relación de tamaño del predio y la UAF muestra cómo está distribuida la tierra en el municipio. Como el cultivo es de pequeñas áreas, se espera que en las regiones donde la distribución del predio no sea mayor a 2 UAF municipales haya una aptitud mayor para acceder a la tierra y poder producir.

Limitantes de la evaluación del criterio

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Las áreas registradas en el catastro, en la mayoría de los casos, corresponden a las indicadas en los títulos de dominio, bajo la figura de «cuerpo cierto» y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.

La UAF del municipio se define bajo las resoluciones 1132 y 1133 de 2013 del Incoder.

Valor de ponderación del criterio: 1,9 %

Metodología de evaluación

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud competitiva de los municipios son equivalentes a las categorías de la variable.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variable | Aptitud | | |
|------------------------------------|---------|-----------------|---------|
| | A1 | A2 | A3 |
| Tamaño tipo de los predios rurales | ≤ 2 UAF | Entre 2 y 5 UAF | > 5 UAF |

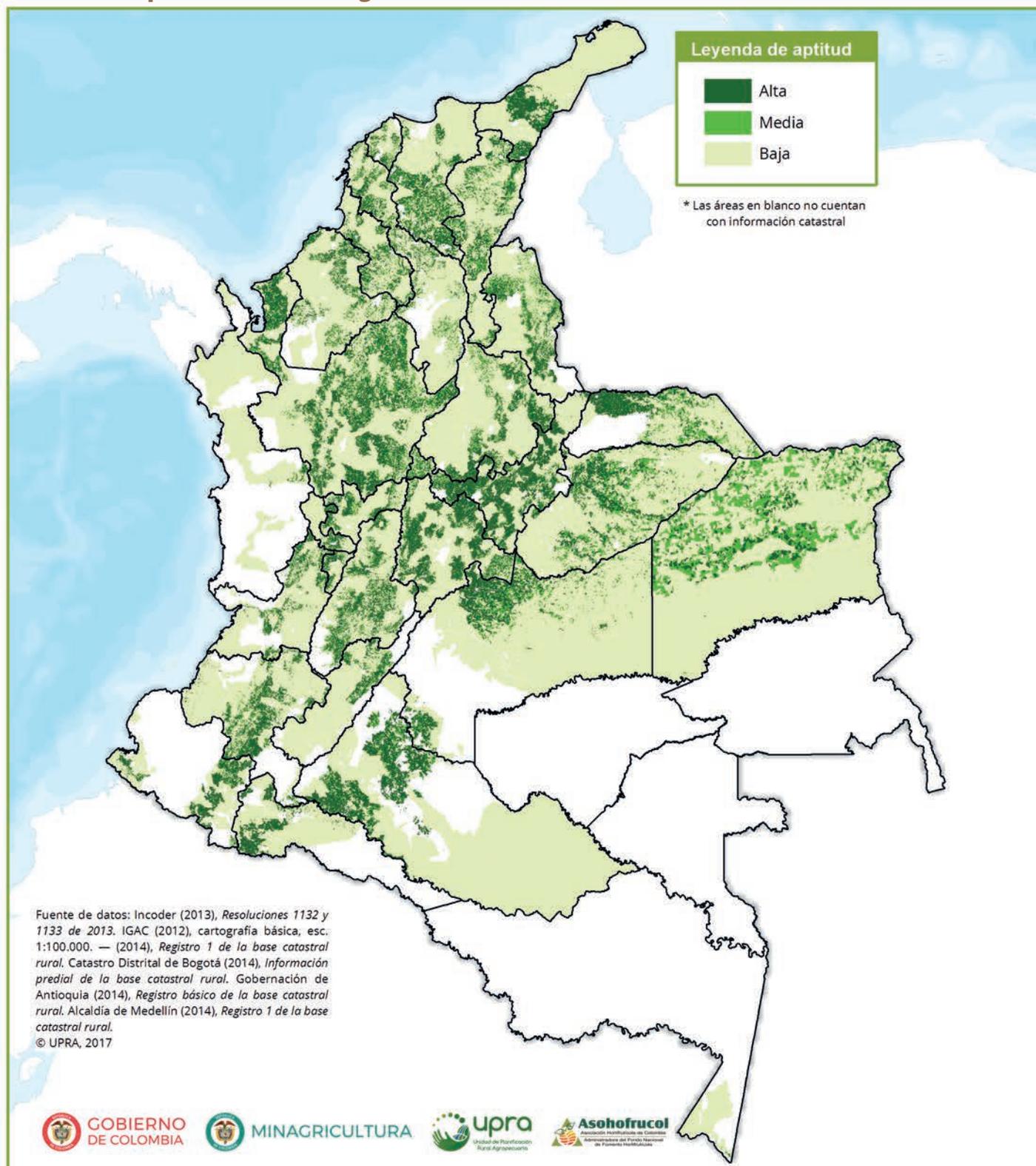
Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Incoder. (2013). *Resoluciones 1132 y 1133 de 2013*.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Criterio tamaño de la tierra rural

3.2.1 Variable tamaño tipo de los predios rurales

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL | | |
| VARIABLE: TAMAÑO TIPO DE LOS PREDIOS RURALES | UNIDAD DE MEDIDA: UNIDAD AGRÍCOLA FAMILIAR (UAF) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la UAF (2 SMMLV) por municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Los costos de producción están asociados a la economía de escalas, los cuales a su vez tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

El acceso a la tierra y la posibilidad de producir manifiestan un mayor nivel de aptitud. Si hay regiones del país donde el tamaño de los predios es menor a 2 UAF para el municipio, significa que hay una mayor probabilidad de acceder a la tierra porque hay menor concentración de la misma; en los cultivos hortofrutícolas el común denominador son predios pequeños, lo que muestra menor concentración y, por ende, genera una mayor aptitud.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasificaron de acuerdo con el grado de aptitud competitiva:

| Tamaño tipo, definido según el rango de tamaño predominante (UAF) | Aptitud |
|---|---------|
| Predios < 2 UAF | A1 |
| Predios entre 2 y 5 UAF | A2 |
| Predios > 5 UAF | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Las áreas registradas en el catastro, en la mayoría de los casos, corresponden a las indicadas en los títulos de dominio, bajo la figura de «cuerpo cierto» y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.

La UAF no está definida para todos los municipios.

Metodología de procesamiento de la información

Información:

- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC (2014). *Base predial: registros 1 y 2, vigencia 2014*. Bogotá: IGAC.

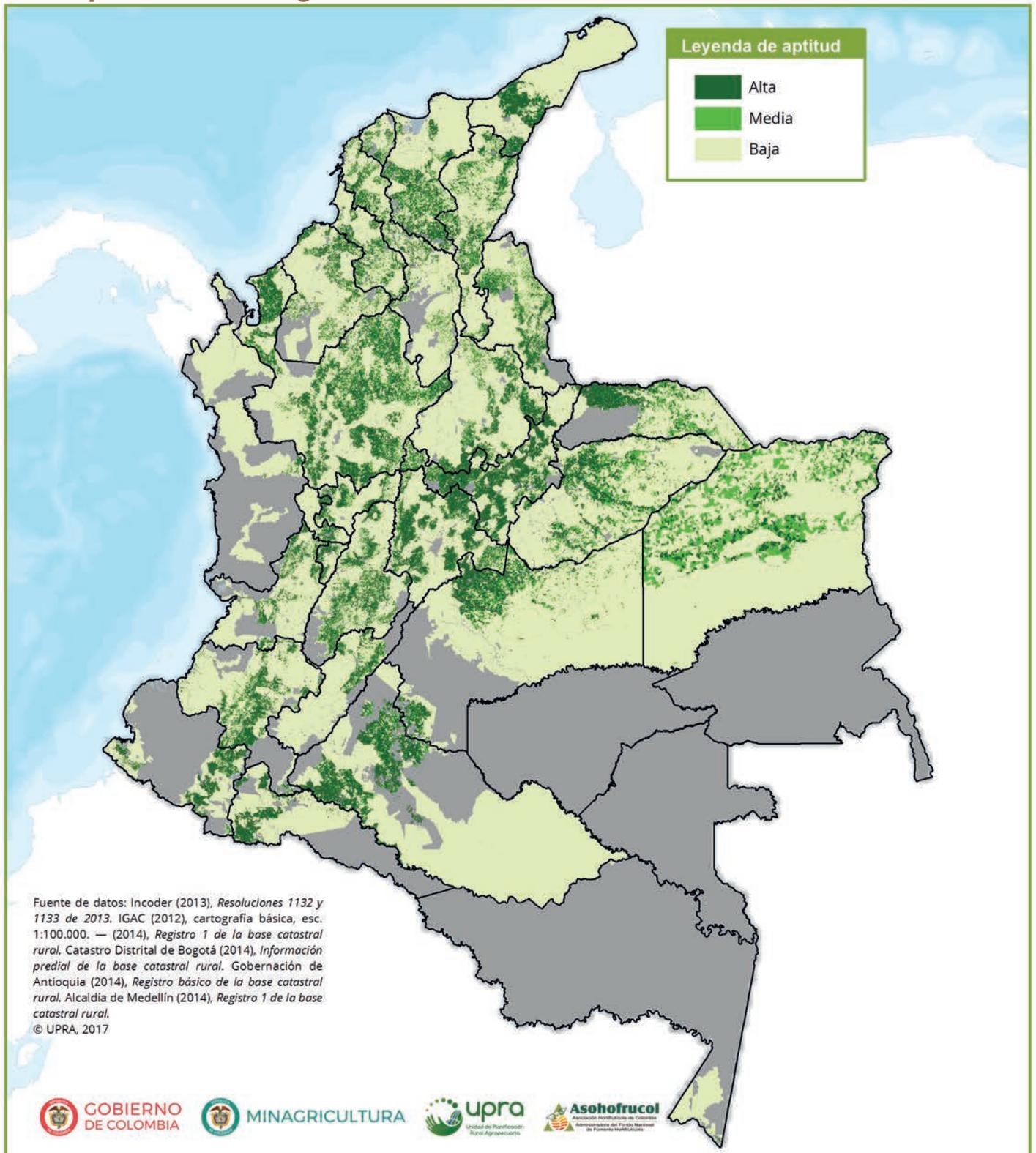
Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Incoder. (2013). *Resoluciones 1132 y 1133 de 2013*.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio tamaño de la tierra rural
Variable tamaño tipo de los predios rurales

3.3 Criterio factores productivos

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: FACTORES PRODUCTIVOS | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Precio de la tierra rural municipal, rendimientos y centros de consumo. | | |

Definición

Con este criterio se busca espacializar algunas variables que tienen relación con los costos de producción, para medir el impacto y el nivel de aptitud de un sitio respecto a la tradición del cultivo, el arriendo o el precio de la tierra —según sea el caso—, los rendimientos medidos como toneladas producidas por hectárea y el consumo municipal de la fruta.

Importancia del criterio para el cultivo

Este criterio busca medir los principales rubros de los costos de producción del cultivo en el municipio, dado que son estos costos los que definen la viabilidad económica y financiera de cualquier proceso productivo.

El tener unas zonas de aptitud alta (A1) significa que en el territorio existen condiciones productivas de tradición, cultura agropecuaria, conocimiento y manejo agronómico del cultivo, lo que hace que la viabilidad productiva y competitiva sea mayor.

A su vez, al incluir una medición relacionada con la comercialización, se estiman indirectamente los costos y la competitividad.

Para cultivos de tardío rendimiento, el precio de la tierra o los arriendos son un factor fundamental que influye directamente en los costos de producción: niveles altos de arriendo o precios altos en el valor de la tierra generan obstáculos inmediatos en la posibilidad de producir porque aumentan considerablemente los costos por hectárea.

Limitantes de la evaluación del criterio

No se encontraron limitantes.

Valor de ponderación del criterio: 5,3 %

Metodología de evaluación

El criterio se construyó a partir de la ponderación de las variables que lo componen, utilizando la siguiente calificación:

- Rendimientos: 50 %.
- Precio de la tierra: 25 %.
- Centros de consumo: 25 %.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variable | Unidad de medida | Aptitud | | |
|---------------------|------------------|--|--|-----------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Precio de la tierra | Pesos | Municipios < \$ 2 millones | Municipios entre \$ 2 y \$10 millones | Municipios > \$ 10 millones |
| Rendimientos | t/ha | Municipios > 11,57 t/ha | Municipios entre 9,01 y 11,57 t/ha | Municipios < 9,01 t/ha |
| Centros de consumo | Kilogramos | Municipios con consumo \geq 1.019.000 kg | Municipios con consumo entre 185.000 kg y 1.019.000 kg | Municipios sin historial |

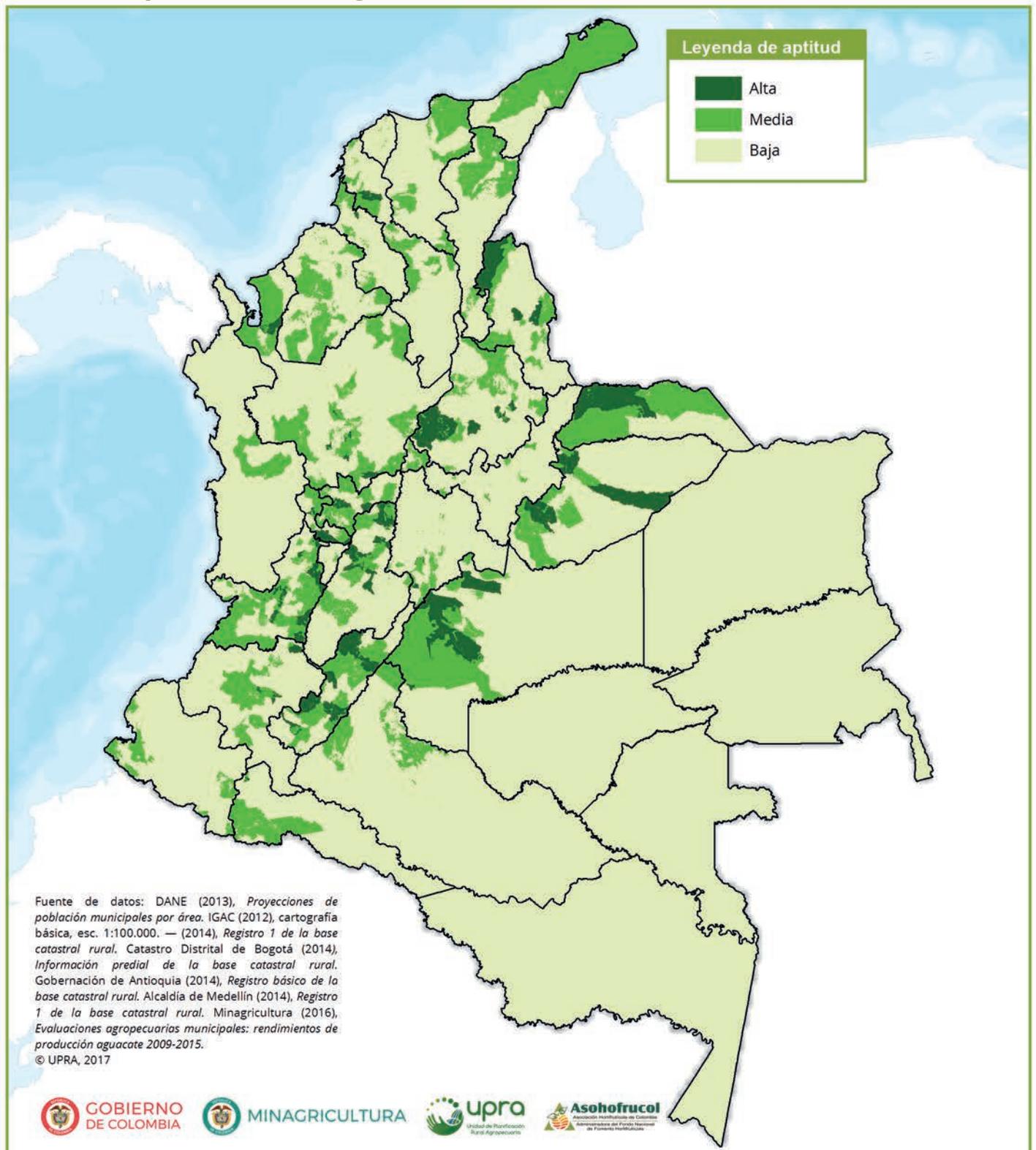
Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- DANE. (2013). Proyección de la población municipal por áreas.
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de tierras*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Minagricultura. (2014). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en aguacate 2009-2014*. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Criterio factores productivos

3.3.1 Variable precio de la tierra rural municipal

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: FACTORES PRODUCTIVOS | | |
| VARIABLE: PRECIO DE LA TIERRA RURAL MUNICIPAL | UNIDAD DE MEDIDA: PROMEDIO DEL AVALÚO CATASTRAL DE LOS PREDIOS RURALES CON DESTINO ECONÓMICO AGROPECUARIO, POR HECTÁREA EN EL MUNICIPIO A 2014 | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. Busca medir de forma indirecta el arriendo de una hectárea para la producción agrícola.

Para efectos de la zonificación, esta variable se asimila e incorpora como el avalúo catastral por hectárea de los predios rurales de un municipio, donde se tiene información.

Avalúo catastral: determinación del valor de los predios obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (IGAC, 2011).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en los costos de producción, porque esta variable intenta medir el valor del arriendo de la hectárea para un cultivo: a mayor precio de la tierra, mayor valor del arriendo.

El precio de la tierra o el valor del arriendo están directamente asociados con la competitividad de la explotación comercial de las cadenas hortofrutícolas: a menores precios de la tierra, menores costos de producción, lo que conduce a que un productor sea más competitivo.

Los municipios con precios de la tierra más bajos son más atractivos para los agentes económicos interesados en el desarrollo de la actividad productiva.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja).

| Avalúo catastral promedio de los predios rurales con destino económico agropecuario por hectárea en el municipio a 2014 (pesos colombianos) | Aptitud |
|---|---------|
| Municipios < \$ 2 millones | A1 |
| Municipios entre \$ 2 y \$ 10 millones | A2 |
| Municipios > \$ 10 millones | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Se está asumiendo que un mayor valor catastral de la tierra implica que esa hectárea puede tener un mayor valor de arriendo.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1: 100.00. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.

2. Precisiones de la información: el valor de la hectárea rural por municipio, a partir de la información catastral disponible, incorpora el valor de las construcciones presentes en cada predio.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: se calculó el avalúo catastral por hectárea para cada uno de los predios con destino económico agropecuario del municipio. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el precio promedio por hectárea a partir del avalúo catastral de las granjas hortofrutícolas existentes en el país, como referencia para calcular el valor de cada rango de la aptitud competitiva.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos: el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo o una explotación comercial agropecuaria.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se deben definir teniendo en cuenta el precio por hectárea establecido a partir del avalúo catastral de las fincas según el tipo de explotación hortofrutícola o su TUT.

Los valores se definen teniendo en cuenta la distribución estadística de los datos del avalúo catastral de los predios equivalente por hectárea (promedio, mediana, desviación típica, máximo, mínimo).

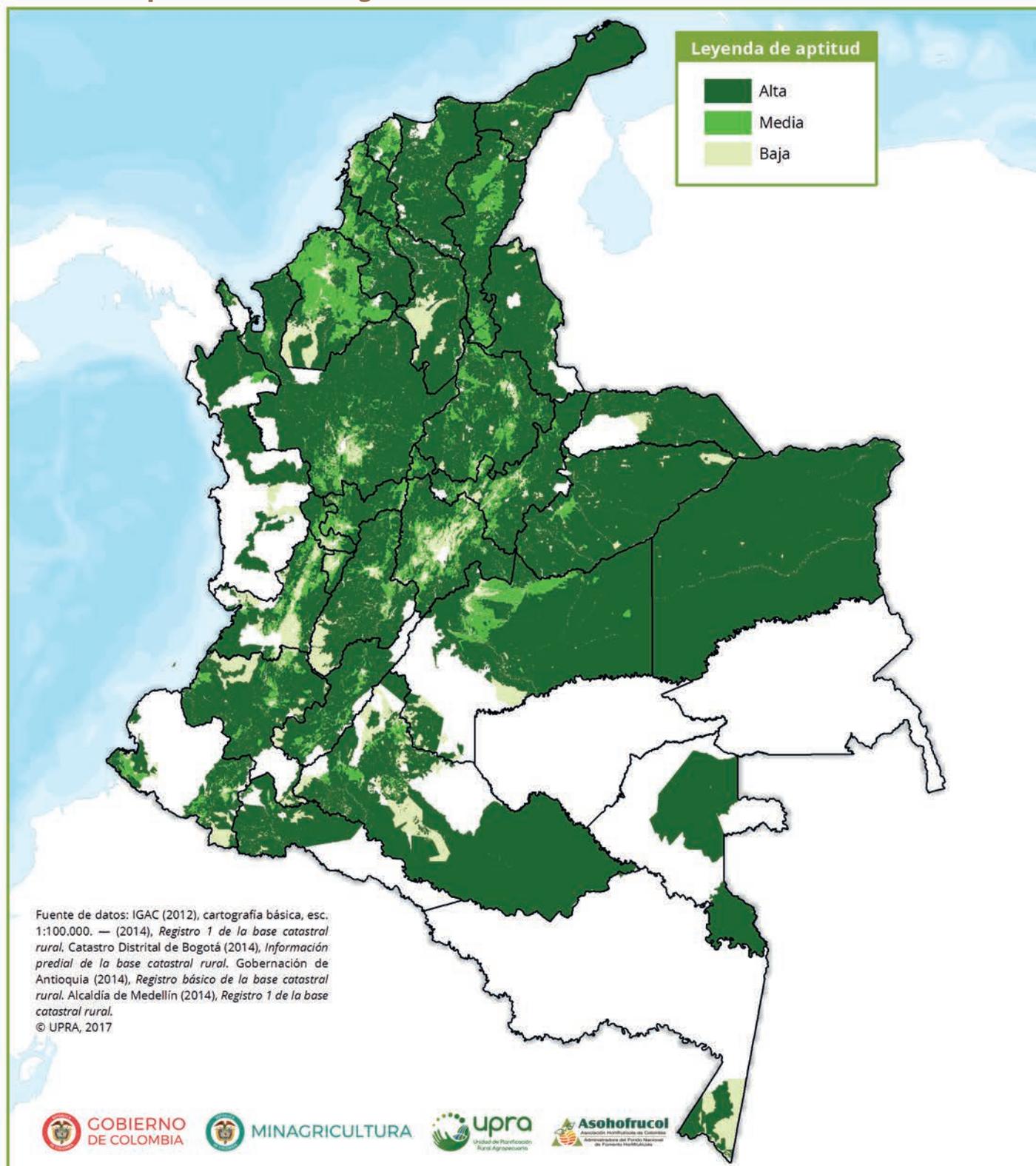
Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio factores productivos
Variable precio de la tierra rural municipal

3.3.2. Variable rendimientos

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: FACTORES PRODUCTIVOS | | |
| VARIABLE: RENDIMIENTOS | UNIDAD DE MEDIDA: PROMEDIO ANUAL 2009-2015 DE TONELADAS POR HECTÁREAS SEMBRADAS EN AGUACATE EN EL MUNICIPIO. | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Peso por unidad de superficie cosechada de un producto vegetal. En general, se representa como t/ha.

Importancia de la variable para el cultivo

El rendimiento, medido en toneladas por hectárea, muestra las zonas del país que tienen mayor capacidad productiva; un mayor rendimiento genera menor costo por tonelada, y menores costos mejoran la competitividad.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

| Promedio anual 2009-2015 rendimiento en aguacate en el municipio (t/ha) | Aptitud |
|---|---------|
| Municipios > 11,57 t/ha | A1 |
| Municipios entre 9,01 y 11,57 t/ha | A2 |
| Municipios < 9,01 t/ha | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin registro de rendimientos en la producción de aguacate. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo, pero donde en la actualidad no se está sembrando.

La información fuente no obedece a un censo de rendimientos en la producción de aguacate por municipio. Esta se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura; no hay posibilidad de validarla por municipio porque no existe otra fuente.

Los datos no están discriminados para aguacate variedad Hass. Por ello, se encuentran zonas donde predomina otra variedad como el aguacate papelillo;

adicionalmente, los registros de rendimientos no siempre se obtienen de cultivos en plena producción y es por esto que pueden llegar a aparecer cifras muy bajas en explotaciones comerciales que apenas estaban iniciando etapa vegetativa. Esta es otra limitante que hace muy imprecisa a la variable.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Minagricultura. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva, Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA). Área sembrada en aguacate 2009-2014.
- 2. Precisiones de la información:** sin precisiones.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** para efectos de los análisis de la variable, se tomaron los valores promedio anual 2009-2014 de áreas sembrada con aguacate. Para definir el rango A2, se trabajó con la desviación estándar sumándosela al valor mínimo producido por ha.
- 4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión del área sembrada. Se consultaron el marco teórico y la línea base de la cadena. Para analizar los datos, se elaboró el histograma de distribución y se calcularon los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

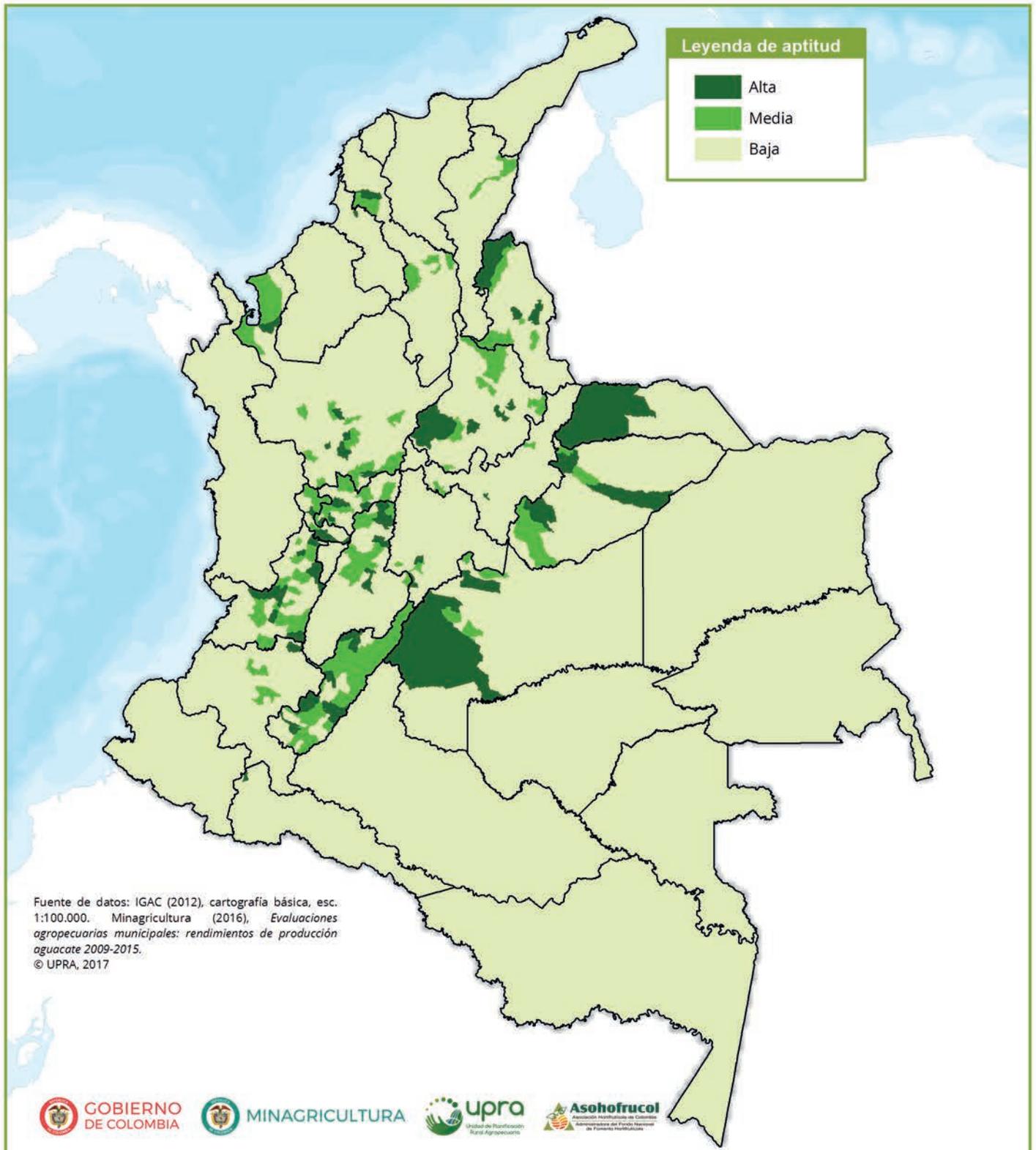
Unidad de análisis

Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1: 100.00. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en aguacate 2009-2015*. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva.

Representación cartográfica de la variable



Criterio factores productivos
Variable rendimientos

3.3.3. Variable centros de consumo

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: FACTORES PRODUCTIVOS | | |
| VARIABLE: CENTROS DE CONSUMO | UNIDAD DE MEDIDA: POBLACIÓN MUNICIPAL MULTIPLICADA POR EL CONSUMO EN kg DE CADA CADENA PRODUCTIVA | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Centros poblados donde normalmente existe demanda de consumo para la cadena productiva.

Importancia de la variable

Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena del aguacate Hass, al facilitar la movilidad de su aparato productivo. Las zonas de influencia de los centros de consumo presentan una ventaja competitiva toda vez que allí se concentra la demanda de la cadena productiva.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

| Cercanía a viveros registrados por municipio | Aptitud |
|--|---------|
| Municipios con consumo \geq 1.019.000 kg | A1 |
| Municipios con consumo entre 185.000 kg y 1.019.000 kg | A2 |
| Municipios sin historial | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Se parte de la premisa que los centros de consumo son equiparables a los municipios con mayor población. Es decir, la población y presencia de centros de consumo tienen una relación directa.

La selección de los centros de consumo se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2014, estimada a partir del censo de población del año 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- DANE. (2014). Proyecciones de población municipales por área.

2. **Análisis de la consistencia y preparación de la información:** se relacionó la población del municipio con el consumo, se multiplicó esta con el consumo definido per cápita de kg para el aguacate.
3. **Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la estadística como promedio y media a partir del conjunto de municipios analizados y la selección de los municipios con mayor consumo hasta el valor del promedio.

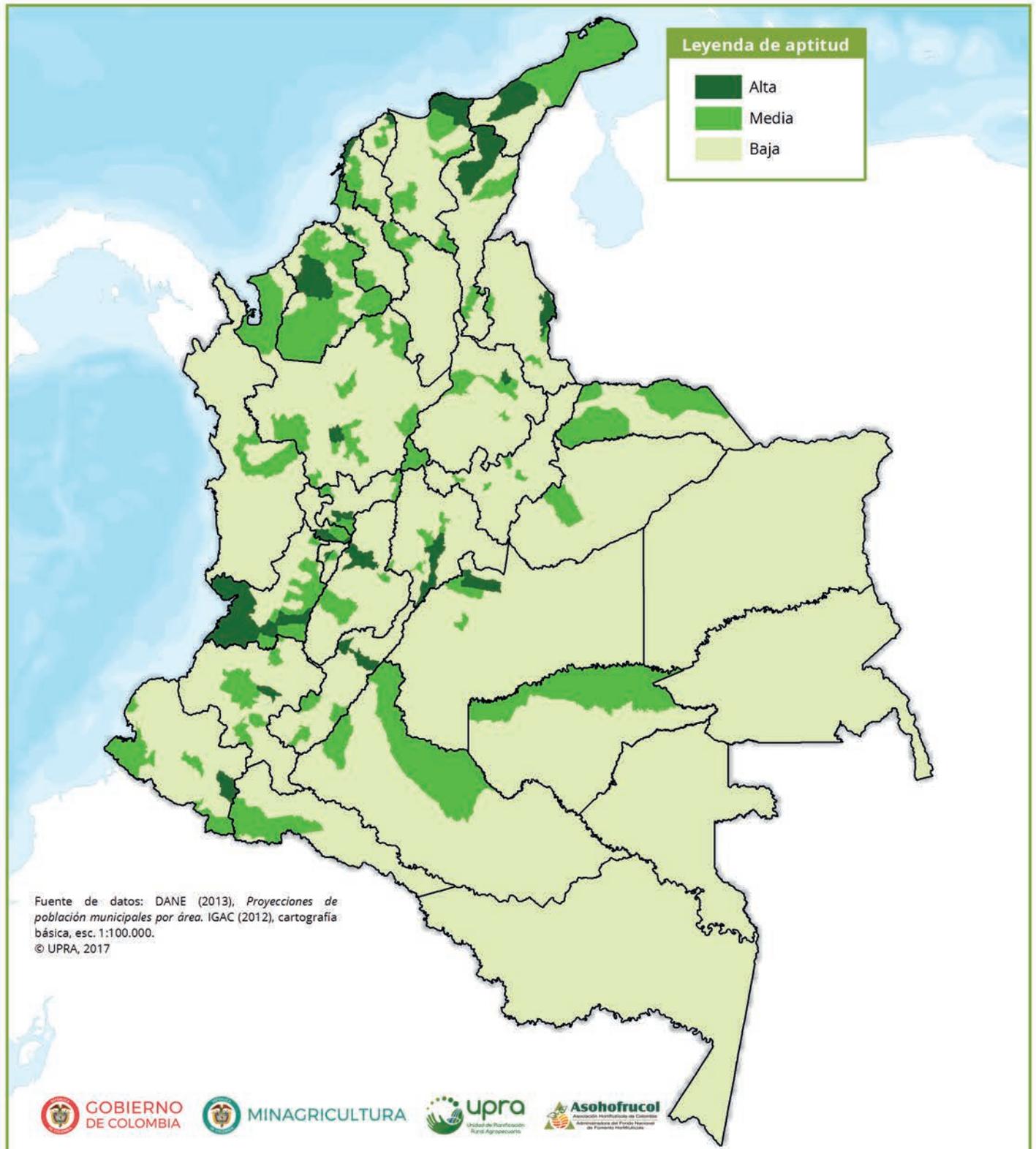
Fuentes de información

- DANE. (2014). Proyección de la población municipal por áreas. Bogotá: DANE
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:1000.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio factores productivos
Variable centros de consumo

3.4 Criterio infraestructura y logística

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Este criterio está compuesto por las variables existencia de cultivos; cercanía a centros de servicios; cercanía a puertos marítimos; presencia de aeropuertos; distritos de riego; y cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización. | | |

Definición

Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.

Importancia del criterio para el cultivo

Indica a los agentes económicos las condiciones de movilidad, el acceso a centros de servicios, el potencial de operaciones de comercio exterior, la cercanía a los centros de agregación de valor —entendidos como de transformación, empaque y comercialización, entre otros— y la accesibilidad a los distritos de riego, los que pueden limitar o promover la competitividad de la cadena en la interacción con los mercados nacionales e internacionales.

Existe una relación directa entre la infraestructura y la logística, y la aptitud competitiva: los municipios con mayores facilidades para la movilidad del aparato productivo ofrecen mejores condiciones para que la cadena productiva se desarrolle en forma eficiente.

Asimismo, altos niveles de competitividad están asociados con la disponibilidad de infraestructura de transporte y logística, ya que esta reduce los costos de trasladar insumos desde sus fuentes y distribuir los productos hacia los mercados. En la medida en que estos procesos funcionen de manera adecuada, los costos tienden a reducirse; las regiones con mejores condiciones de infraestructura y comunicaciones son más competitivas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Las distancias no incluyen las condiciones, los costos ni los tiempos de desplazamiento. La información disponible es de carácter muy general y muestra una aptitud de tipo espacial por ubicación estratégica.

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población, realizadas por el DANE para 2014, estimadas a partir del censo de 2005.

La información sobre centros de transformación, empaque y comercialización es escasa y está en continua actualización ante el ICA. Para este ejercicio, se hizo un barrido de todos los centros de transformación en el país con base en la experiencia de los técnicos del Minagricultura, los técnicos de la UPRA y las validaciones o visitas de campo.

Para los distritos de riego se relaciona el área del distrito, de acuerdo con los registros del Incoder.

Valor de ponderación del criterio: 6,1 %

Metodología de evaluación

El criterio se construyó a partir de la sumatoria de las variables que lo componen, las cuales califican los municipios según categorías de aptitud competitiva (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud, se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión se procedió a sumar los valores asignados a las categorías de aptitud.

Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio:

| Criterio | Aptitud | | |
|-----------------------------|--|---|---|
| | A1 | A2 | A3 |
| Infraestructura y logística | Municipios con sumatoria de aptitud > 14 | Municipios con sumatoria de aptitud entre 10 y 13 | Municipios con sumatoria de aptitud < 9 |

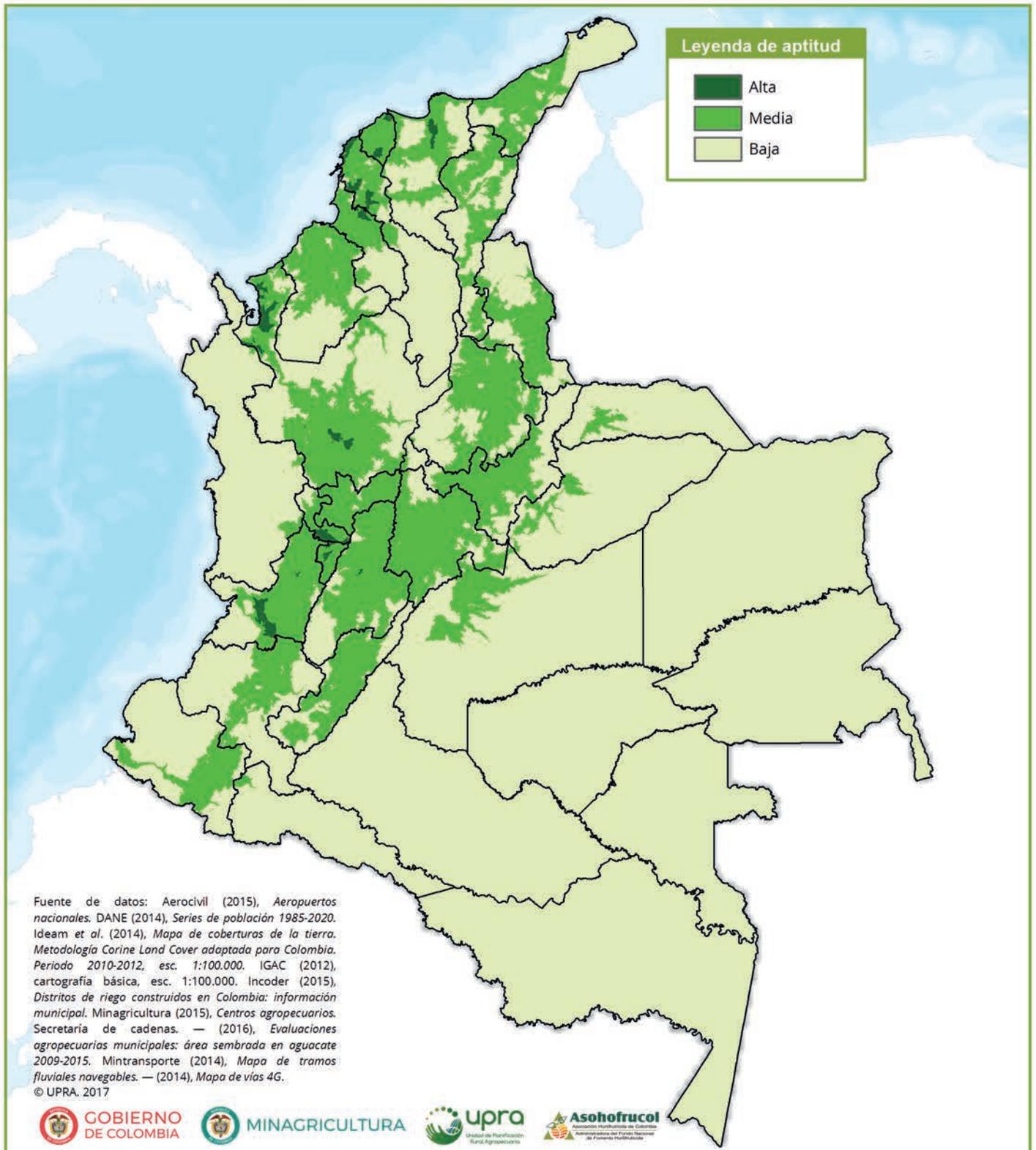
Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variables | Unidad de medida | Rangos de aptitud | | |
|--|-----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Existencia de cultivos | Hectáreas | Municipios > 133 ha sembradas | Municipios entre 38,33 y 133 ha sembradas | Municipios < 38,3 ha sembradas |
| Cercanía a centros de servicios | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Cercanía a puertos marítimos | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Presencia de aeropuertos | Categorías | Categoría A | Categoría B | Categoría C |
| Cercanía a centros transformación empaque comercialización | Tiempo de desplazamiento en horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Distritos de riego | Tamaño | Municipios con distritos de riego de gran tamaño | Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño | Municipios sin distritos de riego |

Fuentes de información

- Aerocivil. (2015). Aeropuertos nacionales.
- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*.
- Ideam. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2015). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información municipal*
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica del criterio



Criterio infraestructura y logística

3.4.1 Variable existencia de cultivos

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: FACTORES PRODUCTIVOS | | |
| VARIABLE: EXISTENCIA DE CULTIVOS | UNIDAD DE MEDIDA: PROMEDIO ANUAL 2009-2015 DE HECTÁREAS SEMBRADAS EN AGUACATE EN EL MUNICIPIO. | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Área sembrada con aguacate por municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la presencia de cultivos de aguacate, en donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena.

Existe una relación directa entre la existencia de cultivos y la aptitud competitiva del municipio: aquellos donde se registra mayor área sembrada de aguacate se consideran más competitivos porque ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad. Los municipios con cultivos de aguacate se relacionan con una menor demanda de mano de obra para el desarrollo de labores culturales y una mejor oferta de servicios para la cadena de producción.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

| Promedio anual 2009-2015 de hectáreas sembradas en aguacate en el municipio (ha) | Aptitud |
|--|---------|
| Municipios > 133 ha sembradas | A1 |
| Municipios entre 38,33 y 133 ha sembradas | A2 |
| Municipios < 38,3 ha sembradas | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin registro de área sembrada. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo.

La información fuente no obedece a un censo de áreas sembradas en aguacate por municipio y no hay forma de hacer una validación porque no hay ninguna otra entidad que tenga información tan detallada a nivel municipal.

Al graficar, en el mapa se sombrea todo el municipio, por eso hay algunos que por su extensión aparecen con una gran sombra, mientras que aquellos de área pequeña pareciera que, visualmente, tuvieran menor aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Minagricultura. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva, Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA). Área sembrada en Aguacate 2009-2015.
- 2. Precisiones de la información:** la información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura: son 432 municipios que reportaron área sembrada entre el 2009 y 2015.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** para efectos de los análisis de la variable, se tomaron los valores promedio anual 2010-2015 de áreas sembrada con aguacate. Para definir el rango A2, se trabajó con la desviación estándar sumándosela al valor mínimo cultivado por ha.
- 4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

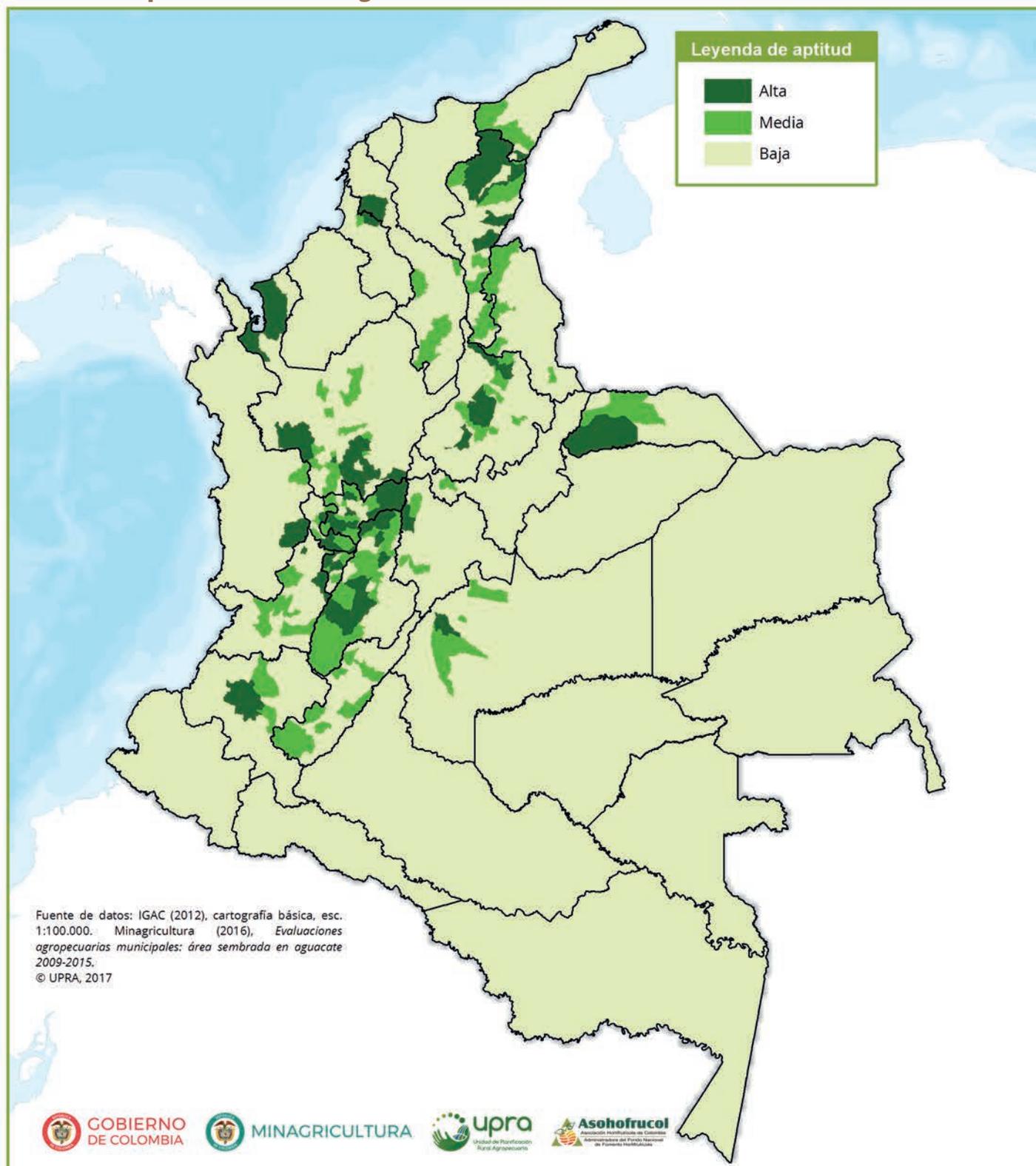
El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron de acuerdo con el promedio del área sembrada por municipio desde el 2009 al 2015. Se consultaron el marco teórico y la línea base de la cadena.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada en aguacate 2009-2015*. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable existencia de cultivos

3.4.2 Variable cercanía a centros de servicios

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| VARIABLE: CERCANÍA A CENTROS DE SERVICIOS | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro de servicios) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las oportunidades de contacto e interacción con relación a la obtención de insumos básicos requeridos en el proceso productivo. Por ejemplo, soldador, ferretería, mangueras, agroquímicos, entre otros.

Centros de servicios: áreas donde normalmente existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo. Para la zonificación, comprende los municipios que cuentan con población superior a 30.000 habitantes.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La cercanía, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y el estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta los centros de servicios son menores; en consecuencia, los municipios son más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los centros de servicios: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja).

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|------------------------------------|---------|
| Municipios < 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios > 4 horas | A3 |

Se identificaron 246 centros de servicios. Los más importantes del país son Bogotá, Medellín y Cali. La región andina muestra mayor aptitud competitiva; las regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen menor aptitud competitiva.

Limitantes de la evaluación de la variable

Se parte de la premisa de que los centros de servicios se concentran en los municipios con mayor población; es decir, la relación población y presencia de centros de servicios es directa. El análisis requiere diferenciar los centros de servicio para cada cadena productiva.

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el 2014 estimadas a partir del Censo Nacional de Población de 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1: 100.00. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos Red Vial Nacional y Departamental.
- DANE. (2014). Proyecciones de población municipales por área, 2014.

2. Precisiones de la información: la metodología de isócronas empleada por la UPRa involucra todos los tipos de vías terrestres; las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad; y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

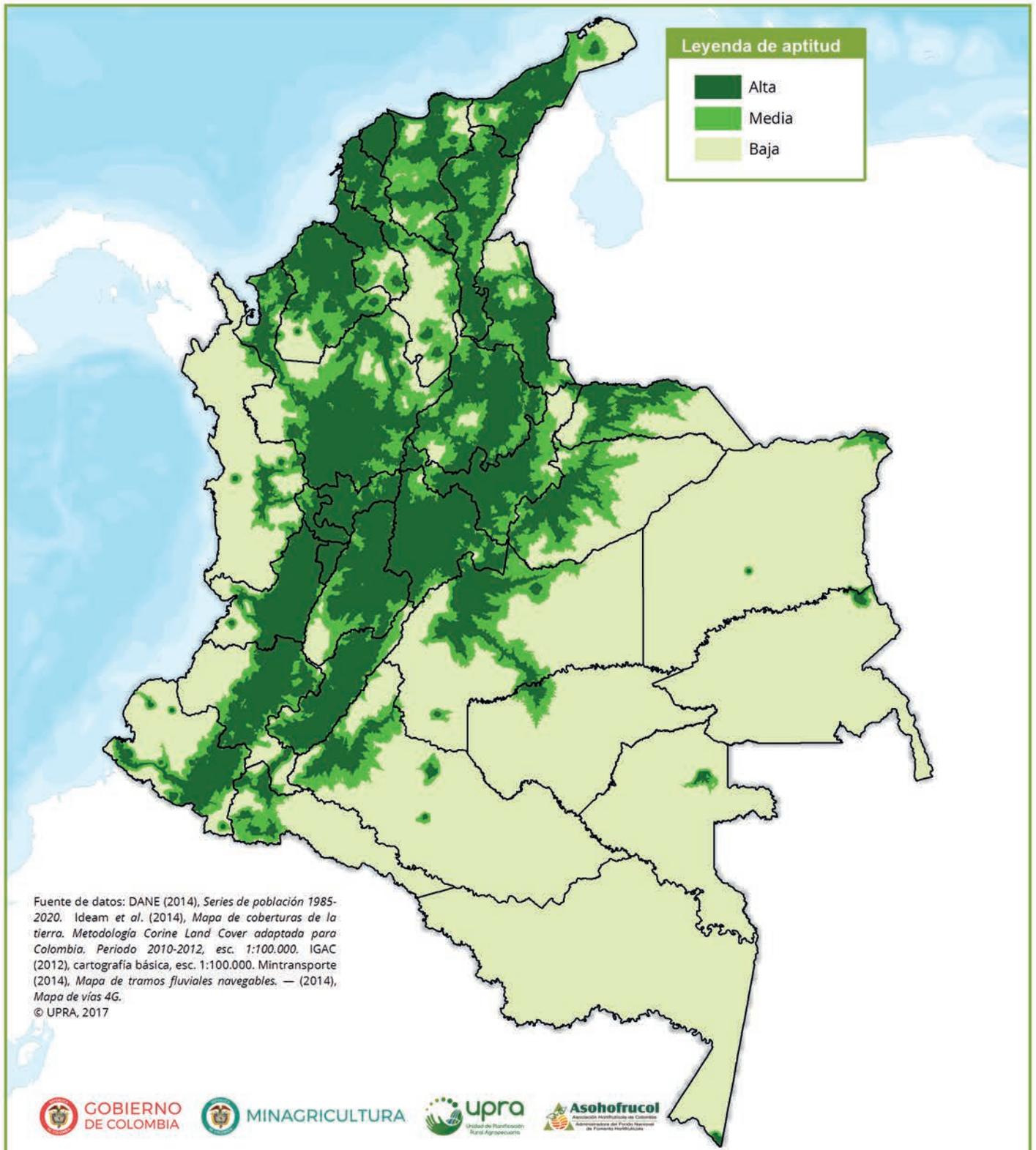
3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: aunque se definió para la zonificación que los centros de servicios están ubicados en los municipios con población mayor a 30.000 habitantes, se incluyeron excepcionalmente los municipios de Puerto Carreño e Inírida, con proyecciones de población para el 2014 menores a 30.000 habitantes, porque allí se localizan los principales centros de servicios de los departamentos de Vichada y Guainía, respectivamente.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los centros de servicios. Si el centro de servicios está a menos de tres horas, esto implica que se requiere menos de medio día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Si el centro de servicios entre tres y seis horas, esto implica que se requiere hasta un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Si el centro de servicios está a más de seis horas, esto implica que se requiere más de un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen.

Fuentes de información

- DANE. (2014). Series de población 1985–2020.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1: 100.00. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapas 4G. Información portuaria*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable cercanía a centros de servicios

3.4.3 Variable cercanía a puertos marítimos

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| VARIABLE: CERCANÍA A PUERTOS MARÍTIMOS | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (en este caso, un puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio.

En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos marítimos dado que este producto tiene una clara vocación exportadora.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de comercio internacional, en especial de exportación, que beneficien la competitividad de la cadena.

Sintetiza las oportunidades de interacción de los municipios con los puertos marítimos. Los municipios más cercanos a los puertos marítimos tendrán mayor aptitud competitiva para interactuar en modelos de mercado internacional.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento a los puertos marítimos: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja).

| Tiempo de desplazamiento en horas (TD) | Aptitud |
|--|---------|
| Municipios ≤ 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios > 4 | A3 |

La región Caribe muestra la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. El Puerto de Buenaventura refleja una gran incidencia para la región andina. El puerto de Tumaco genera influencia positiva en el sur del país. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen el menor grado de aptitud competitiva frente a su cercanía a los puertos marítimos.

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos no incluye los costos de transporte por medio de la red vial, y la aptitud se concentra en la ubicación.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.00. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental.
- Mintransporte. (2014). Información portuaria.

2. Precisiones de la información: la metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables en la actualidad.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

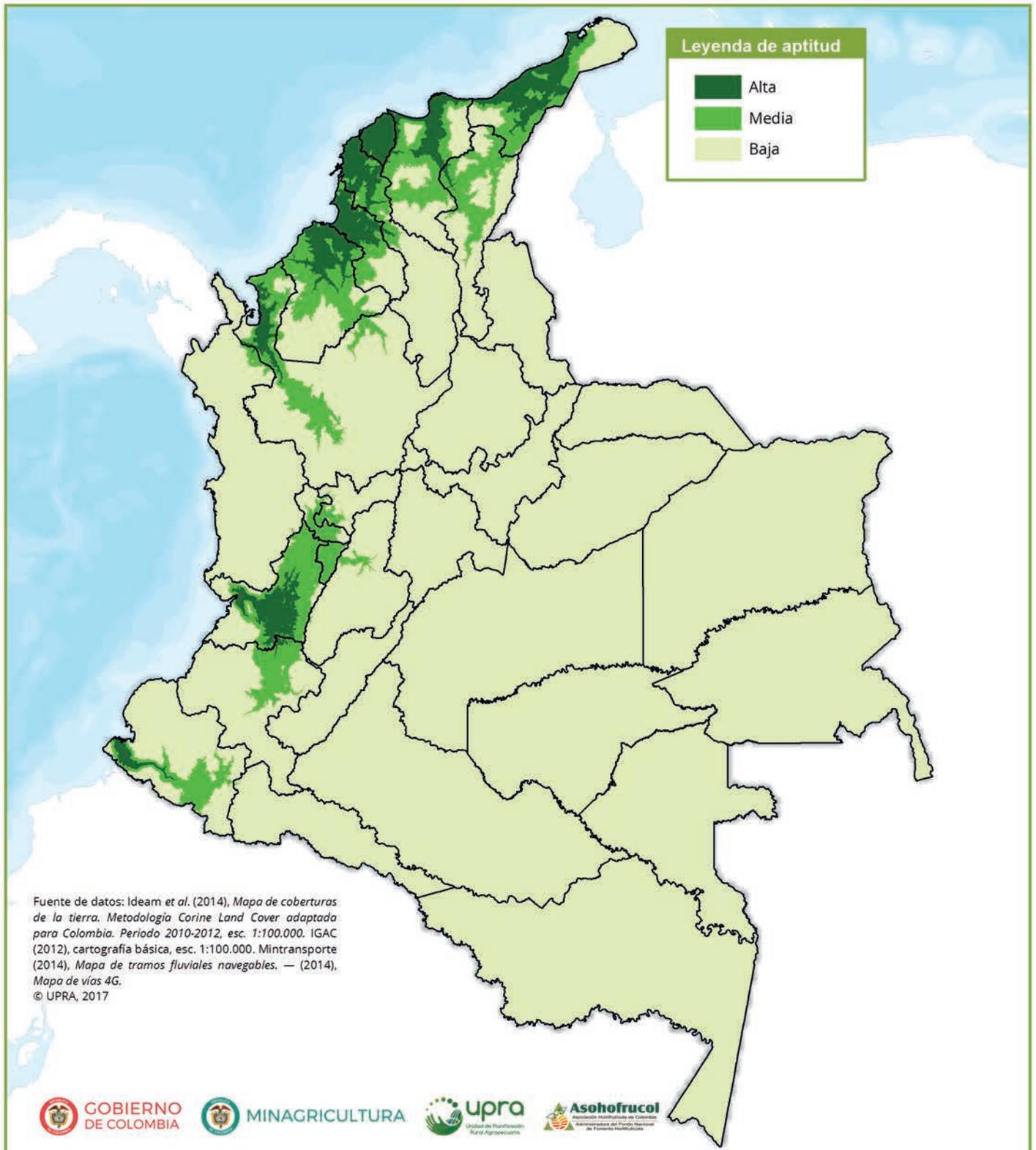
3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: la localización de los puertos marítimos son los puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. La información de la localización de dichos puertos corresponde a 2014.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los puertos marítimos. Puertos marítimos a menos de dos horas implica que se disponga de hasta medio día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Para aquellos ubicados a más de dos y menos de cuatro horas, se debe disponer de hasta un día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Puertos marítimos a más de cuatro horas implica la necesidad de disponer de más de un día para desplazamiento, para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional.

Fuentes de información

- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014) *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapas 4G. Información portuaria*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable cercanía a puertos marítimos

3.4.4. Variable presencia de aeropuertos

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| VARIABLE: PRESENCIA DE AEROPUERTOS | UNIDAD DE MEDIDA: CATEGORÍAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Los aeropuertos analizados se clasifican teniendo en cuenta los servicios de facilitación no aeronáuticos útiles para el transporte internacional de carga. Estos servicios son controles migratorios, aduana, policía, controles fito y zoonosanitarios, así como servicios de sanidad general. Categoría A.

Igualmente, el orden de importancia de cada aeropuerto se define dependiendo de cuántas, de las 32 líneas aéreas con cupos de carga que operan en Colombia, están presentes en cada puerto aéreo.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora de acuerdo con la clasificación establecida.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de la explotación comercial hortofrutícola 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 que cuente con aeropuertos de primera clase es más competitivo dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional para satisfacer la demanda del producto en los mercados internacionales, lo que incide positivamente en los costos de carga. A su vez, en la realidad del país se han dado casos de exportaciones de productos vía aérea para destinos distantes como la Unión Europea.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se establecieron de acuerdo con la clasificación que da la Aeronáutica Civil a los aeropuertos del país. A1 (alta) A2 (media) y A3 (baja):

| Municipios de acuerdo con la categoría | Aptitud |
|--|---------|
| Categoría A | A1 |
| Categoría B | A2 |
| Categoría C | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

No se encontraron limitantes.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1: 100.00. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental.
- Proexport. (2012). Infraestructura y Logística.
- Aerocivil. (2015). Aeropuertos nacionales.

2. Precisiones de la información: la Aerocivil es la entidad encargada de manejar esta base de datos con información actualizada.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: Municipio donde está ubicado cada aeropuerto, de acuerdo con la clasificación establecida que se presenta a continuación:

Clase 1: Bogotá: Aeropuerto El Dorado
Rionegro: Aeropuerto José María Córdova
Cali: Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón
Barranquilla: Aeropuerto Ernesto Cortissoz

Clase 2: Medellín: Aeropuerto Olaya Herrera
Cartagena: Aeropuerto Rafael Núñez
Pereira: Aeropuerto Matecaña
Bucaramanga: Aeropuerto Palonegro
San Andrés: Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla
Cúcuta: Aeropuerto Camilo Daza

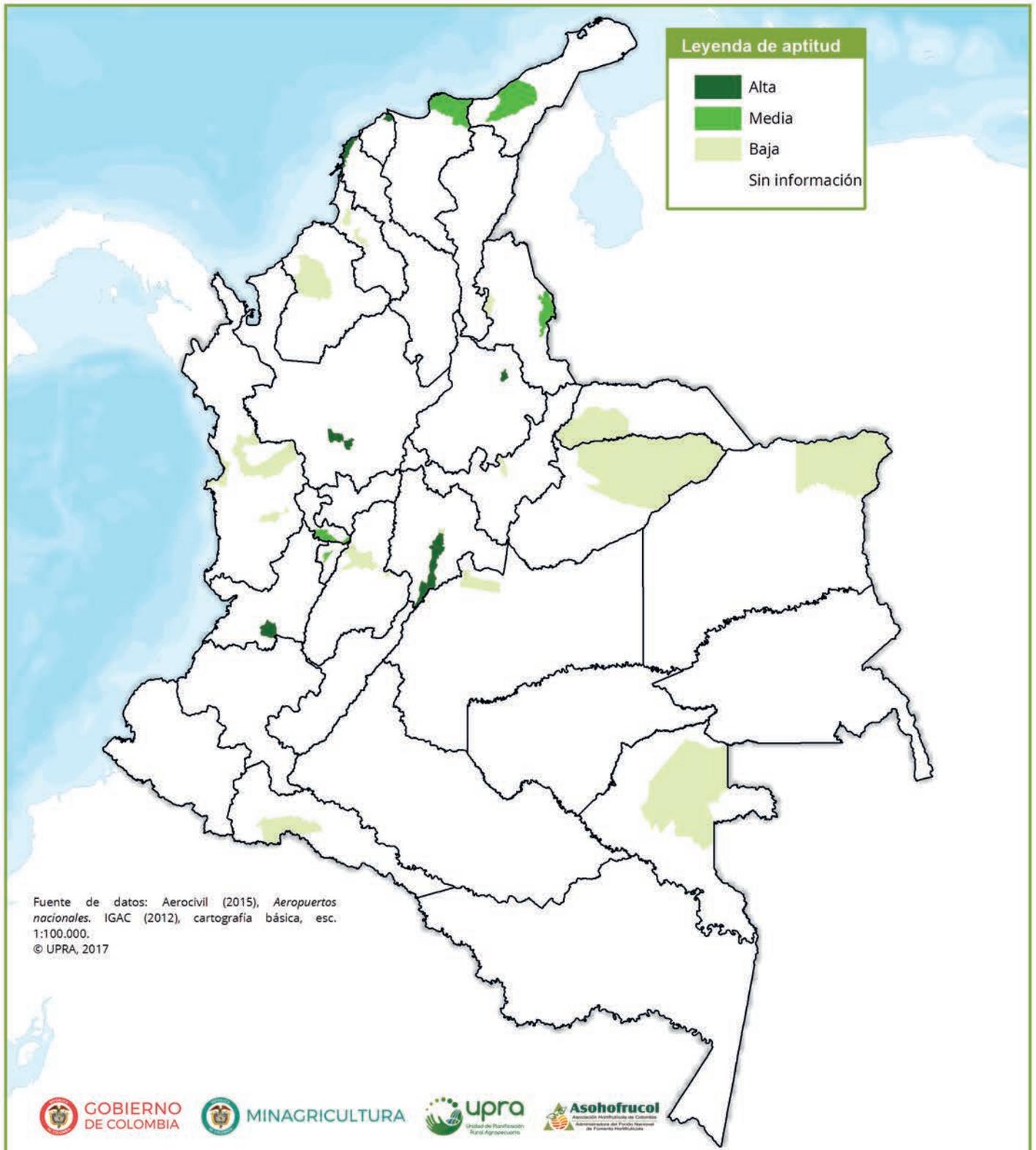
Categoría A se define como clase 1, Categoría B es clase 2 y Categoría C es donde hay pista de aterrizaje.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: municipios donde están ubicados los aeropuertos de acuerdo con la clasificación establecida.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Aerocivil. (2015). Aeropuertos nacionales.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable presencia de aeropuertos

3.4.5 Variable distritos de riego

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| VARIABLE: DISTRITOS DE RIEGO | UNIDAD DE MEDIDA: TAMAÑO DEL DISTRITO (GRAN IRRIGACIÓN, MEDIANA IRRIGACIÓN O PEQUEÑA IRRIGACIÓN) | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según su tamaño (Incoder, 2015).

Importancia de la variable para el cultivo

Un distrito de adecuación de tierras permite una mayor competitividad para el cultivo, dado que permite suplementar con agua las necesidades de las plantas en épocas de baja precipitación natural y, en épocas de alta pluviosidad, el drenaje de aguas sobrantes.

De acuerdo con los lineamientos de la UPRA (2015), un distrito de adecuación de tierras se compone de una serie de acciones e interrelaciones que conducen a la competitividad del sector rural, a la sostenibilidad social, cultural, ambiental, técnica y económica, y debe propender por la conservación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los aspectos culturales.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Tamaño | Aptitud |
|---|---------|
| Municipios con distritos de riego de gran tamaño | A1 |
| Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño | A2 |
| Municipios sin distritos de riego | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

Los distritos de riego en Colombia están catalogados por pequeña, media y gran irrigación según el número de hectáreas beneficiadas.

No todos los distritos de riego están funcionando; además, los privados no tienen fácil acceso a la información.

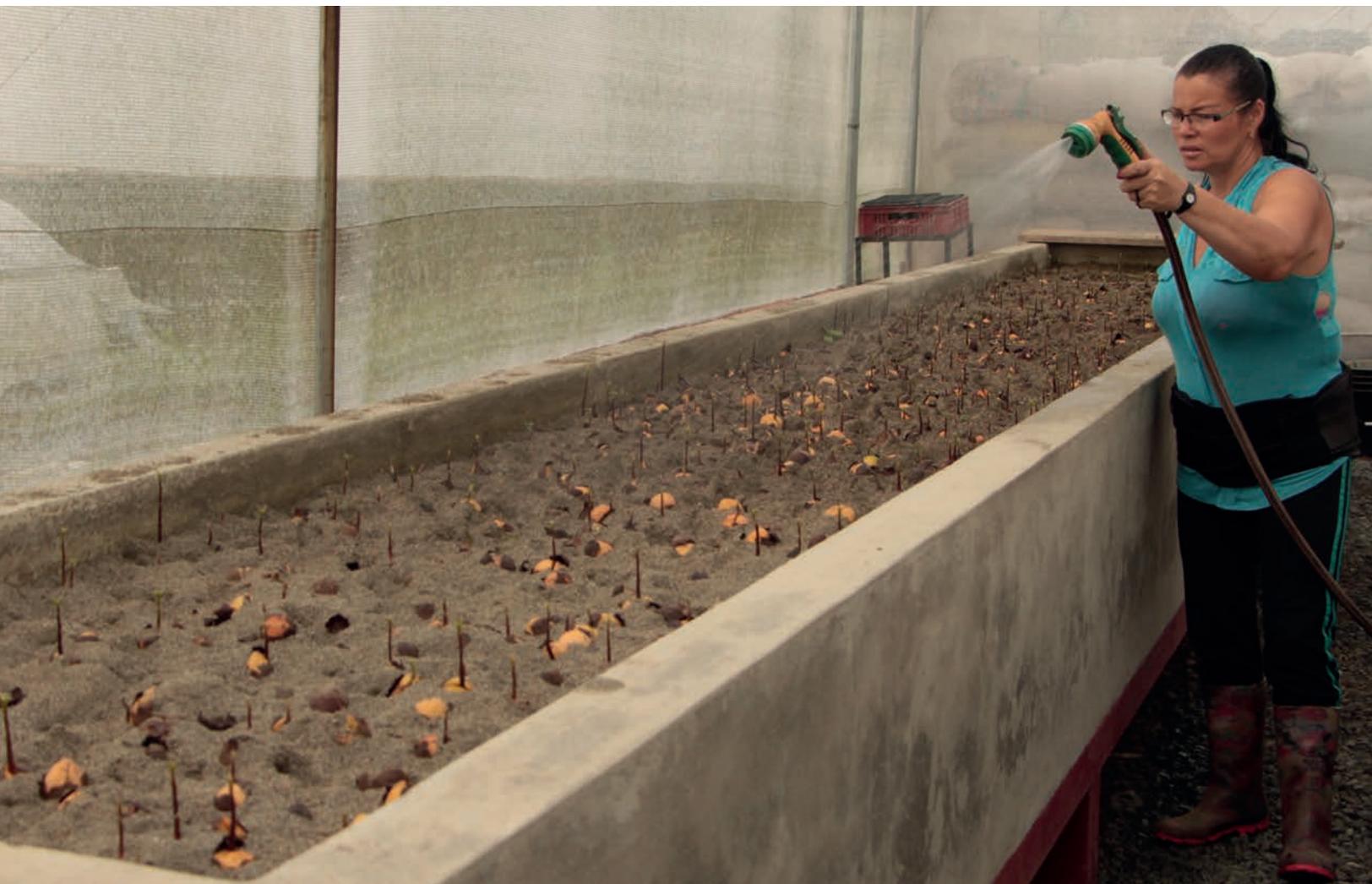
Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Incoder. (2015). Distritos de riego construidos en Colombia. Información municipal.
- 2. Precisiones de la información:** como entidad encargada en gestionar los procesos de adecuación de tierras, el Incoder maneja esta base de datos.
- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** se tuvieron en cuenta los alcances de los distritos de riego, de acuerdo con su beneficio en términos de área en pequeña, mediana y gran irrigación.
- 4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad multifuncional y rangos:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los estadísticos descriptivos (promedio y mediana) del tamaño del distrito de riego.
- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** se realizó de acuerdo con el tamaño del distrito de riego, en grandes (A1), medianos y pequeños (A2) y sin distritos de riego (A3).

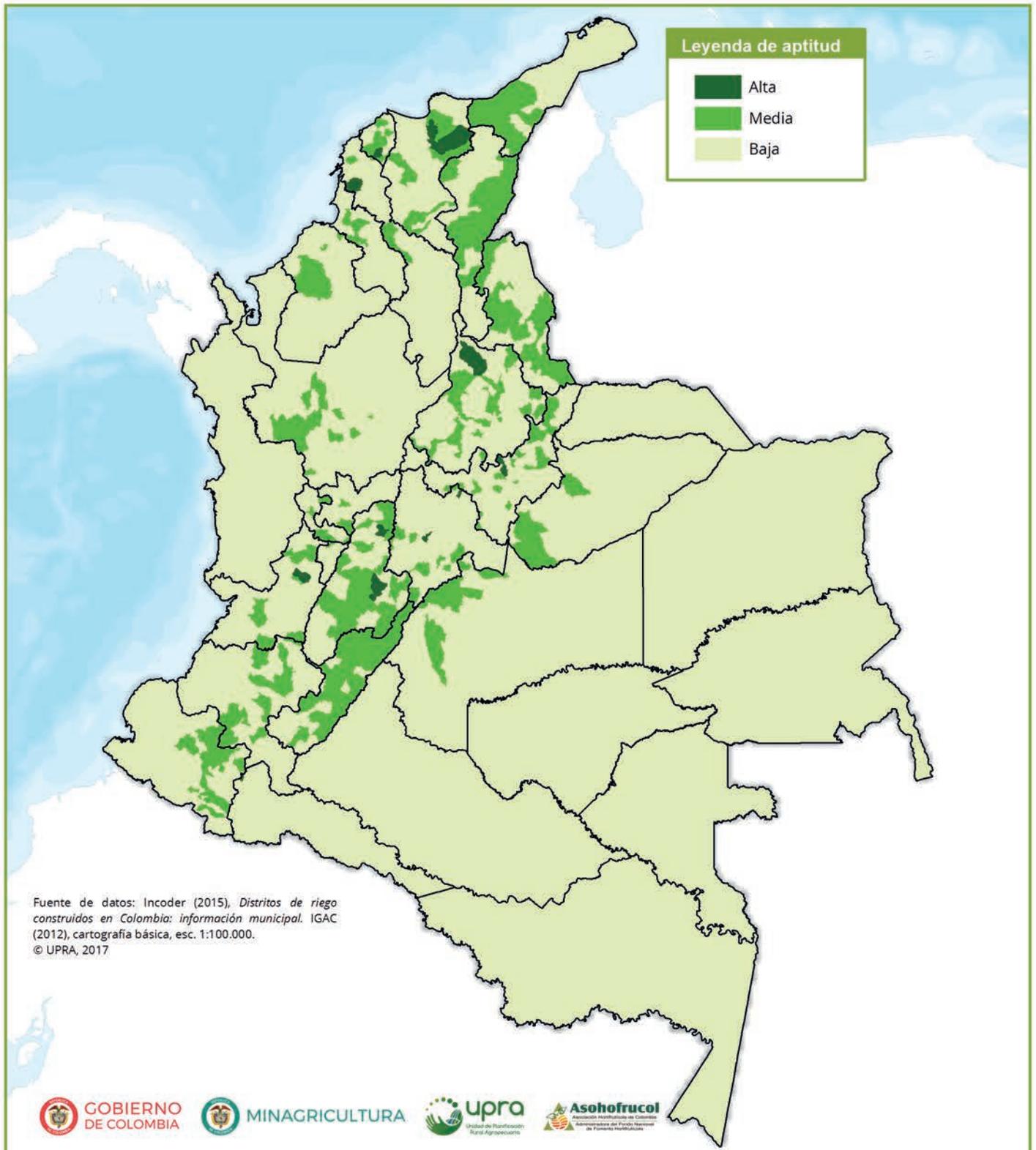
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2015). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información Municipal.*

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable distritos de riego

3.4.6 Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA | | |
| VARIABLE: CERCANÍA A CENTROS TRANSFORMACIÓN, EMPAQUE Y COMERCIALIZACIÓN | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Distancia en isócronas (tiempo, pendiente y distancia de recorrido) desde el centro de transformación, empaque y comercialización hacia cualquier punto del territorio.

Importancia de la variable para el cultivo

La agregación de valor a las frutas y hortalizas es un proceso que en la actualidad se está desarrollando para llevar productos al consumidor con mejores cualidades que aumenten su calidad y presentación.

Se hizo un barrido de los principales puntos de transformación, empaque y comercialización en Colombia para definir una mayor aptitud a los sitios que están cerca de dichos establecimientos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hacia los centros de empaque y comercialización: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja).

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|------------------------------------|---------|
| Municipios ≤ 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios > 4 horas | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los centros de comercialización y empaque no incluye los costos de transporte por medio de la red vial.

La base utilizada muestra centros de comercialización y empaque solo en 62 municipios. Los registros de esta están integrados por grandes empresas agroindustriales y por las plazas de mercado más importantes a nivel municipal.

La información utilizada no es oficial porque solo a partir de 2016 se exige a los centros registrarse ante el ICA; además, hay un tiempo prudencial para dicho registro. Por tal razón, se utilizó la experiencia de los técnicos del Minagricultura, la

experiencia de los expertos contratados por la UPRA y las validaciones en campo para construir este directorio de entidades.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos Red Vial Nacional y Departamental.
- Asohofrucol. (2015). Centros de transformación, empaque y comercialización.

2. Precisiones de la información: la metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y sus pendientes, dada su influencia en la velocidad del transporte.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: la localización de los centros de transformación, empaque y comercialización son los puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: se tuvieron en cuenta los tiempos de desplazamiento en dos direcciones (ida y regreso) hasta los centros de comercialización y empaque.

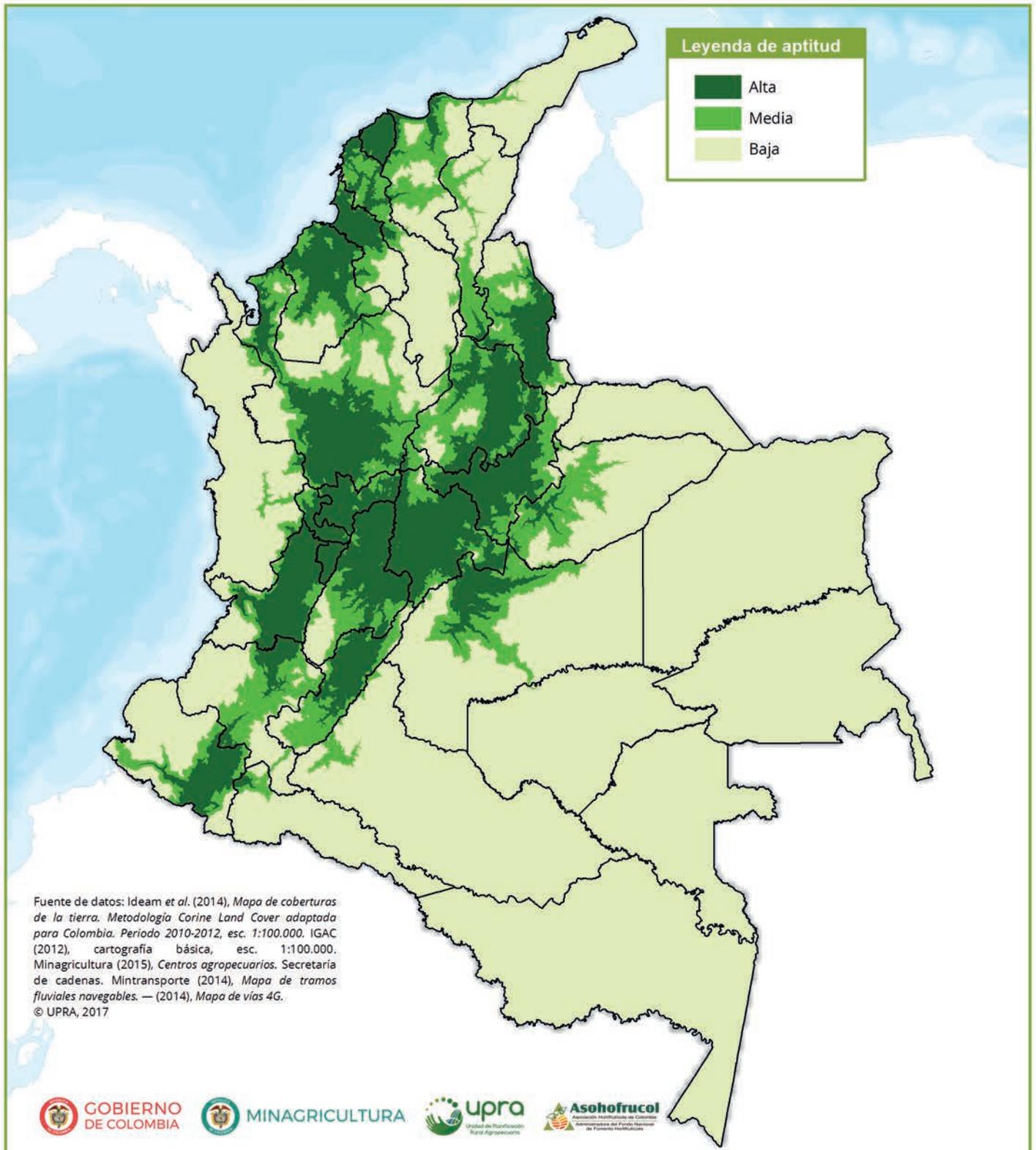
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta que los tiempos de desplazamiento son consecuencia de la oferta y el estado de las redes de transporte vial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta los centros de transformación, empaque y comercialización son menores; en consecuencia, los municipios son más competitivos en comparación con aquellos que tienen una red en mal estado, escasa o inexistente.

Centros de transformación empaque y comercialización, a menos de dos horas implica que se requiere de menos de medio día para desplazarse a ellos. Centros de transformación, empaque y comercialización entre dos y cuatro horas implica que se requiere más tiempo para desplazarse a ellos. Centros de transformación, empaque y comercialización a más de cuatro horas implica que se requiere de más de medio día para desplazarse a ellos.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). Centros de transformación, comercialización y empaque.
- Ideam. (2013). Mapa nacional de la cobertura de la tierra. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa vías 4G. información portuaria. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística

Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

3.5 Criterio mercado laboral

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: MERCADO LABORAL | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Cercanía a vías 4G, población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄), años promedio de escolaridad y oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias. | | |

Definición

Identifica condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de aguacate a nivel municipal.

Importancia del criterio para el cultivo

La existencia de un amplio mercado de mano de obra se rige como un aspecto importante en el momento de decidir la localización de un proceso productivo en la medida en que es el capital humano el que hace posible que las diferentes labores se realicen con efectividad. La disponibilidad de mano de obra calificada en las regiones se convierte en un factor determinante para la ejecución exitosa de los proyectos productivos y un diferenciador en términos de competitividad regional. A su vez, para los cultivos hortofrutícolas, la recolección, en su gran mayoría, se hace con mano de obra. Esta fase del cultivo es la más importante porque es donde se define el nivel de rentabilidad, la oportunidad de la cosecha y la respuesta de la siembra a todo el manejo dado en los meses anteriores.

Limitantes de la evaluación del criterio

No toda la población en edad de trabajar está vinculada al mercado laboral, porque puede estar dedicada a actividades escolares (estudiantes), al hogar, a vivir de las rentas o a pertenecer a algún régimen prepensional por alguna discapacidad laboral, entre otras razones, así como a actividades informales como el mototaxismo.

Aun cuando es más preciso utilizar en la zonificación la población económicamente activa (PEA), que es la que en realidad está vinculada al mercado laboral, la información levantada a partir de la «Gran Encuesta Integrada de Hogares» está disponible únicamente para las 13 ciudades principales y sus áreas metropolitanas.

La información disponible para determinar los años promedio de escolaridad corresponde al censo general 2005, lo que no permite conocer los logros y las capacidades recientes de la población.

Valor de ponderación del criterio: 2,4 %

Metodología de evaluación

Las variables que comprende el criterio calificaron a los municipios según categorías de aptitud competitiva. Para cada categoría de aptitud, se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Para el caso del cultivo del aguacate, las variables tenidas en cuenta dentro del criterio tuvieron el mismo peso. Los resultados de cada variable se agruparon en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, en donde los rangos se definen con base en un árbol de decisión, como se presentan a continuación.

Los municipios más competitivos en términos de la caracterización del mercado laboral se encuentran en las ciudades capitales de departamento y particularmente alrededor de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga; mientras que los menos competitivos se encuentran en los antiguos territorios nacionales. Específicamente, el 2,9 % del territorio nacional continental clasificó como de alta competitividad dentro del criterio mercado laboral y el 58,4 % como de competitividad media.

| Criterio | Aptitud | | |
|-----------------|--|---|---|
| | A1 | A2 | A3 |
| Mercado laboral | Municipios con sumatoria de aptitud > 10 | Municipios con sumatoria de aptitud entre 7 y 9 | Municipios con sumatoria de aptitud < 6 |

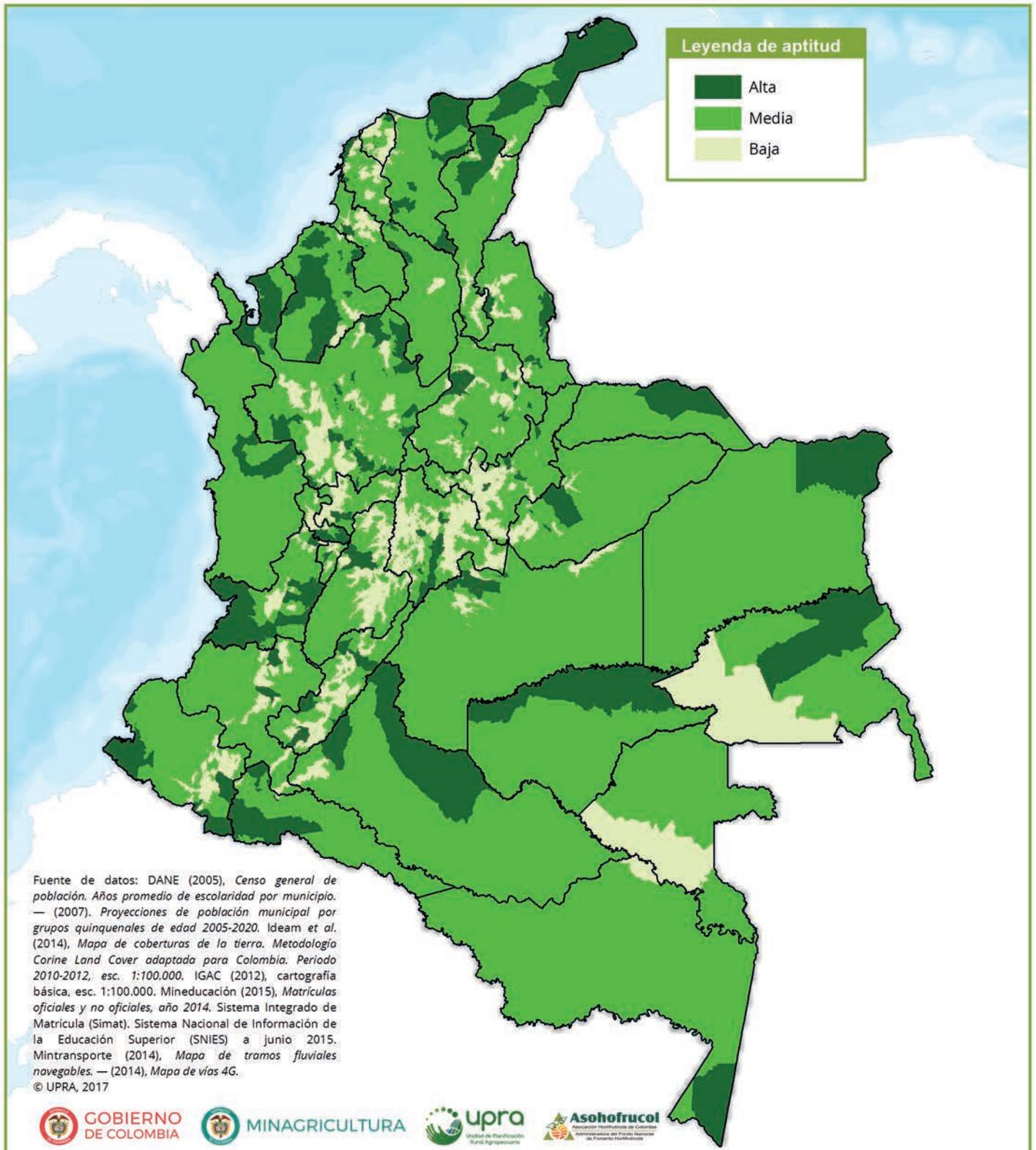
Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variables | Unidad de medida | Rangos de aptitud | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Cercanía a vías 4G | Isócronas | Municipios > 2 horas | Municipios entre 1 y 2 horas | Municipios < 1 hora |
| Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄) | Índice de competitividad (IC) | IC > 0,01015 | IC ≥ 0,00419 y ≤ 0,01015 | IC < 0,00419 |
| | Personas | Municipios > 50.000 personas | Municipios entre 20.000 y 50.000 personas | Municipios < 20.000 personas |
| Años promedio de escolaridad | Índice de competitividad (IC) | IC > 0,6510 | IC ≥ 0,3835 y ≤ 0,6510 | IC < 0,3835 |
| | Años | Municipios > 5 años | Municipios entre 3 y 5 años | Municipios < 3 años |
| Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias | Número de programas | 4 o más | 2 o 3 | 1 o ninguno |

Fuentes de información

- DANE. (2005). *Censo general de población. Años promedio de escolaridad por municipio*.
- ... (2007). *Proyecciones de población municipal por grupos quinquenales de edad 2005-2020*.
- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2015) *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014*; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica del criterio



Criterio mercado laboral

3.5.1. Variable cercanía a vías 4G

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: MERCADO LABORAL | | |
| VARIABLE: CERCANÍA A VÍAS 4G | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Facilidad con la que se pueden alcanzar los tramos de vías 4G, desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hacia los puntos donde se construyen vías 4G en busca de mejores opciones de ingreso.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta las vías 4G que están en construcción y han empleado buena parte de la mano de obra utilizada en cultivos como los hortofrutícolas.

Vías 4G: áreas geográficas donde se lleva a cabo la construcción del nuevo plan de vías soportado por el Minhacienda y el Instituto Nacional de Vías en la geografía nacional.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la forma como otras actividades, como la construcción de obras civiles, afectan la disponibilidad de la mano de obra necesaria para el desarrollo de las actividades productivas del sector agropecuario. La construcción de carreteras genera movimientos espaciales de la población de carácter temporal, periódico o permanente hacia los centros donde se desarrollan dichas actividades.

Existe una relación inversa entre la cercanía a las obras de carreteras de 4G y la aptitud competitiva del municipio. Un municipio más cercano a los tramos donde se construyen las vías es menos competitivo porque cuenta con alternativas de mayores ingresos que los generados por la actividad agropecuaria.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los municipios con presencia actual o futura de vías 4G: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja).

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|-----------------------------------|---------|
| Municipios \geq 2 horas | A1 |
| Municipios entre 1 y 2 horas | A2 |
| Municipios < 1 hora | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La información obtenida presenta los tramos de construcción de las vías 4G, desde el área del municipio donde comienza la obra hasta el municipio donde termina. Es claro que el trayecto de la vía incluye el área de los municipios que se encuentran entre el punto inicial y final de la obra proyectada.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental.
- Construcción de base de datos de las vías proyectadas de 4G por el Minhacienda, el Instituto Nacional de Vías y los estudios prospectivos de Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) en el 2015.

2. **Precisiones de la información:** la metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres; las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad; y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

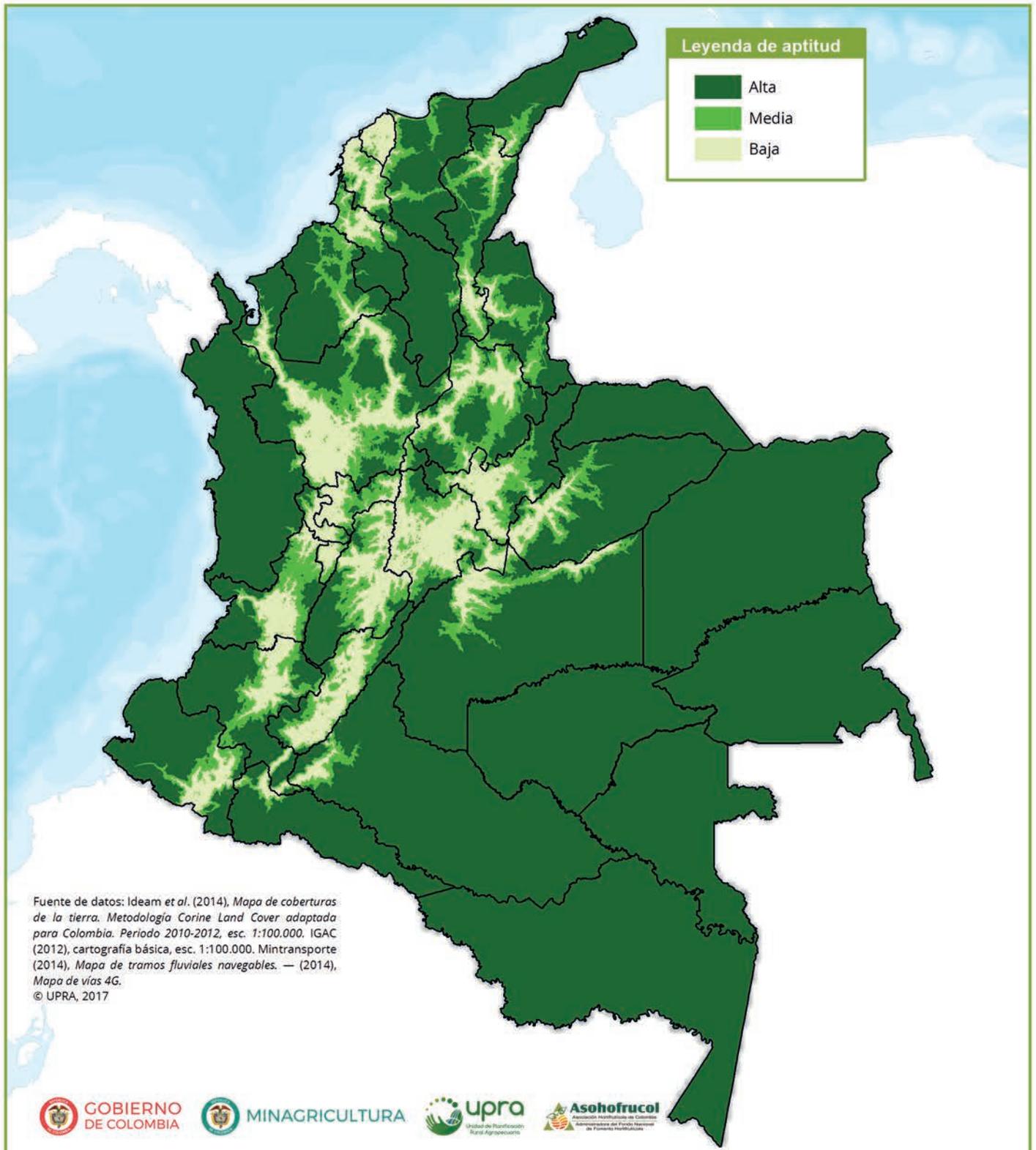
- **Tipo 1:** pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
 - **Tipo 2:** sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
 - **Tipo 3:** pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
 - **Tipo 4:** sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
 - **Tipo 5:** sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
 - **Tipo 6:** sin afirmado, transitable en tiempo seco.
3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: se tomó la información más reciente del Minhacienda, el Instituto Nacional de Vías y los estudios prospectivos de la ANI en el 2015, lo que constituyó los puntos de referencia para la construcción de isócronas.
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento de la mano de obra hasta los centros de construcción de las vías 4G. La mano de obra ubicada a tiempos de viaje cortos tendría un mayor incentivo para desplazarse de las actividades agropecuarias hacia las actividades de construcción.

Vías 4G ubicadas a más de dos horas de viaje implican que los trabajadores requieren de al menos la mitad de la jornada laboral para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. Vías 4G ubicadas entre una y dos horas de viaje implican que los trabajadores requieren de un tiempo razonable para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. La población residente a menos de una hora de viaje hacia las vías 4G destinaría tan solo una fracción de su tiempo diario para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Criterio mercado laboral
Variable cercanía a vías 4G

3.5.2. Variable población en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: MERCADO LABORAL | | |
| VARIABLE: POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR (PET ₂₀₋₆₄) | UNIDAD DE MEDIDA: A. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC) (COMPRENDIDO ENTRE 0 Y 1) B. PERSONAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Personas de determinada edad a partir de la cual se considera que están en capacidad de trabajar. Por la información disponible a nivel municipal, esta variable se incorporó para esta zonificación como la población entre los 20 y 64 años en capacidad de trabajar.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la disponibilidad de mano de obra (oferta laboral) para atender el desarrollo de las actividades propias de la explotación comercial hortofrutícola.

Existe una relación directa entre la población en edad de trabajar y la aptitud competitiva del municipio. Municipios con una mayor PET₂₀₋₆₄ les muestran a los agentes económicos (productores) mejores opciones de mano de obra (oferta laboral) que podría ser aprovechada para el desarrollo de la explotación comercial hortofrutícola.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Índice de competitividad (IC) | Aptitud |
|--------------------------------|---------|
| Personas | |
| IC > 0,01015 | A1 |
| Municipios ≥ 50.000 personas | |
| IC entre 0,00419 y 0,01015 | A2 |
| Entre 20.000 y 50.000 personas | |
| IC < 0,00419 | A3 |
| Municipios < 20.000 personas | |

Limitantes de la evaluación de la variable

No toda la población en edad de trabajar está vinculada al mercado laboral porque pueden estar dedicados a actividades escolares (estudiantes) y del hogar principalmente. Asimismo, algunas personas pueden vivir de las rentas o pertenecer a un régimen pensional (régimen especiales) o recibir algún tipo de pensión por alguna discapacidad laboral, entre otras razones.

Los indicadores no tienen en cuenta las migraciones internas que suceden en el país, especialmente las de la población campesina apta o experta en el trabajo de los cultivos que componen la cadena.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- DANE. (2007). Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad 2005-2020 (con base en el Censo Nacional de Población, 2005).

2. Precisiones de la información:

la información fuente para la estimación de la PET_{20-64} se hace a partir de proyecciones de población de mediano plazo (2005-2020).

Para efectos de la zonificación, se consideró inicialmente contar con la información de los rangos de población entre 18 y 64 años. Sin embargo, se tomó la información de los rangos de población correspondientes a 20 a 64 años debido a que la información de la PET está disponible en grupos quinquenales.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:

se calculó la relación entre la PET_{20-64} con respecto al total de la población municipal proyectada para el 2014.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos:

el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial para generar el desarrollo de cultivos hortofrutícolas.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$,
donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

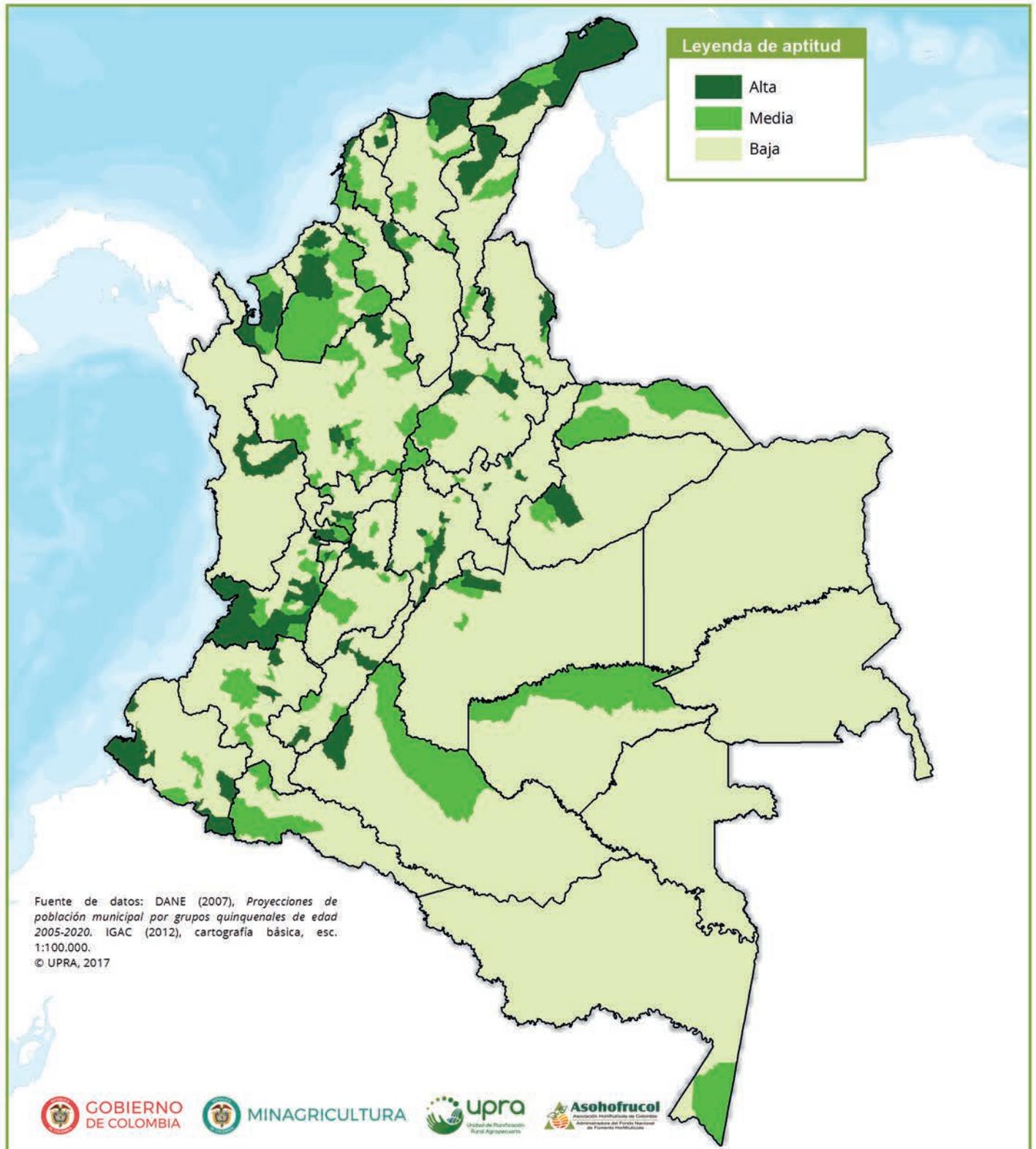
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:

los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión de la participación porcentual de la PET_{20-64} respecto a la población total del municipio, de acuerdo con la distribución de los datos a partir de la elaboración del histograma y teniendo como estadísticos de referencia la mediana y el promedio nacional.

Fuentes de información

- DANE. (2007). *Proyecciones de población municipal por grupos quinquenales de edad 2005-2020*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio mercado laboral

Variable población en edad de trabajar (PET₂₄₋₆₀)

3.5.3 Variable años promedio de escolaridad

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: MERCADO LABORAL | | |
| VARIABLE: AÑOS PROMEDIO DE ESCOLARIDAD | UNIDAD DE MEDIDA: A. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC) (COMPRENDIDO ENTRE 0 Y 1) B. NÚMERO DE AÑOS PROMEDIO DE ESCOLARIDAD EN EL MUNICIPIO | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más a nivel municipal.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la disponibilidad de mano de obra cualificada, la cual contribuye a mejorar la productividad y, en consecuencia, la competitividad de las diferentes actividades que forman parte de la explotación comercial hortofrutícola.

Los municipios en los que la población tiene un mayor número de años aprobados generan condiciones en las cuales la mano de obra cuenta con mayores habilidades para asimilar capacidades y transferir conocimientos que benefician el desarrollo de la explotación comercial de los productos que componen la cadena.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Número de años promedio de escolaridad en el municipio | Aptitud |
|--|---------|
| Índice de competitividad (IC) | |
| Municipios \geq 5 años | A1 |
| IC > 0,2511 | |
| Municipios entre 3 y 5 años | A2 |
| IC entre 0,1483 y 0,2511 | |
| Municipios < 3 años | A3 |
| IC < 0,1483 | |

Limitantes de la evaluación de la variable

La información disponible a la fecha corresponde a los cálculos realizados por el DANE a partir de los datos del «Censo general de población y vivienda» de 2005. Lo anterior presentó una década de atraso y no refleja el impacto de las políticas públicas a nivel educativo implementadas en años recientes.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** DANE. (2005). *Censo general población y vivienda*.
- 2. Precisiones de la información:** el supuesto base es que toda persona ingresa al colegio a la edad de siete años cumplidos. Con una tasa de repitencia de cero, a los 15 años cumplidos se deben haber cursado y aprobado como mínimo ocho años de estudio con cinco años de básica primaria.
- 3. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial para generar el desarrollo sostenible de la explotación comercial hortofrutícola.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

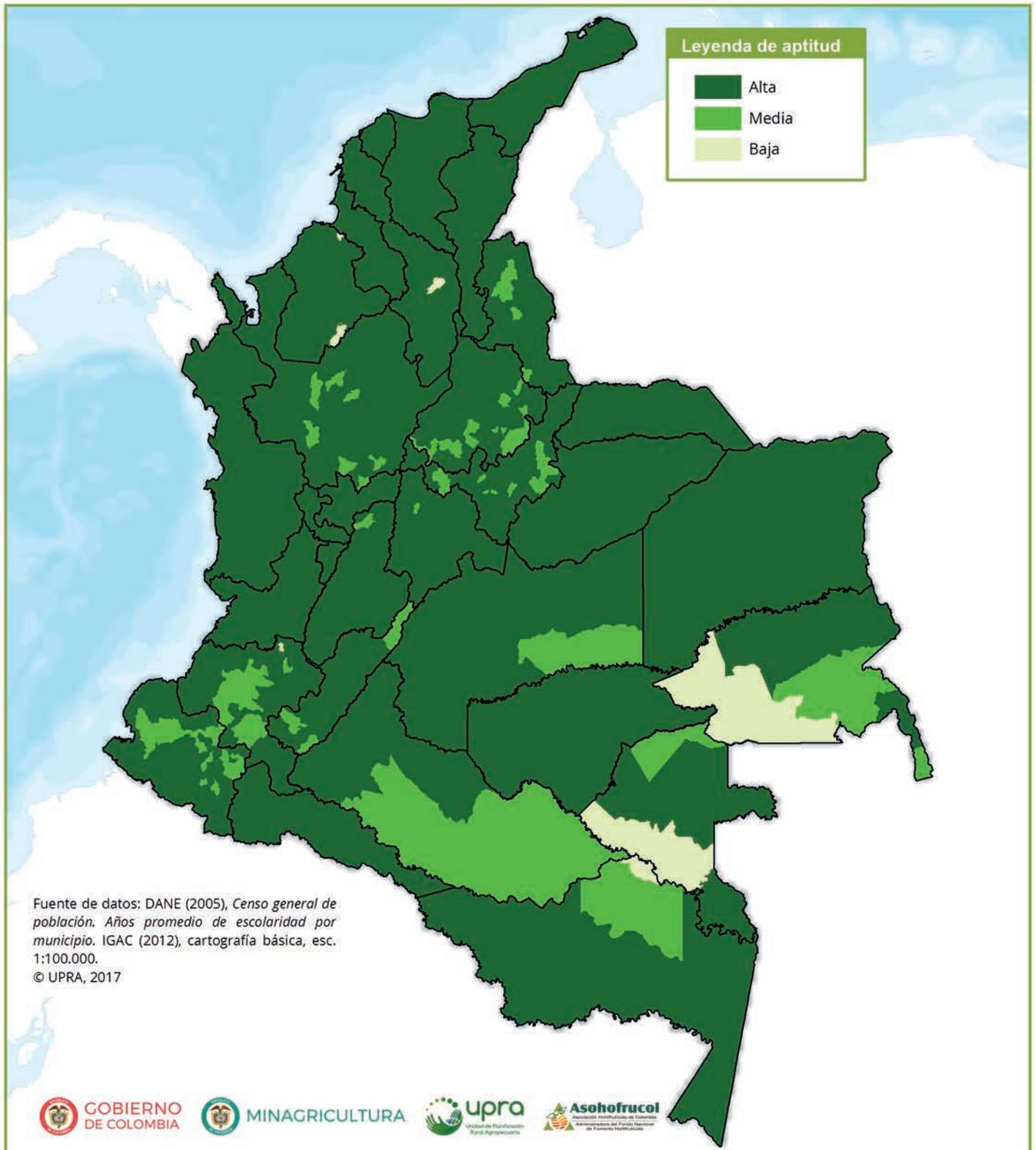
El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos se definieron teniendo en cuenta la dispersión de los datos de promedio de años de escolaridad. Se analizó la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas y se calculó el promedio nacional como estadístico descriptivo de referencia.

Fuentes de información

- DANE. (2005) *Censo general de población 2005. Años promedios de escolaridad por municipio*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio mercado laboral
Variable años promedio de escolaridad

3.5.4 Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: MERCADO LABORAL | | |
| VARIABLE: OFERTA EDUCATIVA A NIVEL TÉCNICO, TECNOLÓGICO Y PROFESIONAL EN ÁREAS AGROPECUARIAS | UNIDAD DE MEDIDA: NÚMERO DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN ACADÉMICA EN ACTIVIDADES DEL SECTOR AGROPECUARIO EN EL MUNICIPIO | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas; existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, forestales, agropecuarias y afines, con modalidad presencial en el municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción con respecto a la disponibilidad de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos, tecnológicos o profesionales, en actividades del sector que, al vincularse a los procesos productivos, puedan incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la explotación comercial hortofrutícola.

Los municipios en donde existen programas de formación académica con modalidad presencial congregan y permiten la cualificación de mano de obra interesada en temas afines a la producción agropecuaria, potenciando así las condiciones del mercado laboral y la competitividad municipal. Por consiguiente, la competitividad de los municipios está directamente relacionada a la oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias y afines en los mismos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Número de programas de formación académica, técnica, tecnológica y profesional, con modalidad presencial en el municipio | Aptitud |
|--|---------|
| 4 o más | A1 |
| 2 a 3 | A2 |
| 1 o menos | A3 |

La oferta de programas de formación académica de modalidad presencial oscila entre un máximo de 32 en Bogotá, 25 en Medellín, 18 en Popayán y ninguna oferta en 432 municipios del país.

Limitantes de la evaluación de la variable

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados se hace a partir del número de programas registrados en el Mineducación según cada municipio y no del número de graduados o egresados.

No se tiene en cuenta el programa del SENA Jóvenes Rurales que tiene una presencia importante en el territorio nacional e incide positivamente tanto en la explotación agropecuaria como en la mitigación del fenómeno de abandono del campo y migración a la ciudad.

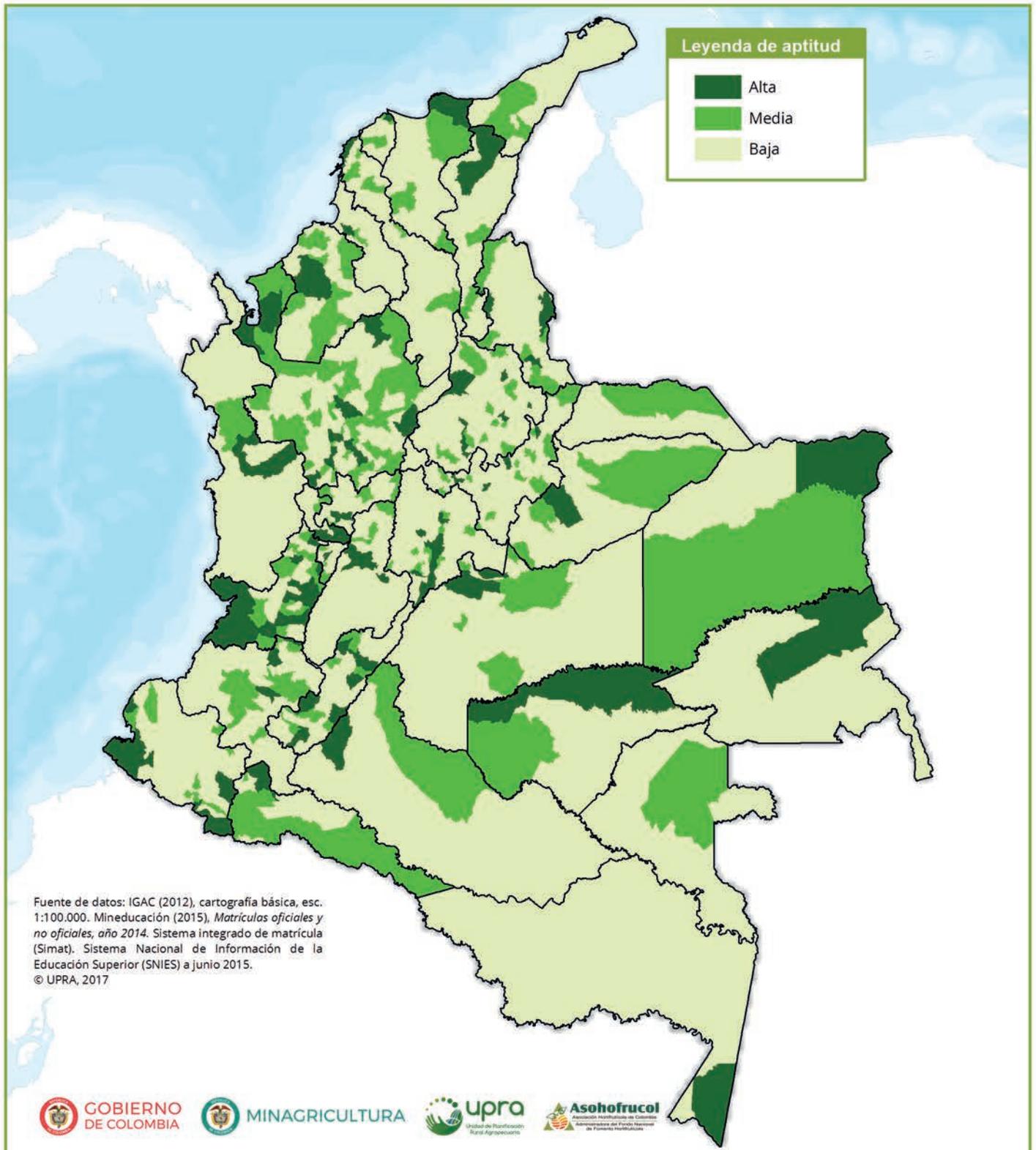
Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** *Mineducación. (2015) Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014;* Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.
- 2. Precisiones de la información:** el número de programas académicos ofertados para cada municipio se identificó, por una parte, a partir de los registros de educación superior, y por otra, a partir de la relación de colegios con especialidad o énfasis agropecuario en el país. Entre los programas que se asignaron a cada municipio se tuvo en cuenta formación técnica, tecnológica, universitaria y especializaciones. No se consideraron los programas de maestría y doctorado.
- 3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta tres categorías de aptitud competitiva, así: municipios con cuatro o más programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agropecuarias (A1); municipios con dos o tres programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agropecuarias (A2); municipios con uno o ningún programa de formación académica (A3).

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2015) *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014;* Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.

Representación cartográfica de la variable



Criterio mercado laboral

Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

3.6 Criterio seguridad ciudadana

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: SEGURIDAD CIUDADANA | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variable asociada al criterio | | |
| Índice de riesgo de amenazas. | | |

Definición

Sensación de confianza, entendida como ausencia de riesgos y daños a la vida y a la integridad física y psicológica de un individuo o de un grupo poblacional, determinada por situaciones sociales.

Importancia del criterio para el cultivo

Las zonas donde se presentan y repiten hechos delictivos constituyen un riesgo para la vida humana, y la integridad física y psicológica de los individuos. Estas zonas podrían estar relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales y la delincuencia común, lo cual puede incidir negativamente en la dinámica del aparato productivo asociado con el cultivo.

La seguridad es uno de los factores que determinan el clima de inversión y este, a su vez, afecta la competitividad del municipio. Existe una relación inversa entre el riesgo de amenazas y la aptitud competitiva del municipio.

Las condiciones de seguridad en el ámbito rural han sido restrictivas para la inversión en proyectos productivos, por lo cual una caracterización por medio de variables objetivas a nivel municipal cobra importancia para orientar a los inversionistas privados y a los hacedores de las políticas públicas del sector agropecuario, en particular para encaminarlas hacia una posible etapa de construcción de paz.

Limitantes de la evaluación del criterio

Con la información disponible no se logra caracterizar la incidencia de la delincuencia común, ya que los datos usados se refieren en su mayoría a acciones causadas por grupos de delincuencia organizada.

Para la variable riesgo de amenazas, los municipios sin información disponible, bajo el principio de cercanía, se asimilaron a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. Los municipios a los que se hace referencia son Norosí (Bolívar), Tuchín y San José de Uré (Córdoba) y Guachené (Cauca).

La información usada se caracteriza por estar en constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

Valor de ponderación del criterio: 1,2 %

Metodología de evaluación

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud competitiva de los municipios son equivalentes a las categorías de la variable.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variable | Unidad de medida | Aptitud | | |
|--------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Riesgo de amenazas | Índice de competitividad (IC) | $IC > 0,720$ | $IC \geq 0,519 \text{ y } \leq 0,720$ | $IC < 0,519$ |
| | Índice de riesgo de amenazas | $\leq 0,42$ | $> 0,42 \text{ y } \leq 0,58$ | $> 0,58$ |

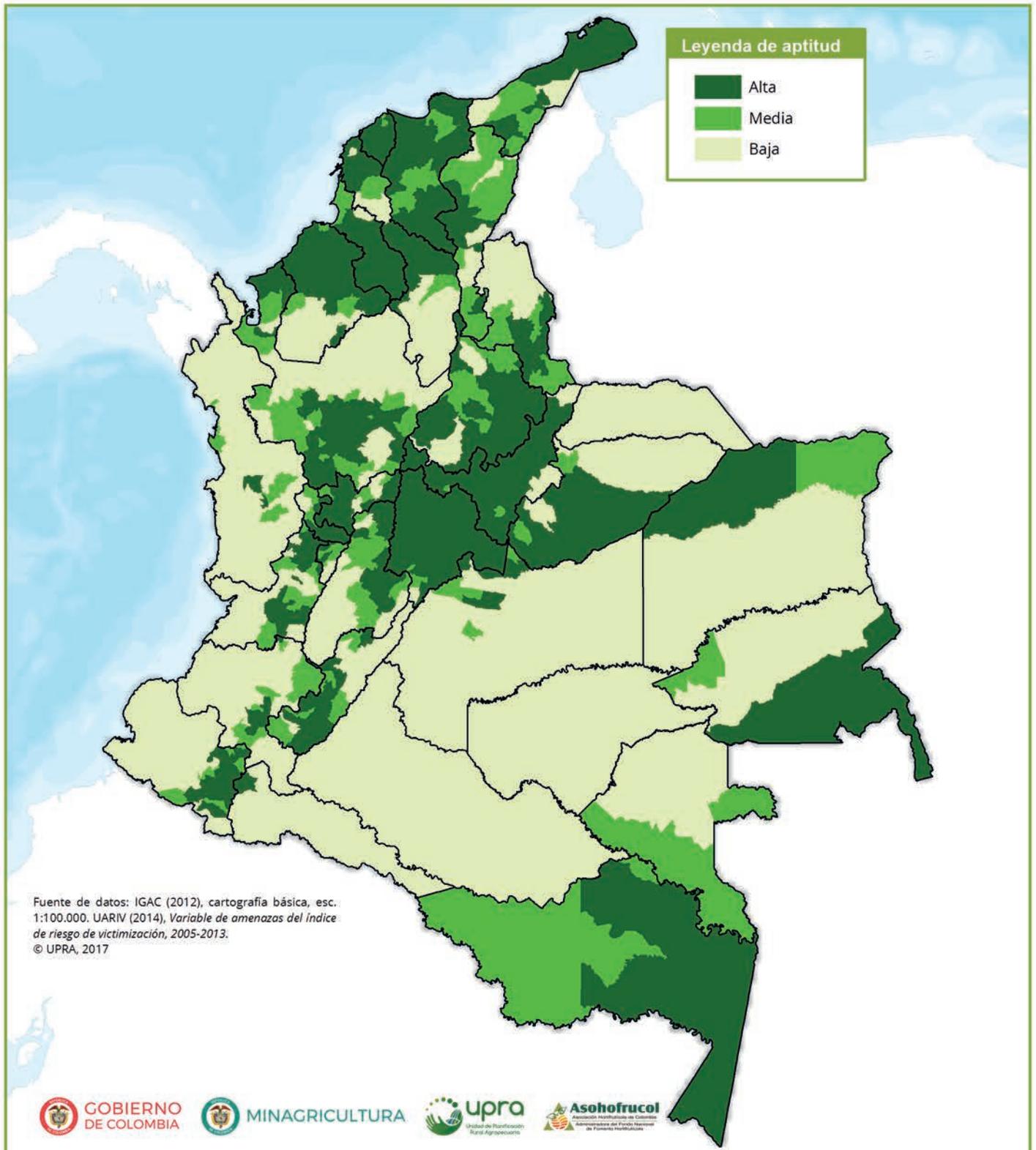
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014). Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Criterio seguridad ciudadana

3.6.1. Variable índice de riesgo de amenazas

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: SEGURIDAD CIUDADANA | | |
| VARIABLE: ÍNDICE DE RIESGO DE AMENAZAS | UNIDAD DE MEDIDA: A. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC) (COMPRENDIDO ENTRE 0 Y 1) B. ÍNDICE DE RIESGO DE AMENAZAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |

Definición

Eventual ocurrencia de acciones o sucesos relacionados con el conflicto armado interno en cada municipio de Colombia, que tengan la potencialidad de causar daño a la población civil y a sus bienes. Dichos eventos son ocasionados por agentes preponderantemente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. Las zonas donde existen altas posibilidades de amenazas están relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales y constituyen un riesgo que puede interrumpir la dinámica del aparato productivo asociado con la producción de cultivos hortofrutícolas.

La seguridad es uno de los factores que determinan el clima de inversión de un municipio. Existe una relación inversa entre el riesgo de amenazas y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

| Índice de competitividad (IC) | Aptitud |
|-------------------------------|---------|
| Índice de riesgo de amenazas | |
| IC \geq 0,720 | A1 |
| \leq 0,42 | |
| IC > 0,519 y \leq 0,720 | A2 |
| > 0,42 y \leq 0,58 | |
| IC < 0,519 | A3 |
| > 0,58 | |

Para el periodo de análisis 2005-2013, los municipios con mayor riesgo de amenazas fueron El Tarra (Norte de Santander), Arauquita (Arauca) y Puerto Rico (Meta). Los riesgos más bajos se presentaron principalmente en municipios ubicados en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin información disponible para el cálculo del índice de riesgo de amenazas. Estos municipios, bajo el principio de cercanía, se asimilaron a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. Los municipios a los que se hace referencia son Norosí (Bolívar), Tuchín y San José de Uré (Córdoba) y Guachené (Cauca).

La información usada se caracteriza por estar en constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información: UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013*.

2. Precisiones de la información: el cálculo del índice de riesgo de amenazas se realiza a partir de información histórica para el periodo 2005-2013. Comprende 36 variables agrupadas en cuatro categorías, denominadas subíndices, como se muestra a continuación:

- **Subíndice hechos:** personas expulsadas de forma masiva e individual; personas secuestradas; reclutamiento ilegal de niños, niñas y adolescentes; amenazas (individuales/colectivas); actos de terrorismo (artefactos explotados); pérdida de bienes muebles e inmuebles; despojo de tierra; homicidios; incursión a población; asalto a población; eventos por minas antipersonas (MAP); exámenes médicos legales por presunto delito sexual; militares y civiles heridos por MAP; personas torturadas; desaparición forzada; militares y civiles muertos por MAP; masacres; y líderes sociales asesinados.
- **Subíndice acciones:** ataques a aeronaves; ataques a instalaciones de policía; contacto armado; emboscadas; hostigamientos; incidentes por MAP; puentes y vías destruidos; y retenes ilegales.
- **Subíndice otros:** artefactos explosivos desactivados o incautados; informes de riesgo; y notas de seguimiento.
- **Subíndice presencia:** hectáreas sembradas de coca; y presencia de hombres de las bacrim, las Farc y el ELN.

El índice de riesgo de amenazas asigna pesos porcentuales a cada subíndice así: hechos (28,98 %); acciones (25,12 %); otros (21,31 %); y presencia (24,57 %).

Este índice clasifica los municipios según su nivel de riesgo de amenazas (RA), así: bajo, entre 0,2025 y 0,3081; medio bajo, entre 0,3090 y 0,4255; medio, entre 0,4263 y 0,5800; medio alto, entre 0,5817 y 0,7955; y alto, entre 0,8025 y 1.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 calculado por la fuente está disponible por municipio.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos: el índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades

(expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de los cultivos hortofrutícolas.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$, donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: de acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de riesgo de amenazas, estos se agruparon dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1 (bajo y medio bajo), A2 (medio) y A3 (alto y medio alto).

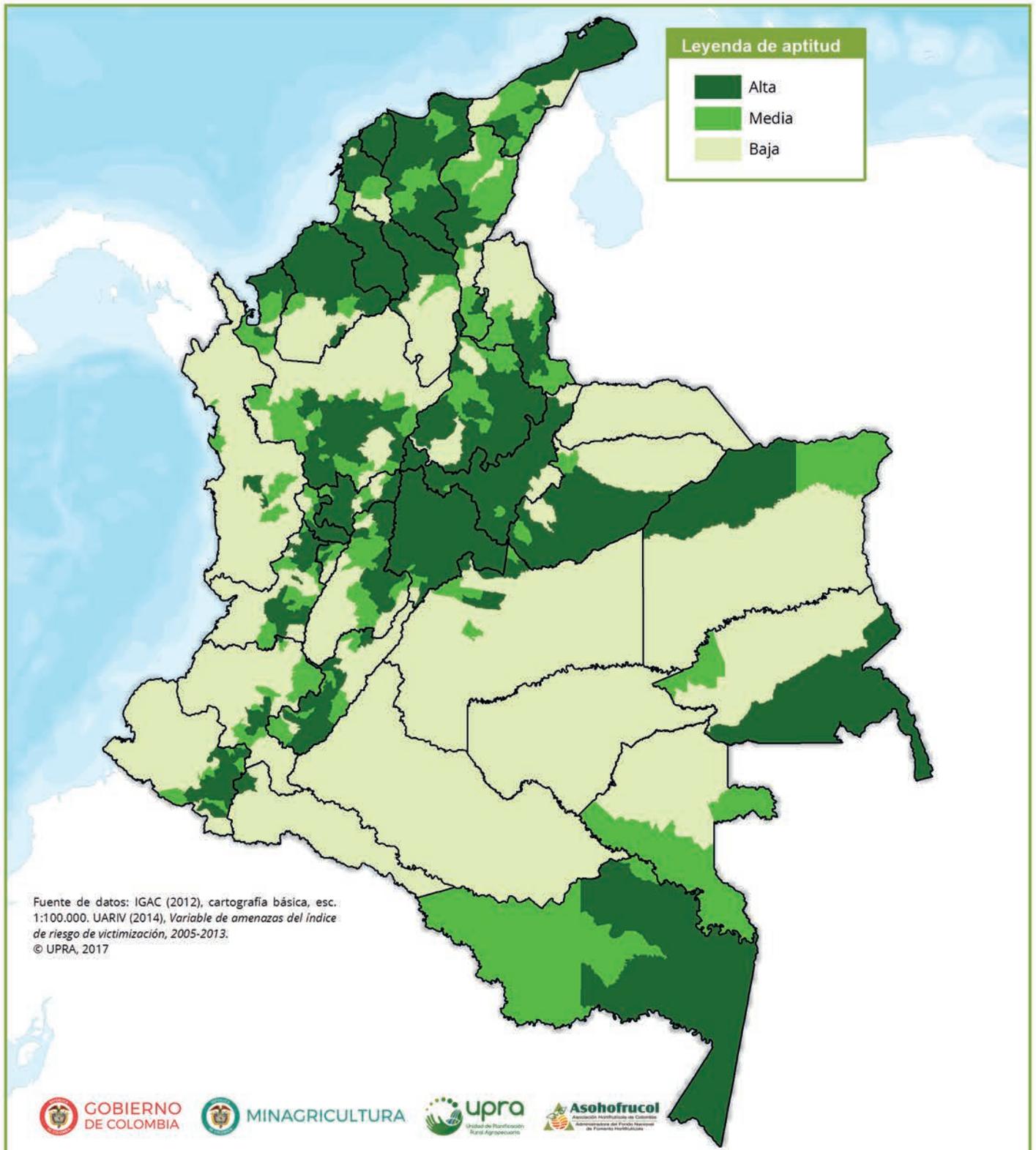
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013*.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio seguridad ciudadana
Variable índice de riesgo de amenazas

3.7 Criterio institucionalidad y asociatividad

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| | CONDICIONANTE | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Índice de desempeño fiscal, programas y servicios ofrecidos por el SENA, predios certificados BPA por el ICA, programas o servicios ofrecidos por Corpoica, organizaciones gremiales o de base del sector y extensión, asistencia técnica sectorial. | | |

Definición

Identifica la oferta institucional de organizaciones cuyas actividades tienen efectos directos sobre el desempeño de la actividad agrícola a nivel local, como el ICA, el SENA y Corpoica, así como indirectos, como la calidad del gasto público local, las cuales —cuando funcionan adecuadamente— se convierten en generadoras de externalidades positivas que propician una mayor competitividad.

Importancia del criterio para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de organizaciones, asociaciones, cooperativas y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector de la producción de aguacate en el territorio.

Una mayor oferta de instituciones y organizaciones en el ámbito nacional favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica, y fortalecimiento organizacional del sector. A nivel municipal, las posibilidades de una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecerían mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad del cultivo de aguacate.

Los municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta institucional, por lo cual se consideran más competitivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

El análisis de presencia o ausencia de instituciones a nivel municipal debe ser complementado con la calidad de sus intervenciones, ya que la sola presencia no garantiza procesos que agreguen valor a la actividad agrícola.

La información utilizada para la variable organizaciones gremiales o de base del sector proviene del gremio y puede variar en el corto plazo, según las actualizaciones periódicas que se realicen.

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable de desempeño fiscal. Estos municipios fueron agrupados en la categoría (A3), en consideración a su baja actividad fiscal con relación a los recursos del Sistema General de Participaciones del país.

Valor de ponderación del criterio: 1,5 %

Metodología de evaluación

El criterio se construyó a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables calificaron a los municipios según categorías de aptitud competitiva (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud, se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión, se procedió a sumar los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio:

| Criterio | Aptitud | | |
|-----------------------------------|--|---|---|
| | A1 | A2 | A3 |
| Institucionalidad y asociatividad | Municipios con sumatoria de aptitud > 14 | Municipios con sumatoria de aptitud entre 10 y 13 | Municipios con sumatoria de aptitud < 9 |

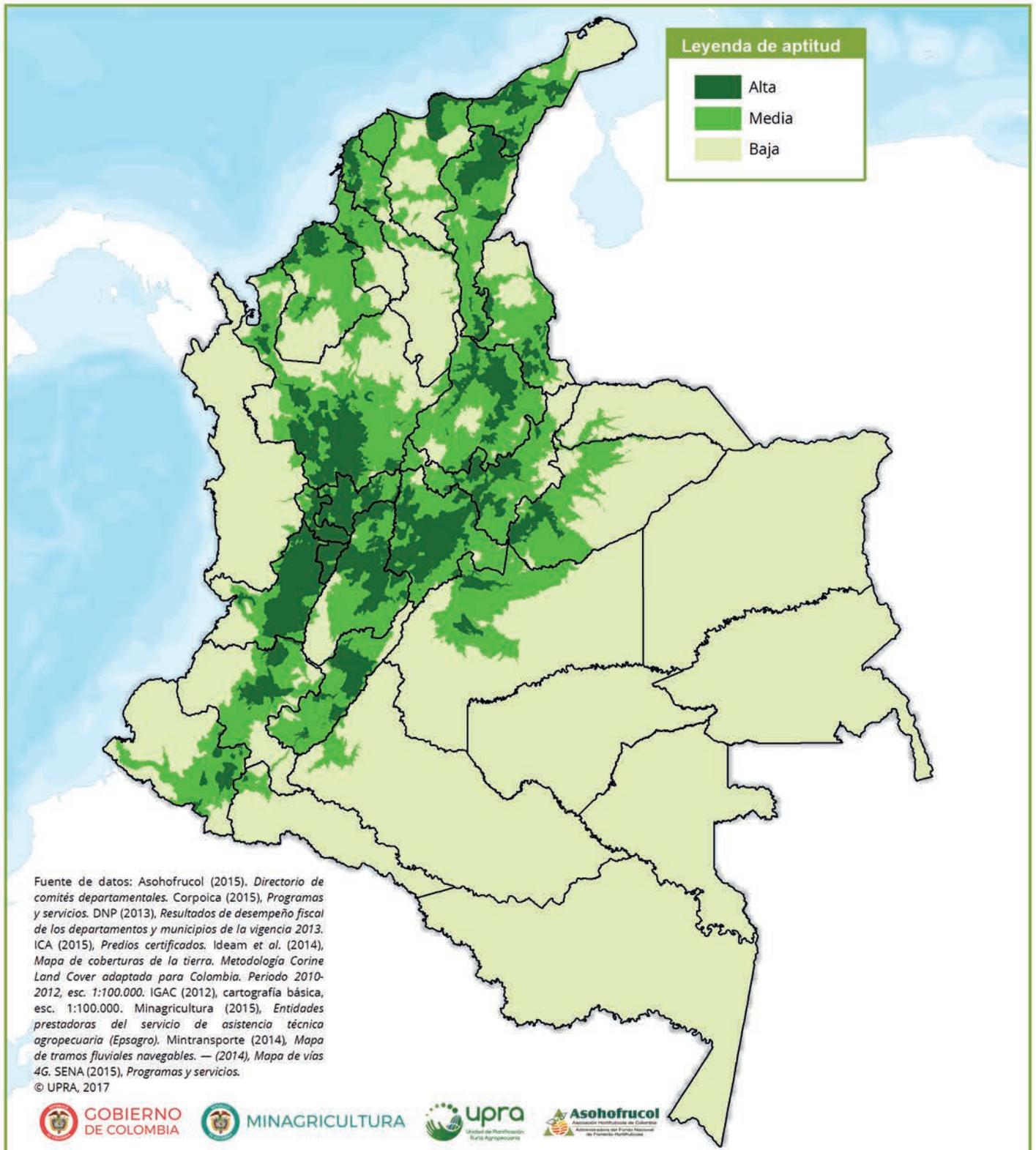
Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variables | Unidad de medida | Aptitud | | |
|---|--------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Índice de desempeño fiscal | (IC) | $IC \geq 0,655$ | $0,476 \leq IC < 0,655$ | $IC < 0,476$ |
| | Índice | $\geq 70,02$ y hasta 90,73 | $\geq 60,00$ y < 70,02 | $\geq 33,23$ y < 60,00 |
| Programas y servicios ofrecidos por el SENA | Horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Predios certificados BPA por el ICA | Número de predios certificados | Municipios ≥ 5 predios certificados | Municipios entre 1 y 5 predios certificados | Municipios sin predios certificados |
| Programas o servicios ofrecidos por Corpoica | Horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Extensión y asistencia técnica sectorial | Horas | Municipios ≤ 2 | Municipios entre 2 y 4 | Municipios > 4 |
| Organizaciones gremiales o de base del sector | Presencia | Con presencia | - | Sin presencia |

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). *Asociaciones inscritas*. Recuperado de <www.asohofrucol.com.co>
- Corpoica. (2015). *Programas y servicios*.
- DANE. (2005). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005*.
- DNP. (2011). *Cifras IDM por municipio y departamento*.
- ICA. (2015). *Predios certificados en BPA*.
- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2015). *Programas y servicios*.

Representación cartográfica del criterio



Criterio institucionalidad y asociatividad

3.7.1 Variable desempeño fiscal

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: DESEMPEÑO FISCAL | UNIDAD DE MEDIDA: A. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD (IC) B. ÍNDICE DE DESEMPEÑO FISCAL | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Medición global del resultado fiscal anual alcanzado por cada municipio, a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y la capacidad de ahorro.

El DNP (2013) define estos indicadores así:

- Autofinanciación de los gastos de funcionamiento: mide la proporción de los recursos de libre destinación asignados al pago de nómina y gastos generales de operación de la administración central de los municipios.
- Respaldo del servicio de la deuda: es la proporción de los ingresos disponibles que están respaldando el servicio de la deuda.
- Dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR): mide la importancia de estos recursos en relación con el total de fuentes de financiación del municipio.
- Generación de recursos propios: refleja el peso relativo de los ingresos tributarios en el total de ingresos corrientes, lo que evidencia el esfuerzo fiscal de las entidades territoriales para generar rentas tributarias propias.
- Magnitud de la inversión: permite cuantificar el grado de inversión que hace la entidad territorial respecto del gasto total. Entiéndase como inversión la formación bruta de capital fijo y la social.
- Capacidad de ahorro: es una medida de la solvencia que tienen los municipios para generar excedentes propios que se destinen a inversión, complementariamente al uso de transferencias de la nación y las regalías.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la sostenibilidad financiera del municipio, lo cual tiene un impacto sobre la oferta institucional.

Los municipios con mayores índices de desempeño fiscal tienen mayores posibilidades de inversión en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, lo cual favorece la competitividad del cultivo.

Existe una relación directa entre el desempeño fiscal y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Índice de competitividad (IC) | Aptitud |
|-------------------------------|---------|
| Índice de desempeño fiscal | |
| IC \geq 0,6559 | A1 |
| \geq 70,02 y \leq 90,73 | |
| IC $>$ 0,476 e IC $<$ 0,655 | A2 |
| \geq 60,00 y $<$ 70,02 | |
| IC \leq 0,476 | A3 |
| \geq 33,23 y $<$ 60,00 | |

En consideración a los estadígrafos de la variable para el periodo de análisis 2009-2013, del total de los municipios evaluados (1101), el 21 % se clasifican como solventes y sostenibles; el 62 %, como vulnerables, y el 17 %, como en deterioro y riesgo.

Ejemplos de estos municipios por categoría son: en la primera categoría, Rionegro (Antioquia), Monterrey (Casanare) y Nobsa (Boyacá); en la segunda categoría, Zetaquirá (Boyacá), Pacho (Cundinamarca) y Santo Domingo (Antioquia); y, en la tercera, Contadero (Nariño), Río Iró (Chocó) y Albania (Caquetá).

Limitantes de la evaluación de la variable

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable de desempeño fiscal. Estos municipios fueron agrupados en la categoría (A3), en consideración a su baja actividad fiscal con relación a los recursos del sistema general de participaciones del país.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información: DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*.

2. Precisiones de la información: el índice de desempeño fiscal (IDF) expresa el estado actual de los municipios con relación a la responsabilidad en el manejo de las decisiones financieras.

Este indicador clasifica los municipios según su nivel de desempeño, así: solvente (IDF \geq 80), sostenible (IDF \geq 70 y $<$ 80), vulnerable (IDF \geq 60 y $<$ 70), riesgo (IDF \geq 40 y $<$ 60) y deterioro (IDF $<$ 40).

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información: se calculó el promedio anual para los años 2009-2013 del índice de desempeño fiscal por municipio.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos: el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial

para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$,
donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: de acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de desempeño fiscal (IDF), estos se agruparon dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1

Representación cartográfica de la variable

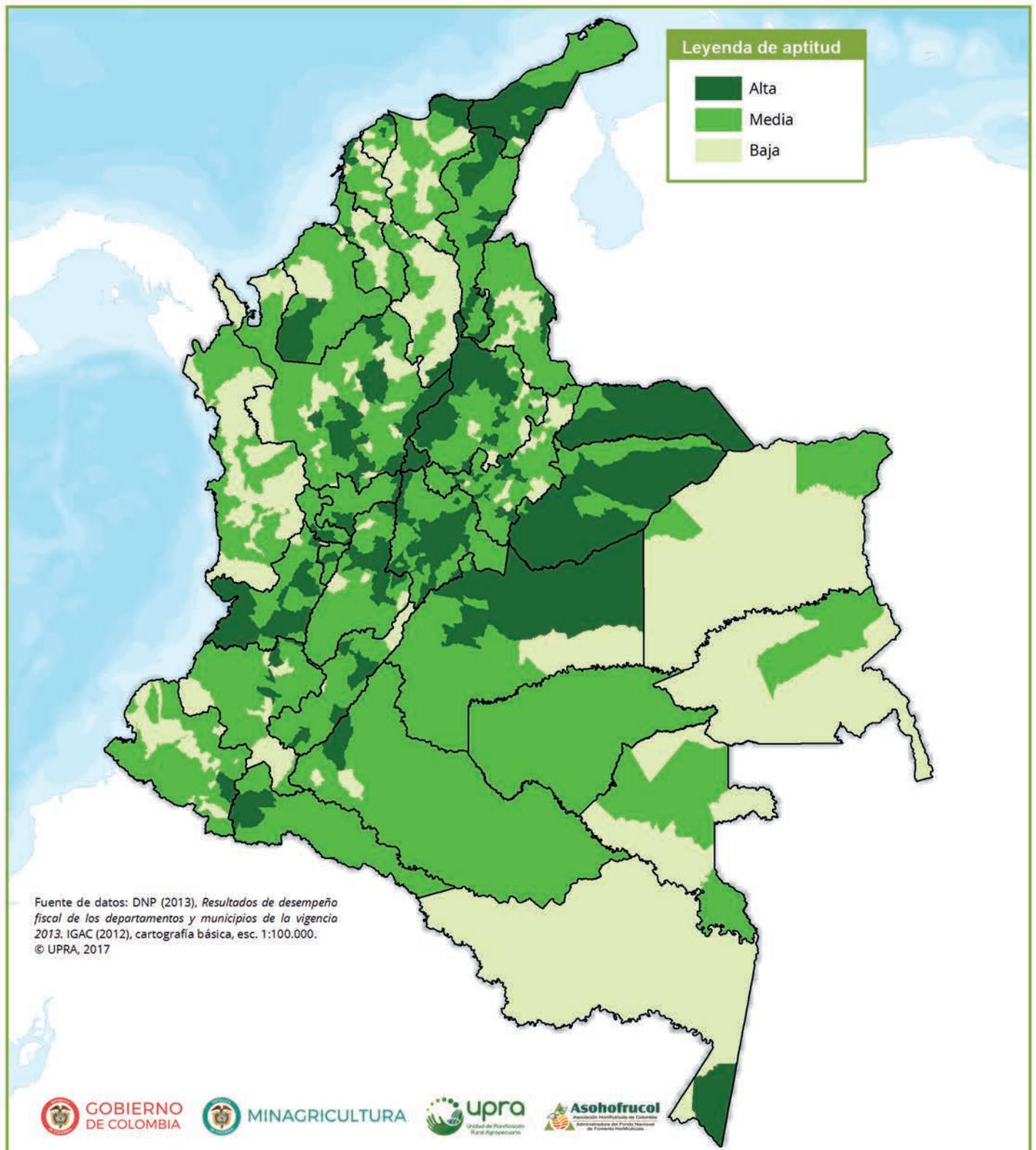
Fuentes de información

- DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



(solvente y sostenible), A2 (vulnerable) y A3 (deterioro y riesgo).



Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable desempeño fiscal

3.7.2 Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: PROGRAMAS Y SERVICIOS OFRECIDOS POR EL SENA | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde un sitio en el territorio, el centro más cercano del Servicio Nacional de Aprendizaje, que ofrezca programas de formación profesional integral para la incorporación, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervengan directamente con la producción agrícola en los cultivos hortofrutícolas desde otros puntos en el territorio.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta la sede del SENA más cercana que ofrezca programas y servicios especializados como lo son jóvenes rurales emprendedores, escuelas líderes Cedagro-SER, SENA emprende rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, jóvenes en acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental o apoyo empresas agrícolas.

Importancia de la variable para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de asociaciones, cooperativas y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte de la cadena hortofrutícola en el territorio. Una mayor oferta de instituciones y organizaciones en el ámbito nacional favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica, y fortalecimiento organizacional del sector. A nivel municipal, las posibilidades de una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecerían mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad de los cultivos que componen la cadena hortofrutícola.

Los municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta institucional, por lo cual se consideran más competitivos. Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La accesibilidad, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y el estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta el SENA son menores, en consecuencia, los municipios son más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta la sede del SENA más cercana:

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|------------------------------------|---------|
| Municipios \leq 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios $>$ 4 horas | A3 |

En 92 municipios hay presencia de programas y servicios especializados para el cultivo. Se observa que la zona central de Colombia tiene una mayor aptitud competitiva, al igual que la zona de influencia de las capitales de la costa atlántica. La región pacífica, los llanos orientales y la Amazonia son los que presentan menor aptitud.

Limitantes de la evaluación de la variable

Una de las limitantes es que la zonificación de esta variable depende de los programas específicos que tenga el SENA municipal relacionados con el cultivo; si los lineamientos a nivel nacional o regional sobre los programas no están bien enfocados, se generaría un error en la zonificación. A su vez, programas nuevos que tenga el SENA no estarían incluidos o, si llegasen a haber cambios en estos cada año, tampoco se incluirían; este es un corte temporal que muestra los programas a 2016.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental.
- SENA. (2014). Regionales y centros de formación.

2. Precisiones de la información: para la espacialización se tomó como referente la existencia de centros de formación del SENA en los municipios que tengan programas y servicios especializados como lo son jóvenes rurales emprendedores, escuelas líderes Cedagro-SER, SENA emprende rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, jóvenes en acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental o apoyo empresas agrícolas.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros del SENA que tienen estos programas y servicios específicos. Se definieron tres categorías de aptitud competitiva: las áreas geográficas de los municipios con centros de formación SENA que se encuentran a menos de dos horas de distancia de dichos centros se consideran con aptitud alta (A1); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de los centros de formación del SENA se clasificaron en aptitud media (A2); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de los centros de formación del SENA se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de formación SENA, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

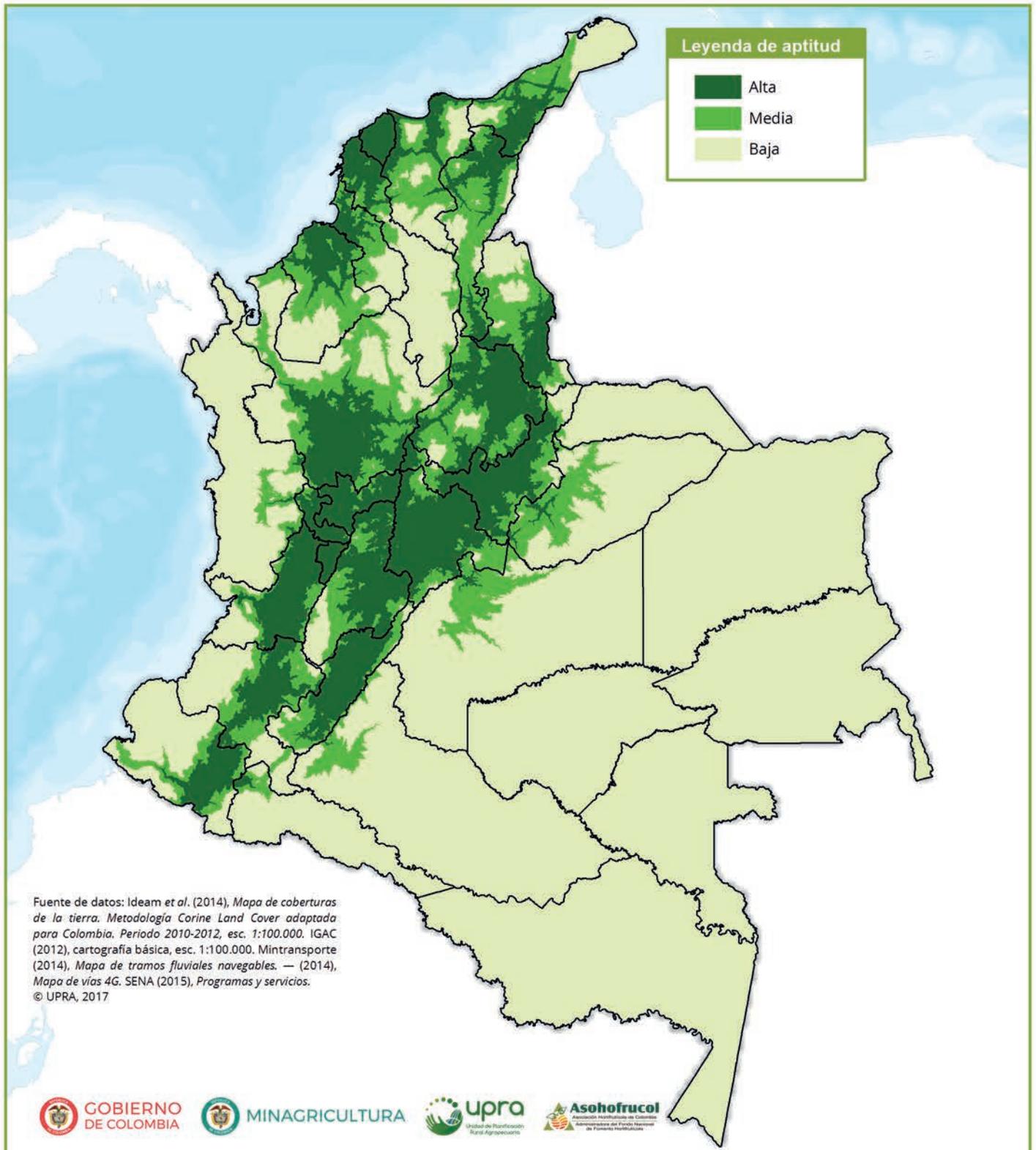
Fuentes de información

- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2015). *Programas y servicios*.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA

3.7.3. Variable predios certificados BPA por el ICA

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: PREDIOS CERTIFICADOS BPA POR EL ICA | UNIDAD DE MEDIDA: NÚMERO DE PREDIOS CERTIFICADOS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Número de predios certificados en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.

Área de influencia: zona geográfica hasta donde se manifiesta el accionar de la institución.

Importancia de la variable para el cultivo

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 comercial del aguacate; a su vez, al promover buenas prácticas agropecuarias, genera un nivel de certificación que abre las puertas a los mercados internacionales que exigen este tipo de requisitos.

Los municipios con presencia de sedes del ICA tienen mayor probabilidad de brindar acceso a asesoría técnica fitosanitaria a quienes participan en el desarrollo de la cadena productiva del aguacate y, por consiguiente, se consideran más competitivos.

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 un cultivo más competitivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la especialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Número de predios certificados | Aptitud |
|---|---------|
| Municipios \geq 5 predios certificados | A1 |
| Municipios entre 1 y 5 predios certificados | A2 |
| Municipios sin predios certificados | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información: ICA. (2015). Predios certificados en BPA 2015.

2. Precisión de la información: para la espacialización, se tomó como referente la existencia de sedes del ICA en los municipios.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta tres categorías de aptitud competitiva: los municipios con 5 o más predios certificados BPA del ICA se clasifican en aptitud alta (A1), aquellos con entre 1 y 5 predios certificados BPA del ICA se catalogan como aptitud media (A2) y, si no existen predios certificados BPA del ICA, estos pertenecen al grupo de aptitud baja (A3).

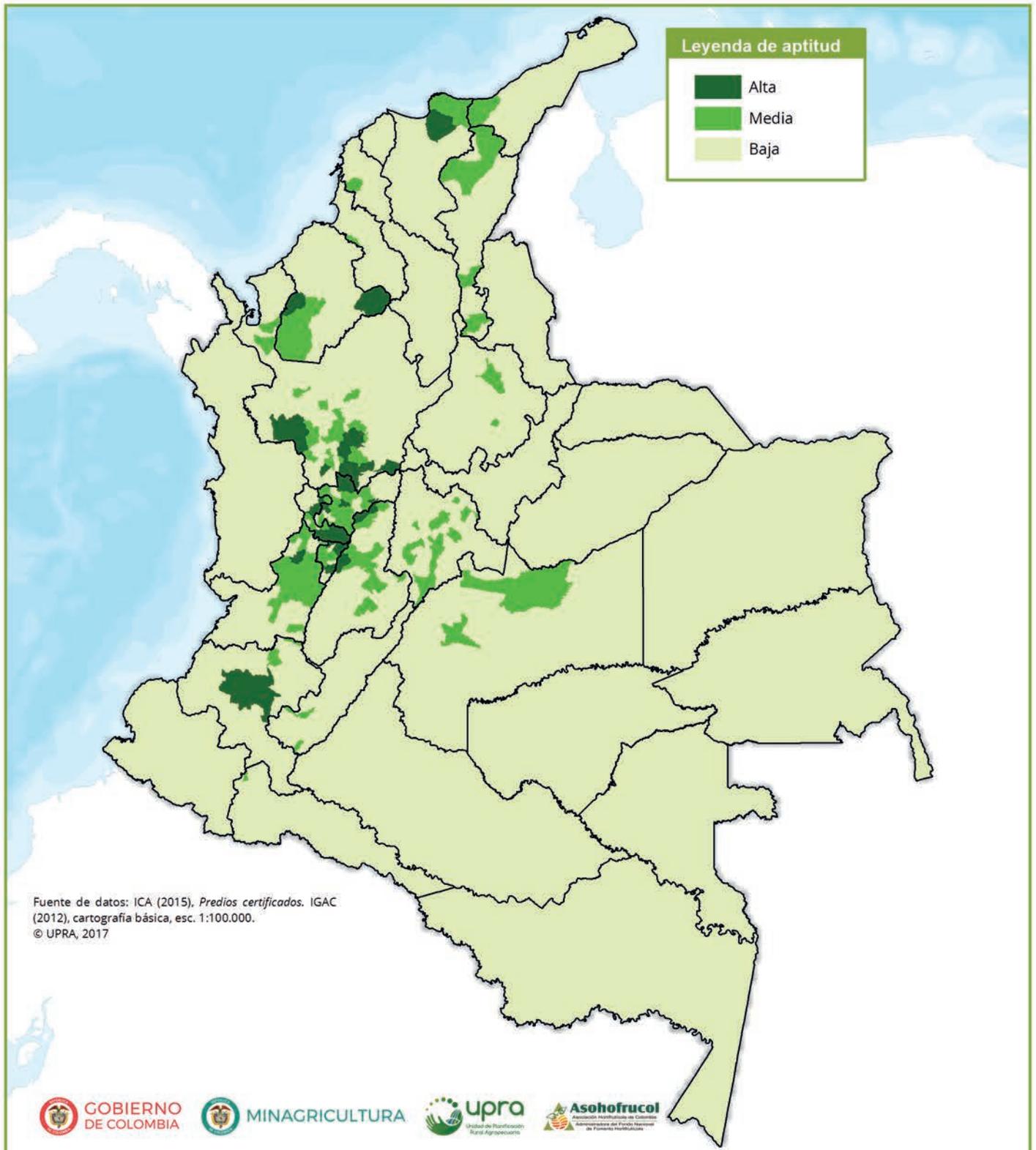
Fuentes de información

- ICA. (2015). *Predios certificados BPA del ICA*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: ICA



Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable predios certificados BPA por el ICA

3.7.4. Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: PROGRAMAS O SERVICIOS OFRECIDOS POR CORPOICA | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica que ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervienen directamente con la producción agrícola en la cadena hortofrutícola desde otros puntos en el territorio. La variable sintetiza las oportunidades de contacto e interacción.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de Corpoica que ofrecen estos programas específicos.

Importancia de la variable para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de asociaciones, cooperativas y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte de la cadena hortofrutícola en el territorio. Una mayor oferta de instituciones y organizaciones en el ámbito nacional favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica, y fortalecimiento organizacional del sector. En el municipio, las posibilidades de una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecerían mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad de los cultivos que componen la cadena hortofrutícola.

Los municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta institucional, por lo cual se consideran más competitivos. Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La accesibilidad, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y el estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta los centros de servicios son menores; en consecuencia, los municipios son más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|------------------------------------|---------|
| Municipios \leq 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios $>$ 4 horas | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental, 2014.
- SENA. (2014). Regionales y centros de formación, 2014.

2. Precisiones de la información: para la espacialización, se tomó como referente la existencia de centros de formación y sedes de Corpoica en los municipios que tengan programas específicos, en particular donde existan los de la red de innovación de hortalizas y de cultivos transitorios.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros de investigación Corpoica. Se definieron tres categorías de aptitud competitiva: las áreas geográficas de los municipios con centros de investigación Corpoica que se encuentran a menos de dos horas de distancia de dichos centros se consideran con aptitud alta (A1); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de los centros de investigación Corpoica se clasificaron en aptitud media (A2); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de los centros de investigación Corpoica se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de investigación Corpoica, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

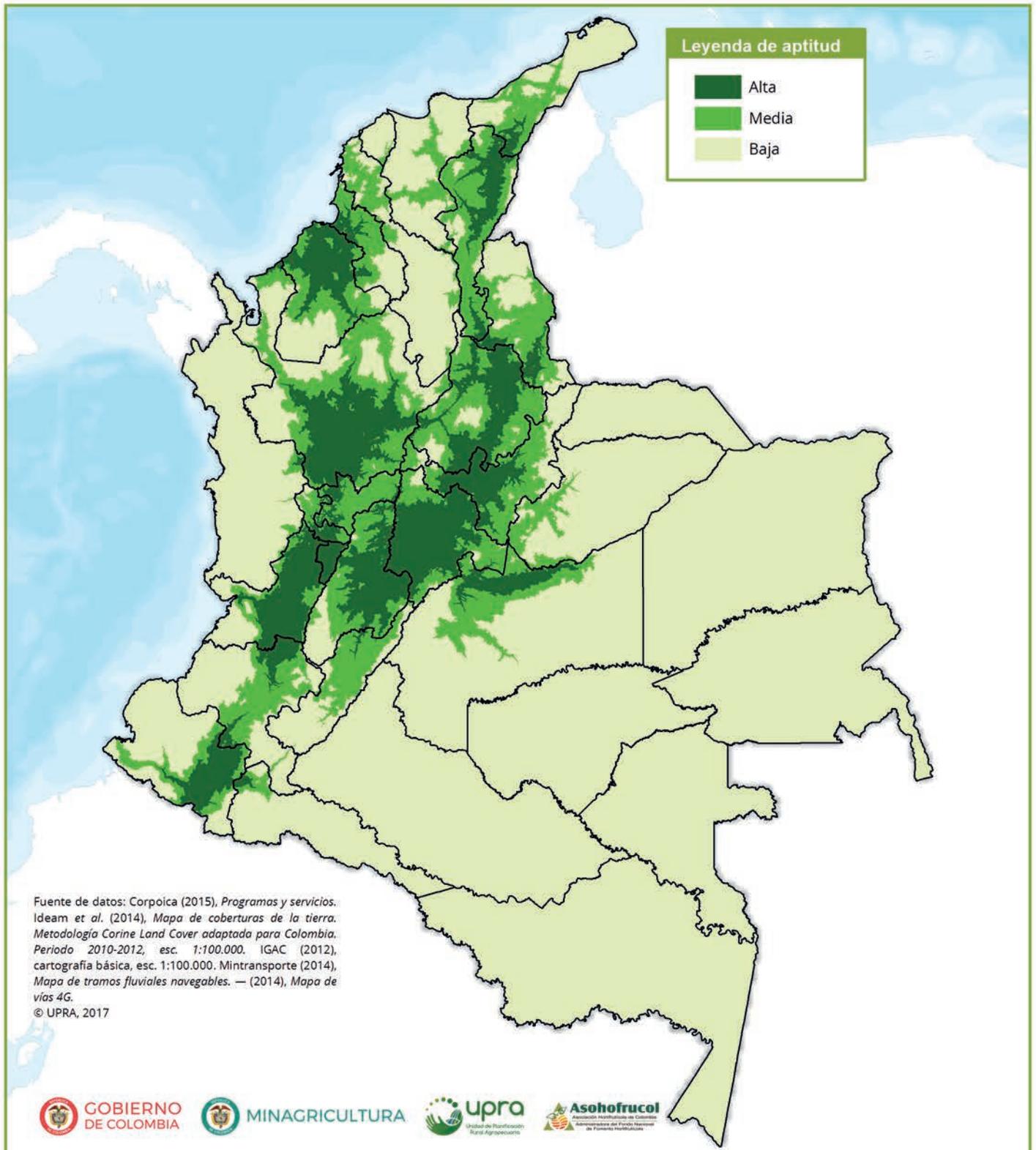
Fuentes de información

- Corpoica. (2015). *Programas y servicios*. <www.corpoica.gov.co>.
- Ideam. (2013). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapas vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Fotografía: ICA



Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: EXTENSIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA SECTORIAL | UNIDAD DE MEDIDA: TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO EN HORAS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Cercanía de las entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria a nivel municipal, cuya función es articular y orientar acciones para el incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción, considerando la sostenibilidad ambiental. El término sectorial está referido tanto al sector agropecuario en general como al sector del aguacate.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la proximidad a ofertas de extensión y asistencia técnica sectorial, orientadas al incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción.

Los municipios con una mayor presencia de entidades que ofertan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria se consideran más competitivos. Allí los agentes económicos tienen una mayor posibilidad de acceso a los conocimientos de las prácticas alternativas para mejorar los rendimientos de los procesos productivos de un cultivo, a partir de la extensión de adelantos tecnológicos acordes con los requerimientos específicos de las cadenas productivas, el desarrollo de capacidades de gestión y administración de los sistemas productivos, la promoción de la asociatividad y la construcción de canales de articulación con agroindustrias, mercados dinámicos y otras formas de transformación y comercialización de productos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Tiempo de desplazamiento en horas | Aptitud |
|------------------------------------|---------|
| Municipios ≤ 2 horas | A1 |
| Municipios entre 2 horas y 4 horas | A2 |
| Municipios > 4 horas | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La información empleada está basada en las asociaciones que se encuentran referidas en el Plan Nacional de Fomento Hortifrutícola y se asume que dichas asociaciones cuentan con un ingeniero agrónomo como mínimo que ofrece la asistencia técnica especializada. Para la espacialización, no se contó con las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata), cuya función es prestar

asistencia técnica agropecuaria directa y gratuita a los pequeños productores, debido a que estas están presentes en todos los municipios del país (Minagricultura, 2015).

Metodología de procesamiento de la información

1. Información:

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). Tramos red vial nacional y departamental.
- Asohofrucol. (2015). *Plan Nacional de Fomento Hortifrutícola*. Recuperado de: <<http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/Plan%20Nacional%20de%20Fomento%20Hortifruticola%20Fase%202015.doc>>

2. Precisiones de la información: para la espacialización, se tomó como referente la existencia de las asociaciones inscritas en el Plan Nacional de Fomento Hortifrutícola. Se registraron más de doscientos setenta y tres municipios con mínimo una asociación y una amplia cobertura a nivel nacional.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- **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.

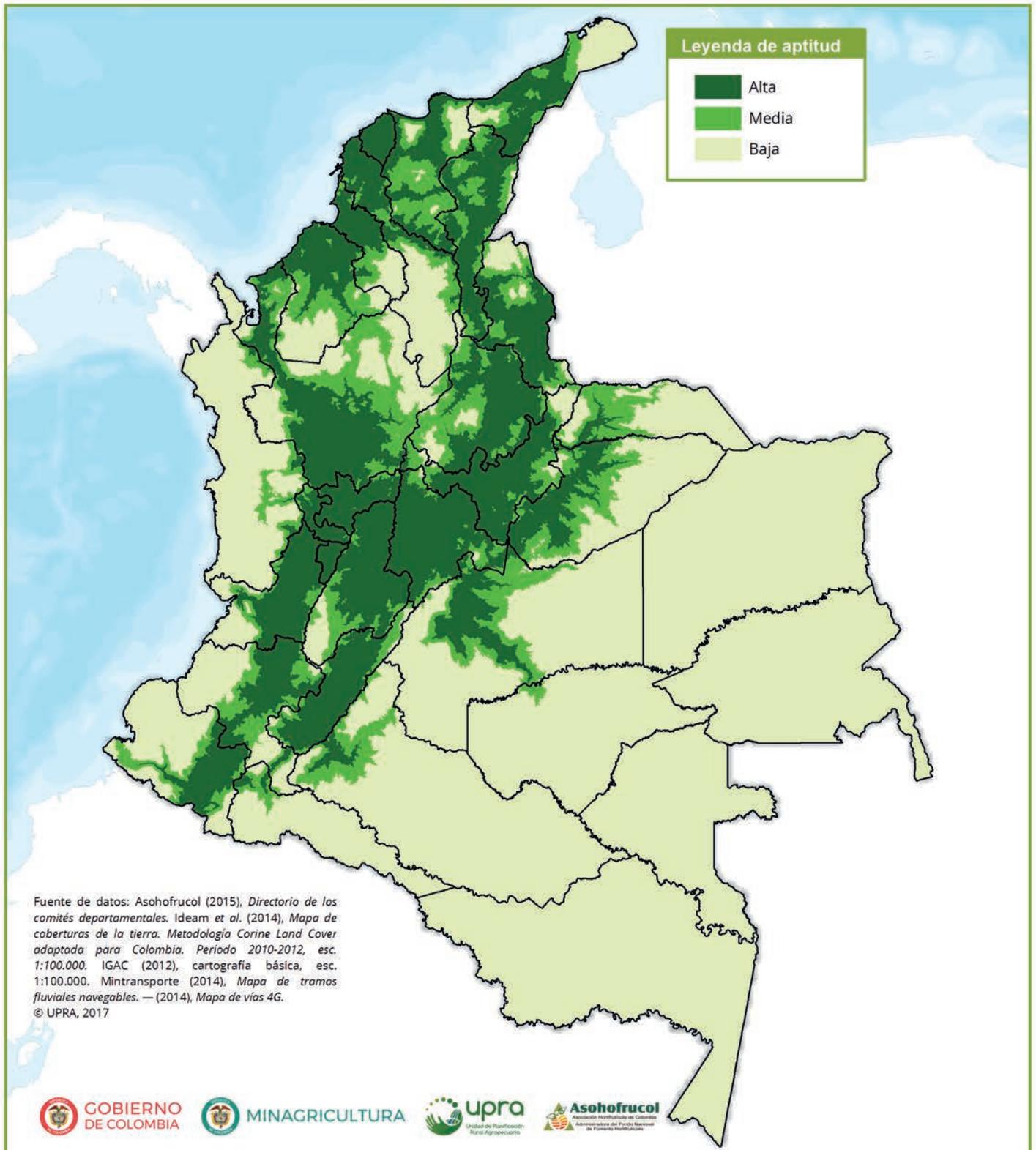
3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva: los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta las asociaciones. Se definieron tres categorías de aptitud competitiva:

Las áreas geográficas de los municipios con asociaciones que se encuentran a menos de dos horas de distancia de dichas asociaciones se consideran con aptitud alta (A1). Las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de las asociaciones se clasificaron en aptitud media (A2). Las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de las asociaciones se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a las asociaciones, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). *Asociaciones inscritas*. Recuperado de <www.asohofrucol.com.co>
- Ideam. (2013). *Mapa de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable extensión y asistencia técnica sectorial

3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD | | |
| VARIABLE: ORGANIZACIONES GREMIALES O DE BASE DEL SECTOR | UNIDAD DE MEDIDA: PRESENCIA DE ORGANIZACIONES GREMIALES O DE BASE EN EL MUNICIPIO | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Distancia entre la sede de Asohofrucol y cualquier punto del territorio. Se espacializa teniendo en cuenta el número de sedes a nivel nacional con las que cuenta Asohofrucol y su ubicación.

Importancia de la variable para el cultivo

La presencia gremial indica el nivel de asociatividad y representatividad regional de los productores frente a los lineamientos de política sectorial expedidos por el Gobierno nacional.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Presencia de organizaciones gremiales | Aptitud |
|---------------------------------------|---------|
| Con presencia | A1 |
| Sin presencia | A3 |

Limitantes de la evaluación de la variable

La información podría estar desactualizada y algunas de las organizaciones pueden haberse desintegrado o estar inactivas.

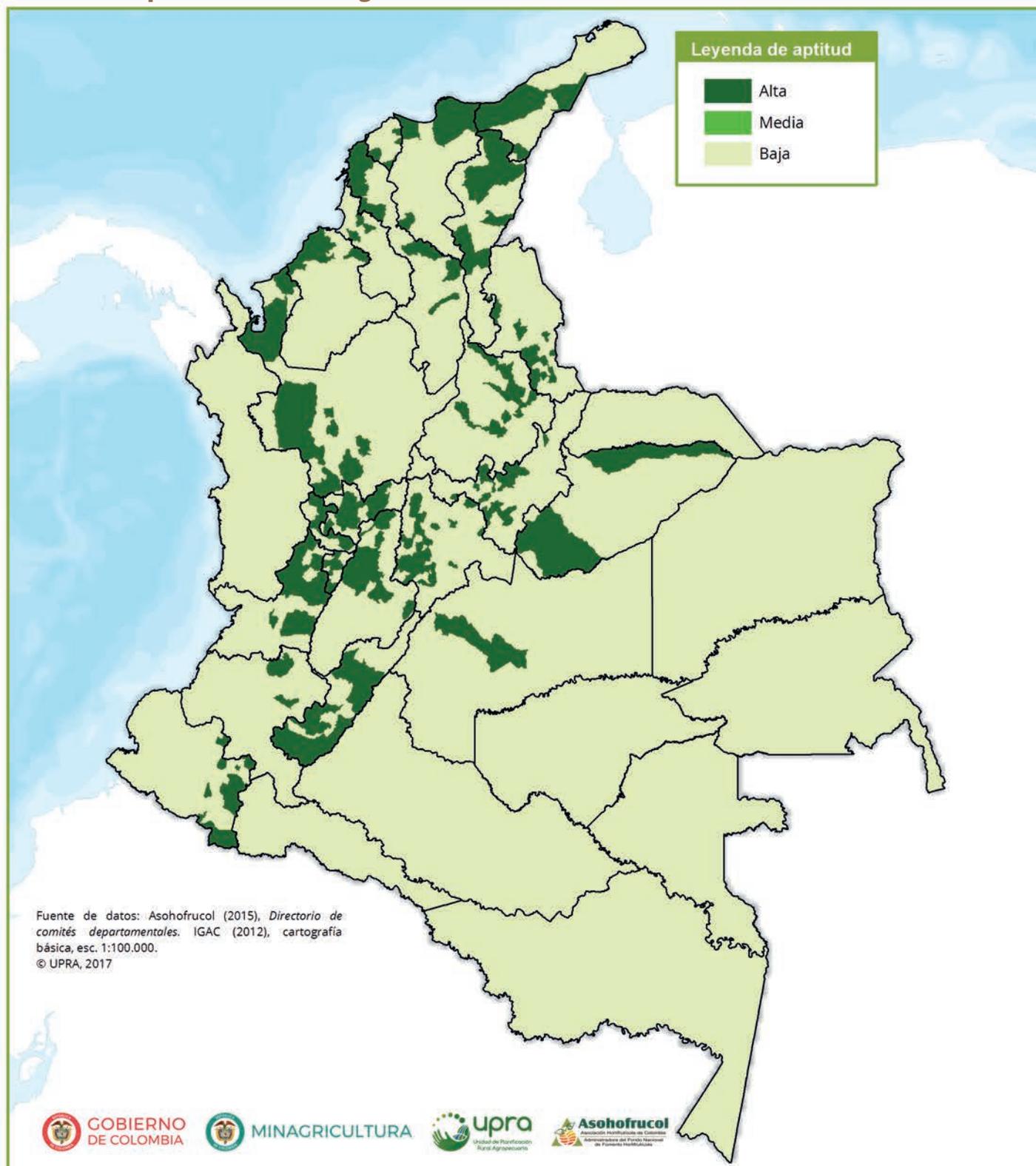
Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** Asohofrucol. (2015). Base de datos sedes Asohofrucol Colombia 2015.
- 2. Precisiones de la información:** se consultaron los municipios que tienen regionales de Asohofrucol.
- 3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** municipios con presencia regional de Asohofrucol.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Asohofrucol. (2015). Base de datos Sedes Asohofrucol en Colombia.

Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable organizaciones gremiales o de base del sector

3.8 Criterio bienestar económico

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO: BIENESTAR ECONÓMICO | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Índice de pobreza multidimensional (IPM). | | |

Definición

Conjunto de circunstancias materiales e inmateriales de la existencia y supervivencia de un individuo o grupo humano. Refleja el grado de desarrollo humano de la población perteneciente a un municipio analizado, en relación con el concepto de competitividad.

Desarrollo humano: «Busca garantizar el ambiente necesario para que las personas y los grupos humanos puedan desarrollar sus potencialidades y así llevar una vida creativa y productiva conforme con sus necesidades e intereses [...] Para ampliar estas opciones, es fundamental construir capacidades humanas. Las capacidades más básicas para el desarrollo humano son llevar una vida larga y saludable, tener acceso a los recursos que permitan a las personas vivir dignamente y tener la posibilidad de participar en las decisiones que afectan a su comunidad» (PNUD, 2015).

Importancia del criterio para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a las capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con mayor desarrollo humano cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por consiguiente, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Existe una relación directa entre un mayor desarrollo humano en un municipio y la aptitud competitiva del mismo.

Limitantes de la evaluación del criterio

La aproximación a las condiciones de vida se hizo a partir del IPM municipal, calculado por el DNP con base en la información del censo general de 2005. Dicho censo presentó omisiones censales superiores al 20 % en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Valor de ponderación del criterio: 1,0 %

Metodología de evaluación

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud competitiva de los municipios son equivalentes a las categorías de la variable.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

| Variable | Unidad de medida | Aptitud | | |
|--|------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| | | A1 | A2 | A3 |
| Índice de pobreza multidimensional (IPM) | Índice | < 64 | Entre 64 y 83 | > 83 |
| | IC | IC > 0,46731 | IC entre 0,22069 y 0,46731 | IC < 0,22069 |

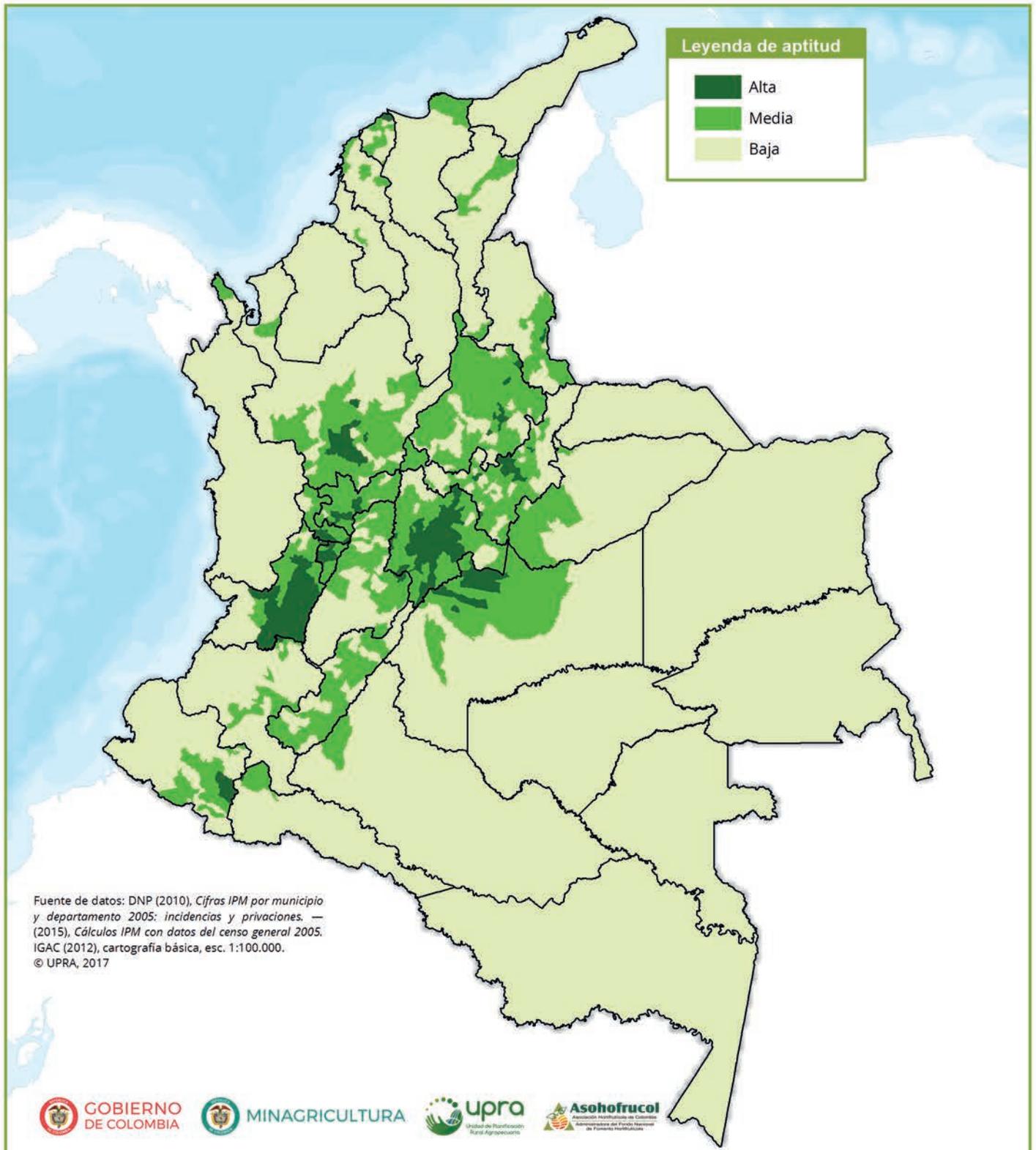
Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones*.
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del censo general de población 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Criterio bienestar económico

Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

3.8.1 Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO | | |
| CRITERIO ASOCIADO: BIENESTAR ECONÓMICO | | |
| VARIABLE: ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL (IPM) | UNIDAD DE MEDIDA: A. ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL B. ÍNDICE DE COMPETITIVIDAD | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | ✓ |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres (DNP, 2011).

Permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria al reflejar diversos conjuntos de privaciones. En Colombia, las cinco dimensiones que se utilizan para calcular el IPM son las condiciones educativas del hogar; condiciones de la niñez y juventud; trabajo; salud y acceso a servicios públicos domiciliarios; y condiciones de la vivienda.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a las capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con menores IPM (que reflejan mejores tasas de alfabetismo, mayor acceso a servicios públicos y de salud, mejores condiciones de la vivienda, entre otros) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, en consecuencia, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Los municipios con mayores IPM reflejan una menor incidencia de la competitividad de los procesos productivos desarrollados en el pasado. Existe una relación inversa entre el IPM y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

| Índice de pobreza multidimensional para el año 2005 en el municipio | Aptitud |
|---|---------|
| Índice de competitividad (IC) | |
| < 64 | A1 |
| IC > 0,46731 | |
| Entre 64 y 83 | A2 |
| IC entre 0,22069 y 0,46731 | |
| > 83 | A3 |
| IC < 0,22069 | |

Limitantes de la evaluación de la variable

El IPM municipal fue calculado por el DNP con base en la información del censo general de 2005.

El censo general de 2005 presentó omisiones censales superiores al 20 % en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Metodología de procesamiento de la información

- 1. Información:** DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.*
- 2. Precisiones de la información:** el procedimiento y la competencia para calcular el IPM en Colombia se definió y asignó por medio del documento CONPES 150 de mayo 28 de 2012.

Las 15 variables incorporadas en el cálculo del indicador son: bajo logro educativo, analfabetismo, inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, tasa de dependencia económica, empleo informal, sin aseguramiento en salud, barreras de acceso a servicio de salud, sin acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, pisos inadecuados, paredes exteriores inadecuadas y hacinamiento crítico.

- 3. Análisis de la consistencia y preparación de la información:** los datos del IPM se ordenaron de mayor a menor y se transformaron mediante una normalización a una escala de valores de 0 a 1 o índice de competitividad.
- 4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos:** el índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$,
donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.

MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

- 5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva:** los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión de los datos del IPM. Se consultaron el marco teórico y la línea base de la cadena. Se analizó la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calcularon la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

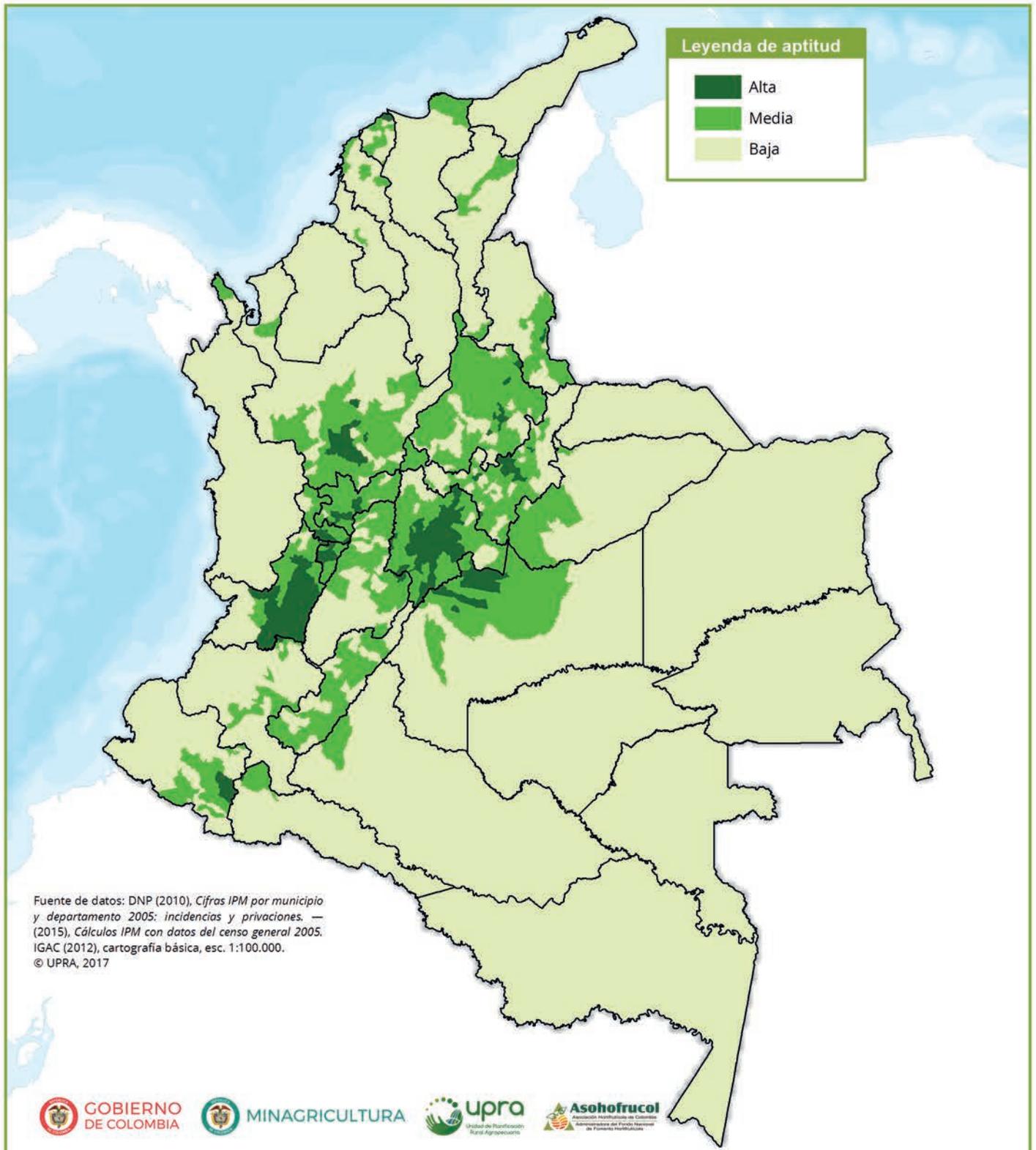
Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones*.
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del censo general de población 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Criterio bienestar económico

4. Fichas metodológicas de exclusiones legales

4.1 Criterio de exclusiones legales

| FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO | | |
|---|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | ✓ |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras), áreas urbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales) y las áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos). | | |

Definición

Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass. Las siguientes zonas son excluidas del proceso de zonificación de aptitud: ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras), áreas urbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales) y las áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos).

Importancia del criterio para el cultivo

Las exclusiones legales son fundamentales en la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, puesto que su análisis permite determinar dónde se puede y no se puede desarrollar actividad productiva agrícola, dados los mandatos legales vigentes.

Las consideraciones legales para la exclusión de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

Ecosistemas estratégicos (páramos): en lo referente a los ecosistemas de páramo, 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; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de los mismos. 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 Minambiente, el Minagricultura y el Minminas 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 vigencia de la Ley 1450 del 2011. Sin embargo, si alguna de dichas

labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental.

En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, de exploración ni de explotación de hidrocarburos o minerales. Para tales efectos, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el «Atlas de páramos de Colombia» del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1).

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, que reglamenta el Sinap, que incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora, y vía parque.

Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que 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 destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona, de propiedad pública o privada, se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Ciudades capitales y cabeceras municipales: la Ley 388 de 1997 establece los centros urbanos, aquellos espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada.

Parques arqueológicos: el Decreto 833 de 2002 establece que el patrimonio arqueológico amerita una primordial protección del Estado tendiente a su conservación, cuidado, rehabilitación y divulgación, y a evitar su alto grado de vulnerabilidad, en especial teniendo en consideración que el territorio colombiano en su totalidad comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por consiguiente, cualquier actividad productiva es incompatible con estas zonas. Estas áreas de exclusión legal incluyen solamente los parques arqueológicos.

Limitantes de la evaluación del criterio

No aplica.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y posteriormente obtener la información cartográfica oficial.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

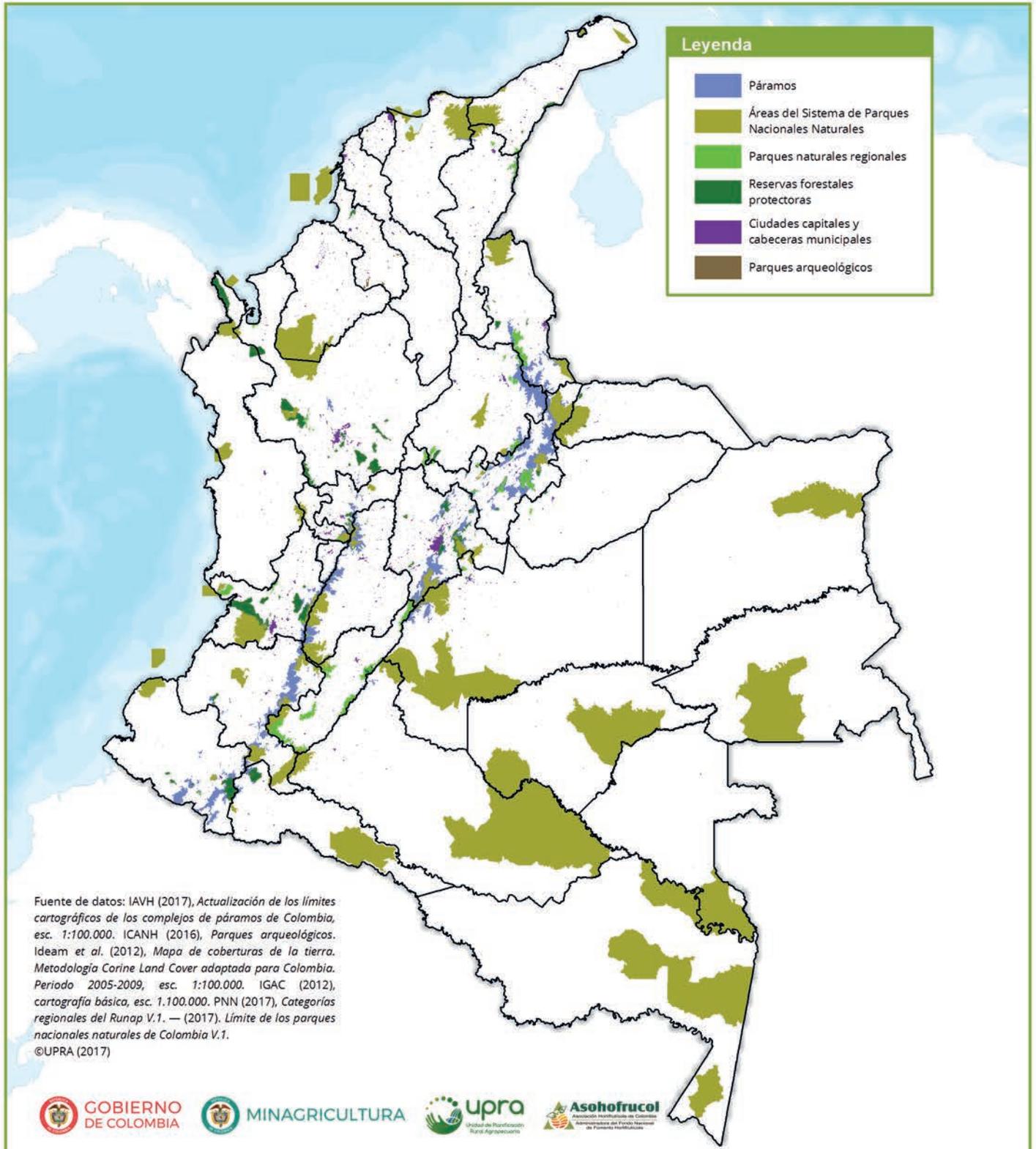
Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- ICANH. (2015). *Parques arqueológicos*.
- Ideam et. al. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- PNN. (2016). *Categorías regionales del RUNAP V.1*.
- —. (2016). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016*.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del criterio



Exclusiones legales

4.1.1 Variable ecosistemas estratégicos (páramos)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | |
|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS |
| CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES / ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO |
| | CONDICIONANTE |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA |
| | EXCLUSIÓN LEGAL |

Definición

Los ecosistemas estratégicos tienen un papel fundamental en el sostenimiento de los procesos naturales, sociales, ecológicos o de otra índole; no se trata solo de áreas de importancia natural, sino que cumplen otras funciones importantes para la sociedad, por medio de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales, tales como la regulación del clima y de la humedad, la provisión de agua para el abastecimiento de la población, la generación de energía o el riego, el mantenimiento de climas y suelos adecuados para la producción de alimentos y materias primas o el mantenimiento del sistema natural de prevención de desastres o de control de plagas (Márquez, 2003).

La zonificación de aptitud considera los páramos ecosistemas estratégicos, por lo cual estas áreas deberán ser excluidas; las consideraciones legales para la exclusión están dadas por los siguientes instrumentos normativos: en lo referente a los ecosistemas de páramo, 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; asimismo faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de los mismos. 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 Minambiente, el Minagricultura y el Minminas 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 vigencia de la Ley 1450 del 2011.

Sin embargo, si alguna de dichas labores pone en riesgo el ecosistema, el Estado podrá expropiar el predio para buscar la restauración y conservación ambiental.

En los ecosistemas de páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, de exploración ni de explotación de hidrocarburos o minerales. Para tales efectos, se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el «Atlas de páramos de Colombia» del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1).

Importancia de la variable para el cultivo

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, los ecosistemas estratégicos tienen un papel fundamental

en el sostenimiento de los procesos naturales, sociales y ecológicos; no son solo áreas de importancia natural, sino que cumplen otras funciones importantes para la sociedad por medio de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales para el hombre, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

Los páramos delimitados corresponden al complejo de páramos que abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos que adelanta el MADS con el IAVH.

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden las áreas de páramos.

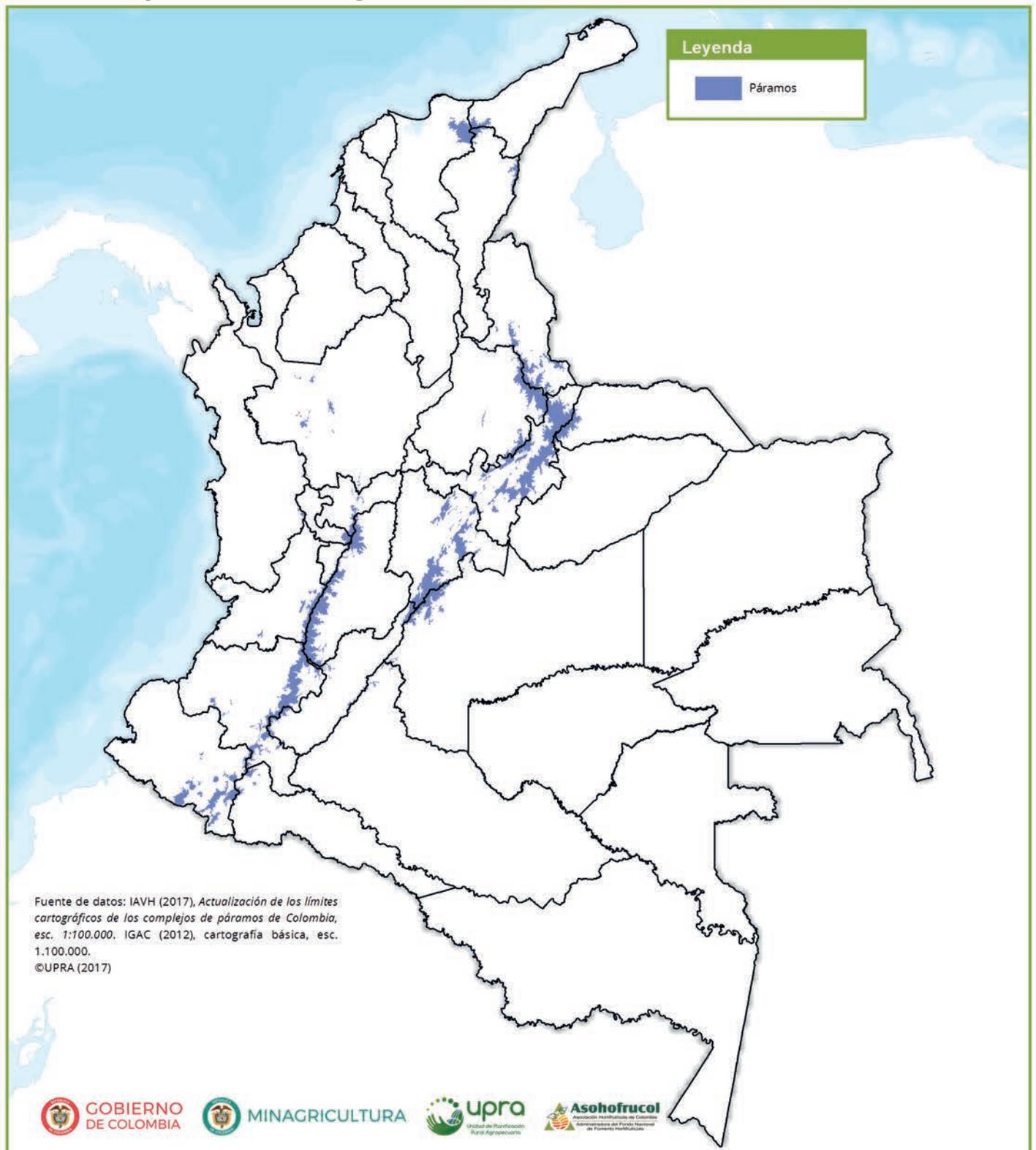
Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Márquez, E. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia*. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>>.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales
Ecosistemas estratégicos

4.1.2. Variable áreas protegidas

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | ✓ |

Definición

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta exclusión legal corresponden a:

Sistema de Parques Nacionales Naturales: forma parte del Sinap y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010 que reglamenta el Sinap, que incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de flora y vía parque.

Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que 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 destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona, de propiedad pública o privada, se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Importancia de la variable para el cultivo

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normatividad nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

No aplica.

Unidad de análisis

Polígonos que comprenden las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales y reservas forestales protectoras.

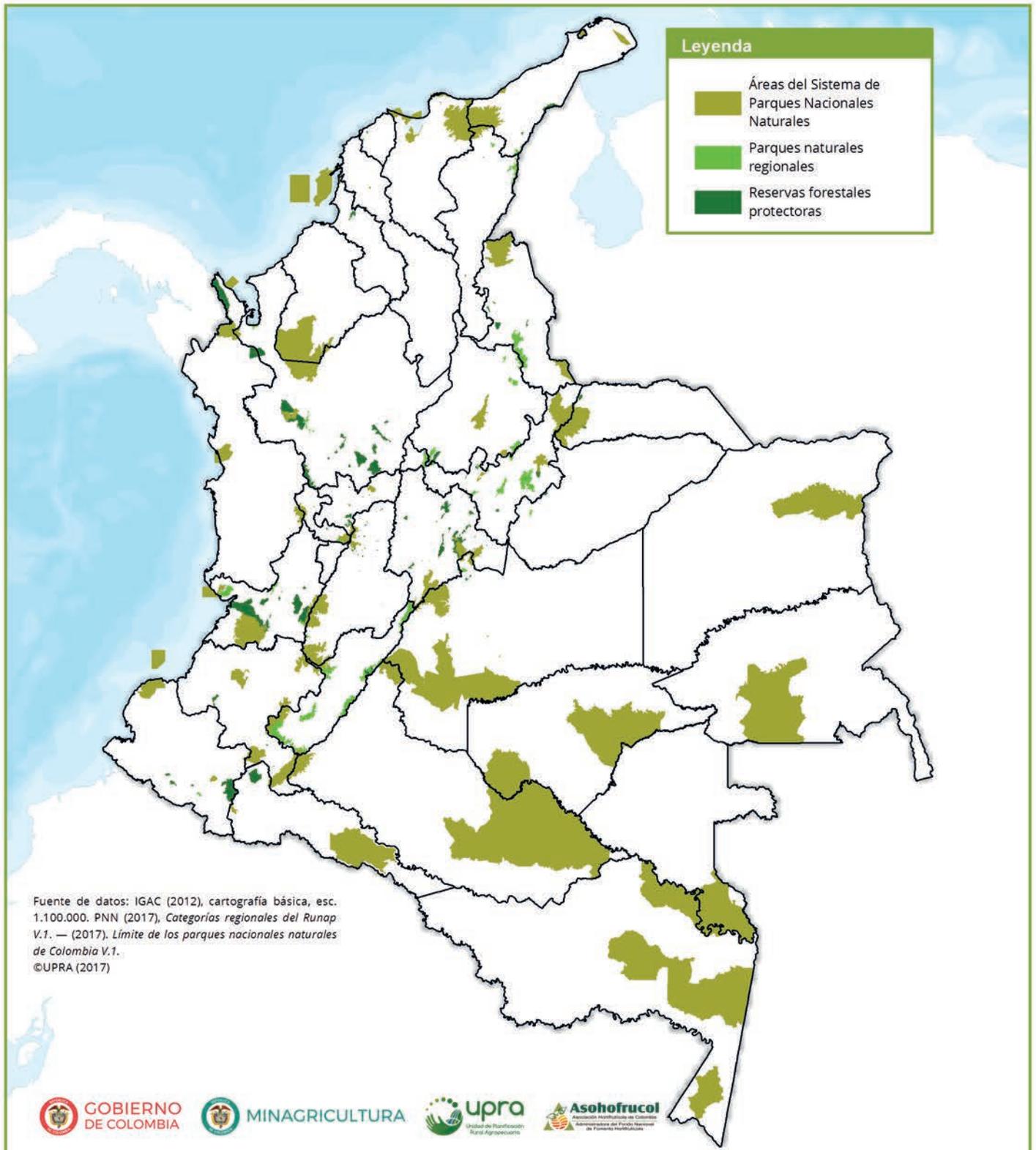
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- PNN. (2016). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.*

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales
Áreas protegidas

4.1.3. Variable áreas urbanas

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | |
|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS |
| CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO |
| | CONDICIONANTE |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA |
| | EXCLUSIÓN LEGAL |

Definición

Esta variable define que las ciudades capitales y las cabeceras municipales son objeto de exclusión en el ejercicio de zonificación de aptitud. Se entienden como centros urbanos aquellos espacios conformados por las edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada.

Importancia de la variable para el cultivo

Establece la posibilidad de identificar los centros urbanos y determinar que estas zonas del país no son aptas para el establecimiento y desarrollo de cultivos, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Ley 388 de 1997.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

No aplica.

Metodología de procesamiento de la información

Se realizó la espacialización de la información referente a las áreas urbanas, en donde se identifican las ciudades capitales y las cabeceras municipales.

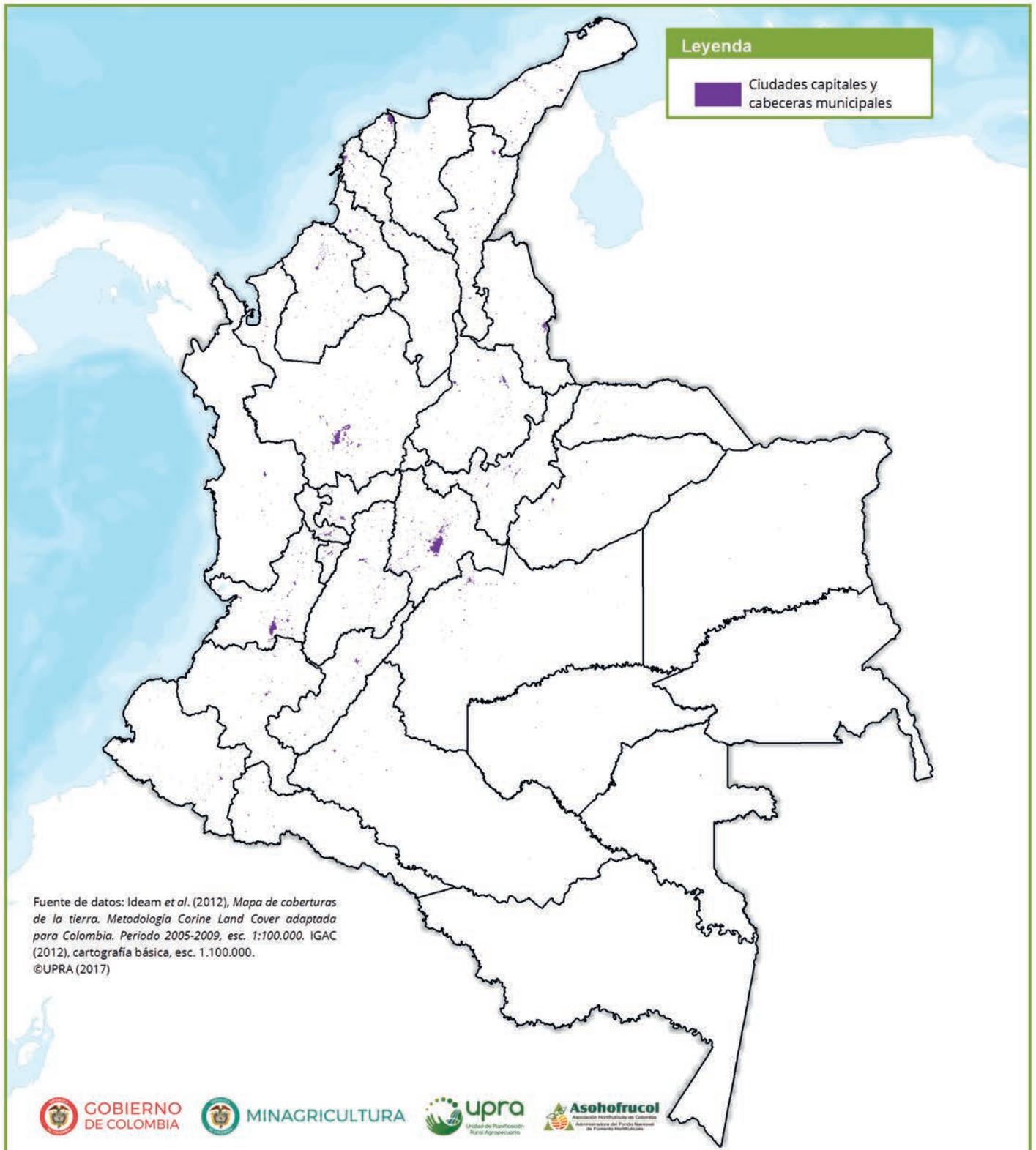
Unidad de análisis

Polígonos que comprenden las áreas de las ciudades capitales y las cabeceras municipales.

Fuentes de información

- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- Ideam et al. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005 2009, escala 1:100.000 versión 1.0*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales
Áreas urbanas y suburbanas

4.1.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | |
|--|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS |
| CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO |
| | CONDICIONANTE |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA |
| | EXCLUSIÓN LEGAL |

Definición

Las áreas de protección cultural y social, dentro de las cuales se encuentran los parques arqueológicos, se definen como áreas de protección y conservación del patrimonio cultural de Colombia.

El Decreto 833 de 2002 establece que el patrimonio arqueológico amerita una primordial protección del Estado, tendiente a su conservación, cuidado, rehabilitación y divulgación, y a evitar su alto grado de vulnerabilidad, en especial teniendo en consideración que todo el territorio colombiano comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por consiguiente, cualquier actividad productiva es incompatible con estas zonas. En términos de las restricciones legales, estas áreas están constituidas por las zonas declaradas como parques arqueológicos en el país.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la realización de la zonificación de aptitud para actividades agrícolas, pues estas áreas no permiten su desarrollo y, en consecuencia, deben ser excluidas de ejercicios de zonificación de aptitud.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

Las áreas arqueológicas consideradas de exclusión se limitan a los parques arqueológicos.

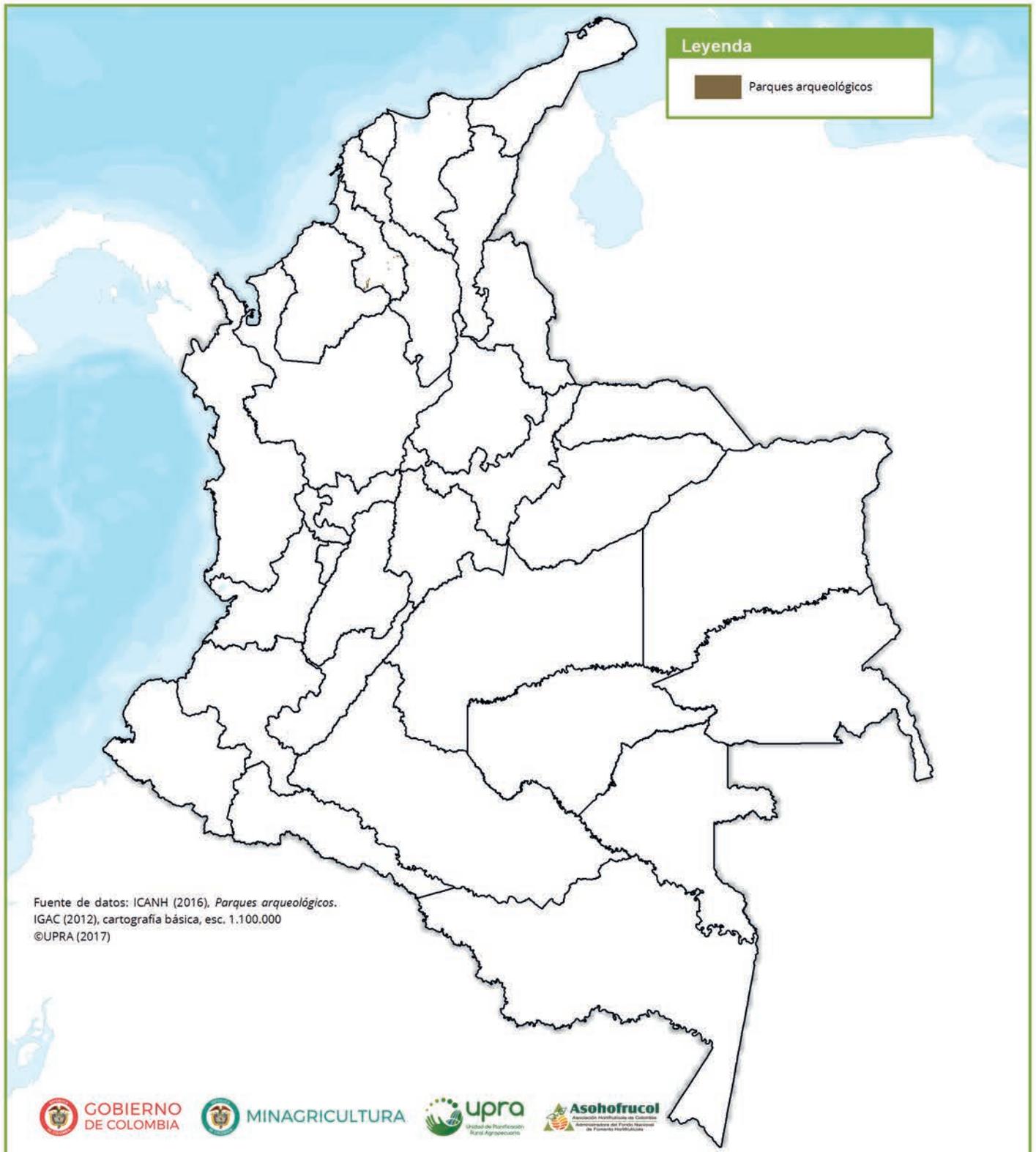
Unidad de análisis

Polígonos que comprenden los parques arqueológicos.

Fuentes de información

- ICANH. (2015). *Parques arqueológicos*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales
Áreas de protección cultural y social

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1 Criterio de condicionantes legales

| FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO | | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |
| Variables asociadas al criterio | | |
| Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical); áreas protegidas (distritos de manejo Integrado, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente); zonas de reserva forestal nacional (reservas forestales de Ley 2 de 1959 y sustracciones de la reserva forestal); distinciones internacionales (Convención Ramsar y reservas de la biósfera) y áreas de interés cultural y social (tierras de las comunidades negras, áreas reservadas para las comunidades negras, zonas de reserva campesina, resguardos indígenas, paisajes culturales y áreas arqueológicas protegidas). | | |

Definición

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 comercial de aguacate variedad Hass.

Importancia del criterio para el cultivo

Los aspectos legales forman parte del ejercicio de zonificación, para lo cual se hace necesario que el planificador realice un análisis de las condiciones que cada una de estas figuras requiere para el desarrollo de actividades agrícolas, como pueden ser solicitudes de consulta previa, revisión de zonificaciones y planes de manejo, entre otros.

Limitantes de la evaluación del criterio

No existen limitantes para la evaluación del criterio, puesto que la normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales, y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinados en cada caso.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y posteriormente obtener la cartografía oficial.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplican rangos para los condicionantes.

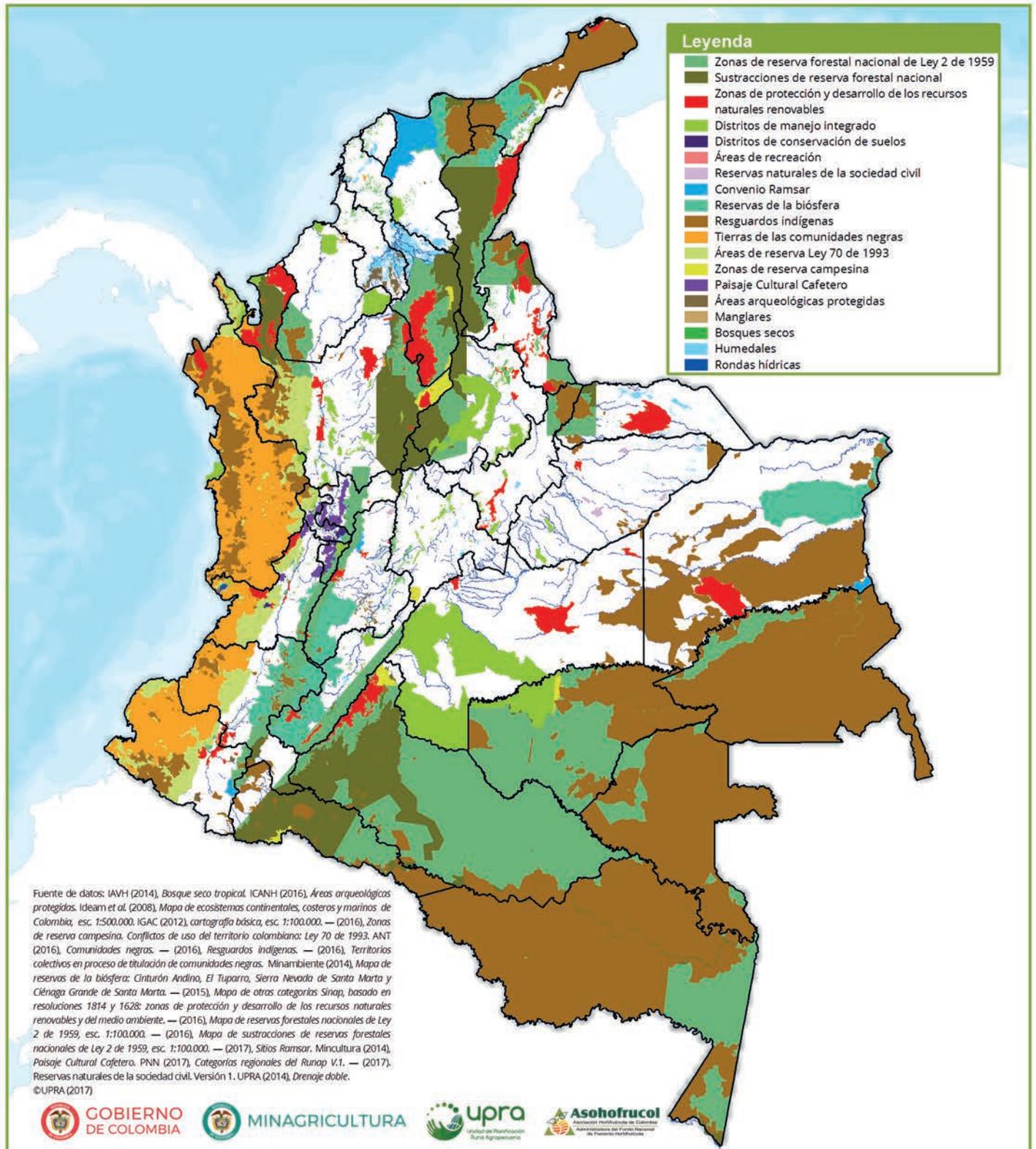
Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical*.
- ICANH. (2015). *Áreas arqueológicas protegidas*.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano*. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993*.
- —. (2015). *Comunidades negras*.
- —. (2015). *Resguardos indígenas*.
- Minambiente. (2012). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2, escala 1:100.000*.
- —. (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2, escala 1:100.000*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2014). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2014). *Sitios Ramsar*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2015). *Resoluciones 1814 y 1628. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap*. Bogotá: Minambiente.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero*.
- PNN. (2016). *Categorías regionales del Runap V.1*.
- —. (2016). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1*.
- UPRA. (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica del 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 AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Esta variable está conformada por los ecosistemas estratégicos de manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical.

Los ecosistemas de manglar y los humedales son consideradas zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su relevancia ecosistémica o su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con el cultivo comercial de aguacate variedad Hass.

Desde el punto de vista ambiental, el ecosistema manglar reduce el impacto de las mareas depositando barro y formando pantanos donde se fijan los organismos. Igualmente, sirve como estabilizador de la línea costera, ya que ayuda en el control de la erosión y constituye una barrera natural de amortiguamiento que protege a las costas de marejadas y vientos huracanados a manera de cortina rompevientos.

Económicamente, el manglar ha sido base de subsistencia de muchas comunidades a lo largo de las costas colombianas; su madera se ha utilizado a pequeña escala y para uso local. Asimismo, del manglar se obtiene alcohol, se fabrica papel para envolver cigarrillos, colorantes, fibras sintéticas, incienso, palo de fósforos y pegamentos. La corteza de algunas especies se aprovecha para la extracción de taninos, químicos que facilitan el proceso de la curtiembre.

Por su parte, los humedales son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a diversos factores que alteran sus características físicas, biológicas y químicas, lo que afecta la flora y la fauna presente en ellos.

El Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación de 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, los cuales son un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos (Decreto 2811 de 1974).

El Decreto 1449 de 1977 consagra en su artículo 3, literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 metros de ancho paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua.

El artículo 204 establece: «[...] Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque». (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta no. 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MADS).

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación en términos de propiedad con relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. El artículo 83, literal d, consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos.

Por su parte, el Decreto 1449 de 1977 consagra en su artículo 3, literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 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 sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en su artículo 4 señala que las rondas hidráulicas forman parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, en tanto áreas de especial importancia ecosistémica.

El ecosistema de bosque seco se considera una zona de importancia ambiental que se ha priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza; se requiere de un análisis detallado del área, previo a cualquier establecimiento de un cultivo.

Importancia de la variable para el cultivo

La importancia de estos condicionantes legales radica en que permiten identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en estos ecosistemas estratégicos y, en consecuencia, debe evaluarse el establecimiento de un cultivo y la importancia de mantener la prestación de servicios ecosistémicos.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Esta variable se considerará exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de estos ecosistemas.

Respecto a las rondas hídricas, es necesario mencionar que la delimitación específica de cada cauce debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la zonificación de aptitud se toman 30 metros; no obstante, estas podrán tener una mayor o menor longitud. Es función de las corporaciones autónomas regionales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, y el área de protección o conservación aferente, para lo cual se deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno nacional (Ley 1450 de 2011).

Esta variable se considerará exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de esta norma o la definición por parte de las corporaciones autónomas regionales, por ser de su competencia.

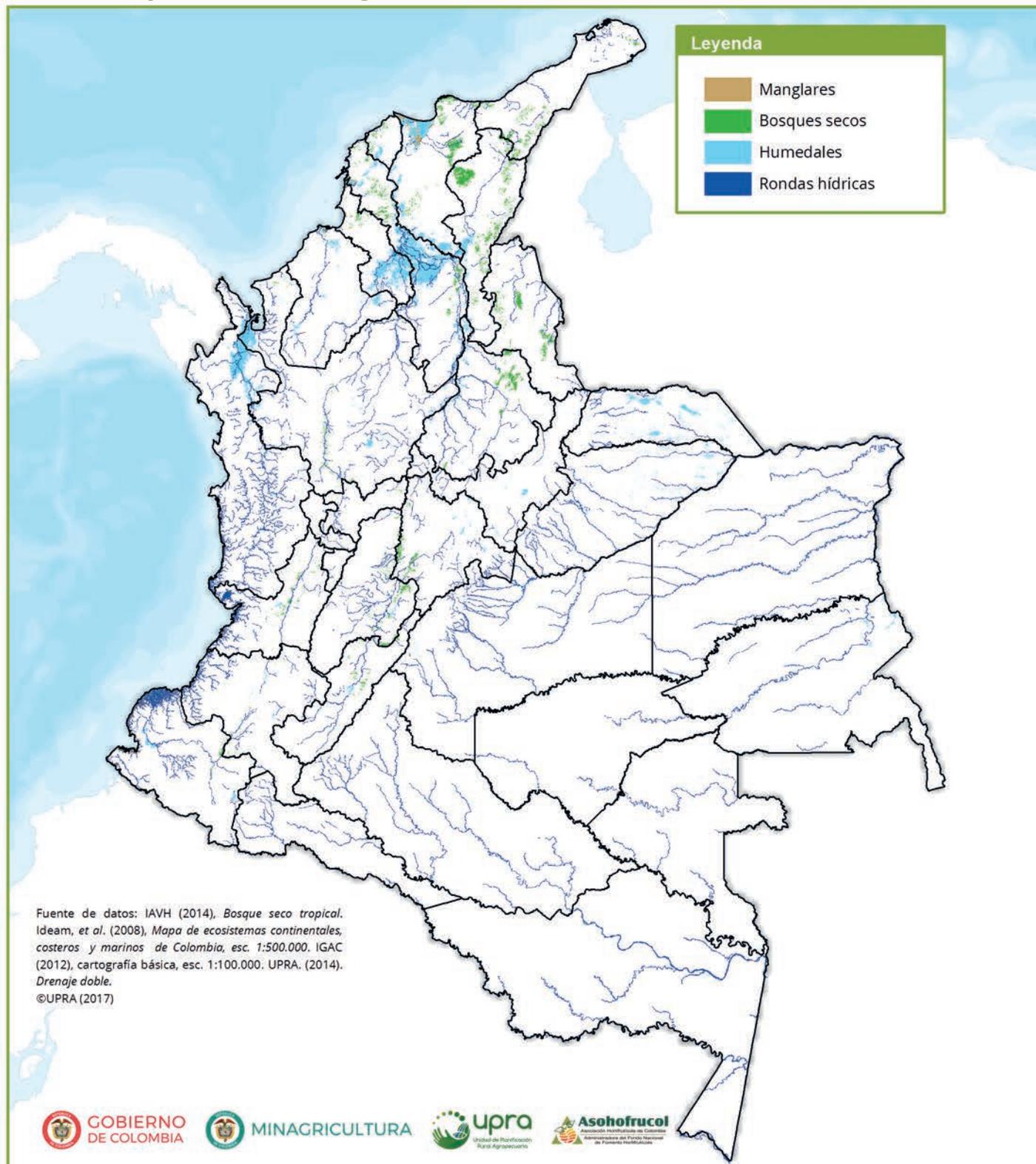
Unidad de análisis

Polígonos que corresponden a las áreas de manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical.

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical*.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- UPRA. (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam, 72 pp.

Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales
Ecosistemas estratégicos

5.1.2. Variable áreas protegidas

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Dentro de esta variable se consideran las siguientes áreas:

Distritos de manejo integrado (DMI): de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute. Estos DMI tienen una zonificación, la cual debe ser previamente consultada si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla. Estos DCS tienen una zonificación, la cual debe ser previamente consultada si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Áreas de recreación: conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado. Estas áreas de recreación tienen una zonificación que debe ser previamente consultada, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC): es la totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad de su propietario, se destina para su uso sostenible, preservación o restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de la resolución 1628 de 2015 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades; con base en dichos estudios, Parques Nacionales Naturales de Colombia ha identificado el portafolio de sitios en los cuales se avanza en la realización de los estudios y los procedimientos para su declaratoria como áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dentro de tales sitios se encuentran las selvas transicionales de Cumaribo, el alto Manacacías, la serranía de San Lucas, los bosques secos del Patía, la serranía del Perijá y las sabanas y humedales de Arauca.

Igualmente, se incluye la Resolución 1814 de 2015 del Minambiente, mediante la cual se declara una medida de precaución que protege temporalmente 57 sitios, en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas; en este caso, los de carácter regional, a cargo de las corporaciones autónomas regionales correspondientes.

Importancia de la variable para el cultivo

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de aguacate variedad Hass, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento, de acuerdo con la normatividad nacional. Esta característica genera un condicionante, pues cada una de las figuras tiene zonificación y se debe revisar en qué zonas es permitida la actividad productiva.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Existen categorías de áreas protegidas, como los distritos de manejo integrado que, en un nivel marginal y de acuerdo con su plan de manejo ambiental, podrían permitir el establecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate variedad Hass en la subzona de producción. No obstante, se requerirá una zonificación interna de cada área protegida, para identificar rangos de compatibilidad marginal.

Unidad de análisis

Polígonos que corresponden a las áreas de distritos de manejo integrado, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil, y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente.

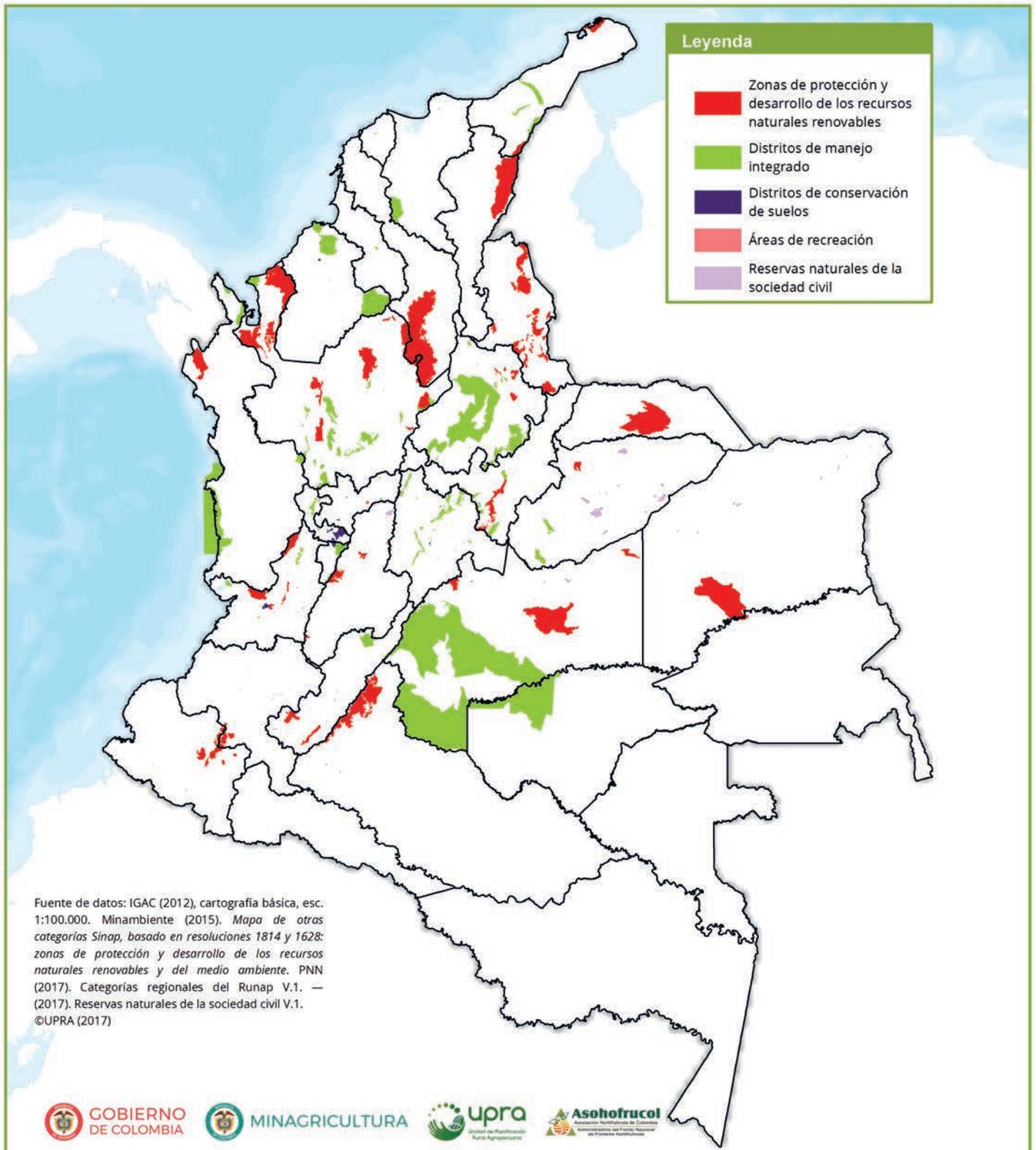
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2015). *Resoluciones 1814 y 1628. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap.*
- PNN. (2016). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1.*

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales
Áreas protegidas

5.1.3. Variable zonas de reserva forestal nacional

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Esta variable corresponde a las zonas de reserva forestal, de acuerdo con la Ley 2 de 1959, y a las sustracciones de las zonas de reserva forestal de la misma.

Las zonas de reserva forestal nacional 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 (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.

Si «por razones de utilidad pública e interés social, es necesario realizar actividades económicas que impliquen remoción de bosques o cambio en el uso de los suelos o cualquiera otra actividad distinta del aprovechamiento racional de bosques, la zona afectada deberá, debidamente delimitada, ser previamente sustraída de la reserva» (Decreto Ley 2811 de 1974).

Hay que tener en cuenta que también existen actividades exentas de sustracción, de acuerdo con la Resolución 1274 de 2014 del Minambiente, y que los requisitos y procedimientos de solicitud de sustracción están establecidos en la Resolución 1526 de 2012 del Minambiente.

En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, se facultó al Minambiente a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción; por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin (numeral 18, artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011).

Importancia de la variable para el cultivo

Los condicionantes legales están referidos a aquellas zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de aguacate variedad Hass; tal es el caso de las zonas de reserva forestal, de acuerdo con la Ley 2 de 1959.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

No existen limitantes para la evaluación de la variable en razón a que la normatividad permite realizar cultivos comerciales y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o líneas de política determinados en cada caso.

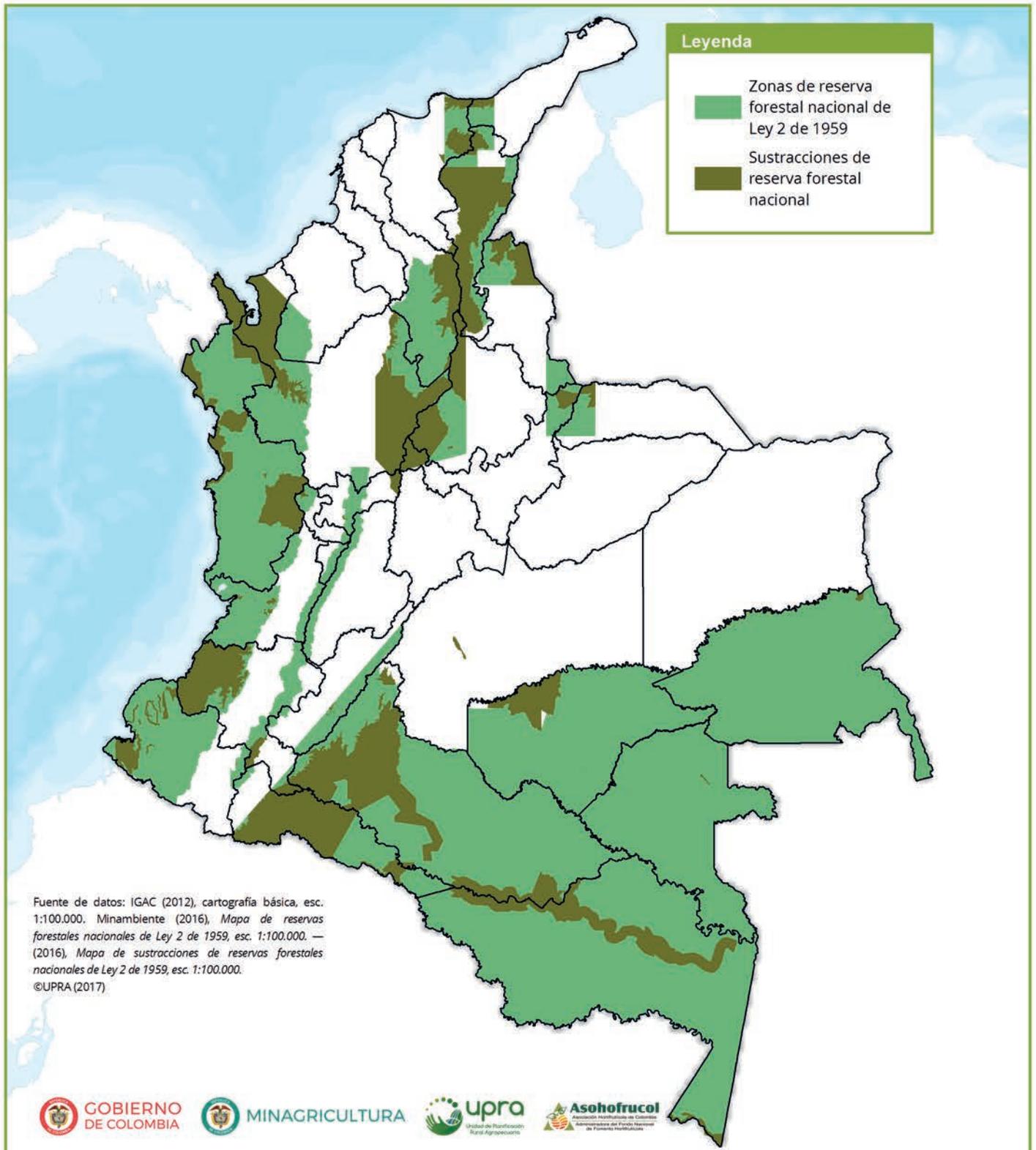
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2012). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2, escala 1:100.000*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2, escala 1:100.000*. Bogotá: Minambiente.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales
Zonas de reserva forestal nacional

5.1.4. Variable distinciones internacionales

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Las distinciones internacionales agrupan aquellos lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes.

Las áreas son definidas por su importancia biológica y de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad.

En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:

Convención de Ramsar: hace referencia a la protección de humedales; en este convenio se define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994).

| Lista de humedales Ramsar en Colombia | | | | | |
|---------------------------------------|--|--------------|---------------------|-------------|---------------------|
| ID | Nombre | Departamento | Fecha | Tamaño (ha) | Ubicación |
| 951 | Sistema delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta | Magdalena | 18 de junio de 1998 | 400.000 | 10° 45' N 74° 29' W |
| 1047 | Laguna de la Cocha | Nariño | 8 de enero de 2001 | 39.000 | 01° 03' N 77° 12' W |
| 1387 | Delta del río Baudó | Chocó | 5 de junio de 2004 | 8888 | 04° 53' N 77° 22' W |
| 1781 | Complejo de humedales laguna del Otún | Risaralda | 25 de junio de 2008 | 6579 | 04° 46' N 75° 25' W |
| 1782 | Sistema lacustre de Chingaza | Cundinamarca | 25 de junio de 2008 | 4058 | 04° 30' N 73° 45' W |

Respecto al Convenio Ramsar, es importante resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona, en el párrafo 1 del artículo 2002, que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades

agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales, con base en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el Minambiente o quien haga sus veces, destacando que los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades; no obstante, las limitaciones de estas áreas deben obedecer a su respectivo plan de manejo, en donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.

Reservas de la biósfera: son áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Ya sean ecosistemas terrestres o marítimos, estas áreas se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio.

Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados; estos deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación.

Lista de reservas de la biósfera en Colombia

| Reserva | Localización | Año de registro | Entidad administradora de la reserva |
|-------------------------------|--|-----------------|---|
| Cinturón andino | El cinturón andino está ubicado en el Macizo Colombiano, en el sur de la cordillera de los Andes. El cinturón andino comprende tres parques nacionales (PN): PN La Cueva de los Guácharos, PN Puracé y el PN Nevado del Huila. | 1979 | Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. |
| El Tuparro | Se encuentra en el oriente colombiano, en la región de la Orinoquia, en el departamento del Vichada. La reserva se encuentra rodeada al norte por el río Tomo y al sur por el caño Maipurés. Es uno de los pocos lugares en el mundo en donde habita el delfín rosado de la Amazonia. | 1979 | Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. |
| Sierra Nevada de Santa Marta | Hacia el norte está bordeada por el mar Caribe y las planicies de la península de La Guajira, hacia el suroriente la enmarcan los cursos de los ríos Ranchería y Cesar, y hacia el occidente limita con la gran planicie aluvial del río Magdalena y la Ciénaga Grande de Santa Marta. | 1979 | Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. |
| Ciénaga Grande de Santa Marta | Departamento del Magdalena: municipios de Ciénaga, Pueblo Viejo, Sitio Nuevo, Remolino, Salamina, El Piñón, Cerro de San Antonio, Concordia, Pivijay, El Retén y Aracataca. | 2000 | Corporación Autónoma Regional del Magdalena. |
| Seaflower | Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. | 2000 | Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. |

Importancia de la variable para el cultivo

Permite identificar las áreas en donde el establecimiento y el desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle para determinar la compatibilidad de estos ecosistemas de importancia internacional.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La delimitación de las reservas de la biósfera no representa una identidad ecosistémica sino los vértices de polígonos; por lo cual, se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos. Teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse más en detalle.

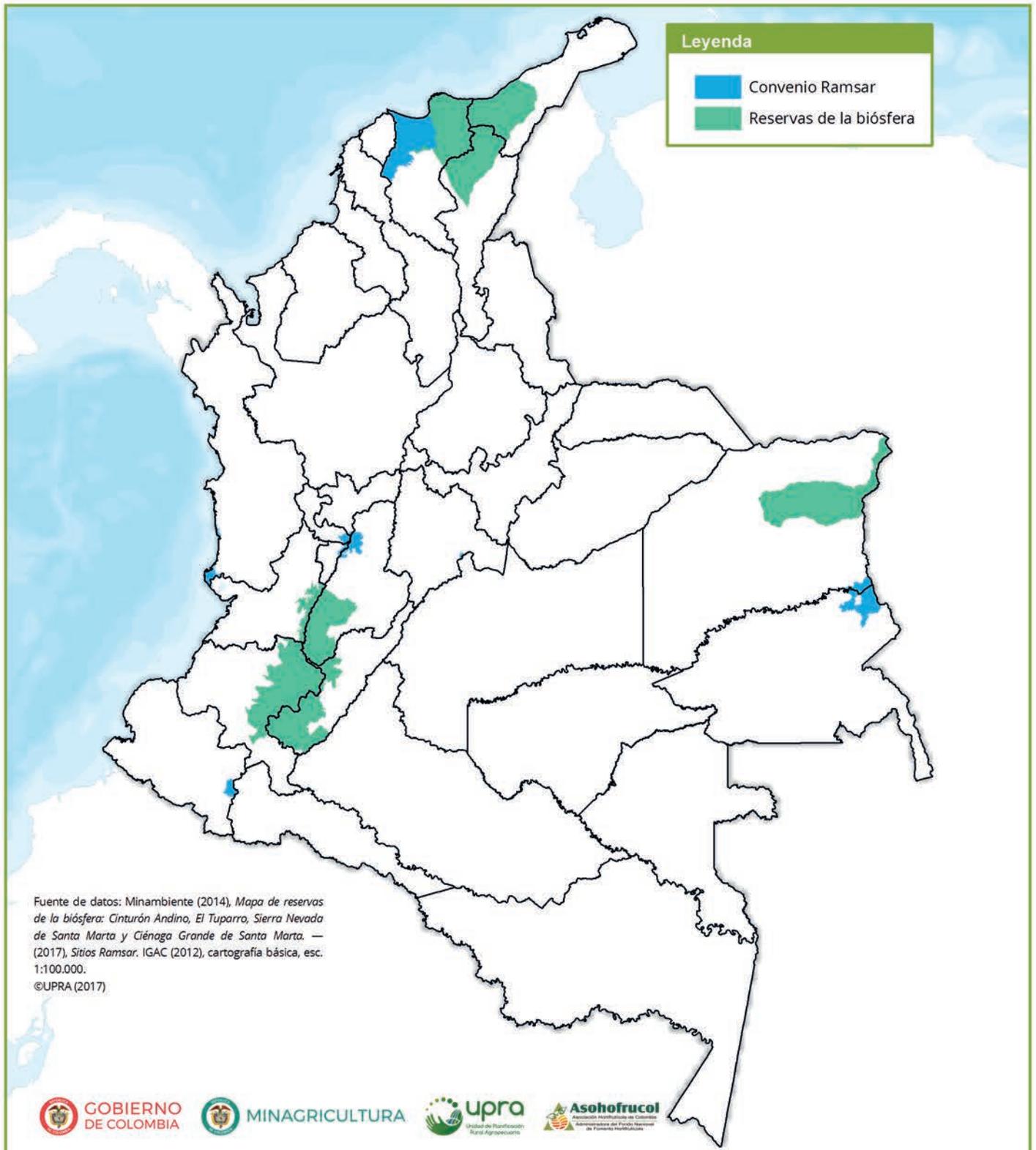
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2014). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2014). *Sitios Ramsar*. Bogotá: Minambiente.
- Unesco. (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). París: Unesco.

Fotografía: archivo UPRA



Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales
Distinciones internacionales

5.1.5 Variable áreas de interés cultural y social

| FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE | | |
|--|---|---|
| TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) | CULTIVO COMERCIAL DE AGUACATE VARIEDAD HASS | |
| CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES | | |
| TIPO DE CRITERIO ASOCIADO | ANÁLISIS JERÁRQUICO | |
| | CONDICIONANTE | ✓ |
| | EXCLUSIÓN TÉCNICA | |
| | EXCLUSIÓN LEGAL | |

Definición

Comprenden aquellas zonas delimitadas por el Estado para la protección de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan, así como los derechos sociales, económicos y culturales de los habitantes de las regiones que figuran bajo las categorías establecidas.

Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios.

Esta variable está conformada por las siguientes áreas:

Tierras de las comunidades negras: son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5 de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».

Áreas de reserva Ley 70: de acuerdo con el artículo 1 de la Ley 70 de 1993, «la presente Ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y el derecho a la propiedad colectiva. Asimismo, tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana».

Zonas de reserva campesina: el artículo 80 de la Ley 160 de 1994 define: «son Zonas de Reserva Campesina, las áreas geográficas seleccionadas por la Junta Directiva del INCORA, teniendo en cuenta las características agroecológicas y socioeconómicas regionales. En los reglamentos respectivos se indicarán las extensiones mínimas y máximas que podrán adjudicarse, determinadas en Unidades Agrícolas Familiares, el número de estas que podrá darse o tenerse en propiedad, los requisitos, condiciones y obligaciones que deberán acreditar y cumplir los ocupantes de los terrenos.

En las Zonas de Reserva Campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento

ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción».

Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen y, conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una o más comunidades indígenas que, con un título de propiedad colectiva que goza de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Artículo 21, Decreto 2164 de 1995).

Paisaje cultural cafetero: de acuerdo con la Resolución 2079 del 7 de octubre de 2011 del Mincultura, se define: «Artículo 1. Reconocer el PAISAJE CULTURAL CAFETERO como Patrimonio Cultural de la Nación y como bien inscrito en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO, que consiste en un territorio compuesto por zonas de especial interés arqueológico, histórico y cultural. Artículo 2. Delimitar como área reconocida como Patrimonio Cultural de la Nación el área principal y el área de influencia del Paisaje Cultural Cafetero de acuerdo con el plano y las coordenadas que se indican en el documento que hace parte de la presente resolución. Artículo 3. Velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del Paisaje Cultural Cafetero en la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO».

Áreas arqueológicas protegidas: en concordancia con lo establecido en el artículo 6 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3 de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 56 del Decreto Nacional 763 de 2009, el ICANH podrá declarar áreas protegidas en las que existan bienes arqueológicos, sin que dicha declaratoria afecte la propiedad del suelo, si bien este queda sujeto al plan de manejo arqueológico que apruebe dicha entidad.

En las áreas de influencia arqueológica y los planes de manejo arqueológico se determinarán los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación para estos bienes; dichas zonas de influencia arqueológica y planes de manejo serán aprobados por el ICANH, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3 de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009.

Dado lo anterior, cualquier actividad productiva debe tener unas consideraciones y revisiones previas. Estas áreas de condicionantes legales incluyen solamente las áreas arqueológicas protegidas.

Importancia de la variable para el cultivo

Esta variable condiciona la implementación de desarrollos productivos en áreas donde se encuentran estas áreas de interés cultural y social, en zonas con aptitud para el cultivo.

De acuerdo con el Decreto 1320 de 1998 del Ministerio del Interior, se deberá

surtir un proceso de consulta previa antes de la formulación de proyectos de inversión; en concordancia, es necesario revisar la necesidad de consulta previa para el desarrollo de actividades productivas en aquellas zonas que se identifiquen aptas para el cultivo y coincidan con áreas donde existan resguardos indígenas y consejos comunitarios. 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 o ser socializados con la comunidad y demás entes territoriales competentes en el marco de una audiencia pública, según lo establecido en el Acuerdo 021 de 1996 del Incora.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

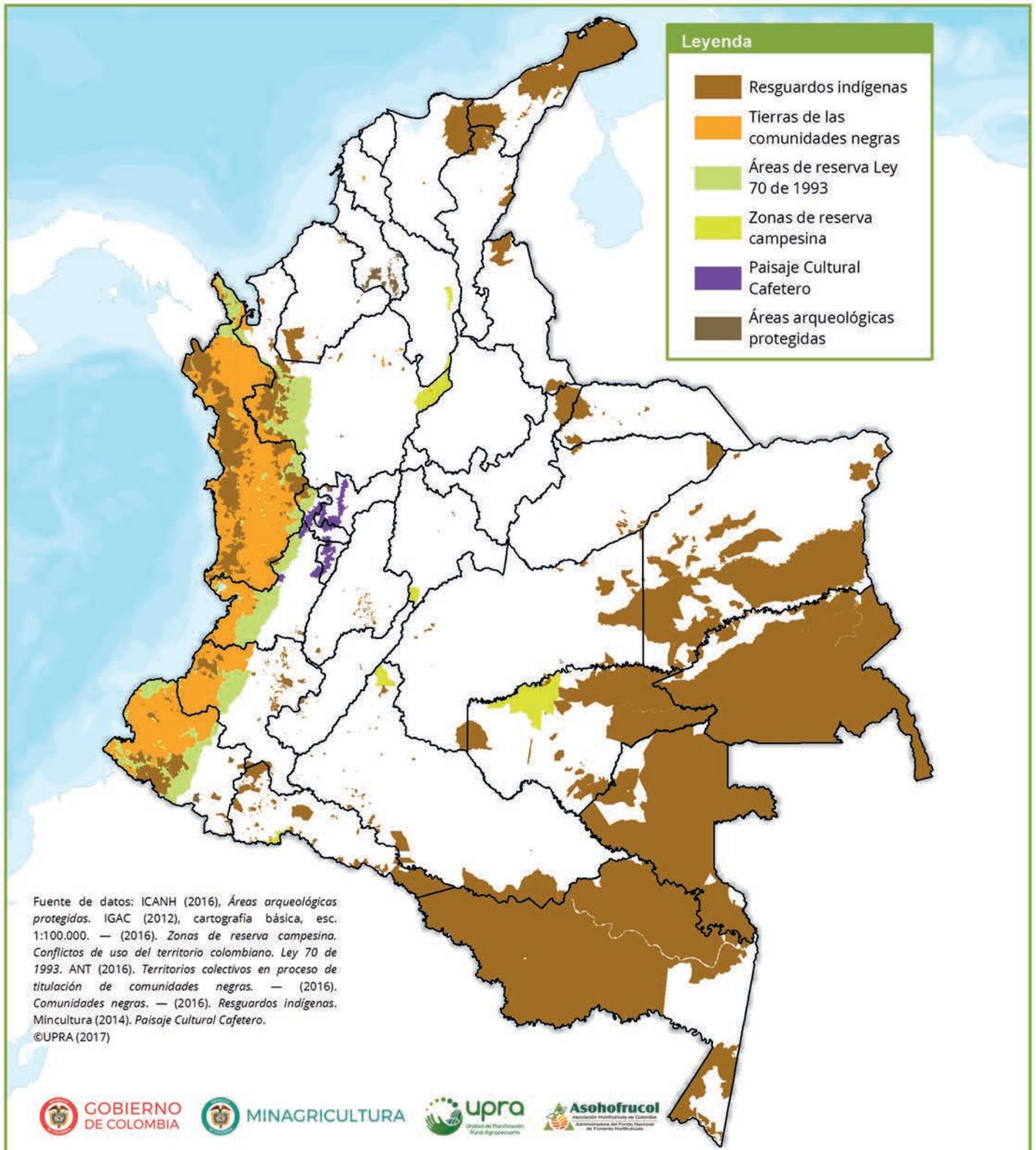
No se contemplan resguardos indígenas ni zonas de reserva campesina que no han sido reconocidos ni espacializados por el Incoder.

El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de consulta ante la pretensión de implementar desarrollos productivos futuros en territorios donde existan zonas de reserva campesina en proceso de constitución, ampliaciones de resguardos indígenas en curso o áreas con ocupación ancestral por parte de comunidades negras.

Fuentes de información

- ICANH. (2015). *Áreas arqueológicas protegidas*.
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993*.
- —. (2015). *Comunidades negras*.
- —. (2015). *Resguardos indígenas*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano*. Bogotá: IGAC.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero*.

Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales
Áreas de interés cultural y social

