CULTIVO COMERCIAL DE

MAÍZ

tecnificado de clima cálido

Identificación de zonas aptas para Colombia, escala 1:100.000

CULTIVO COMERCIAL DE MAÍZ TECNIFICADO DE CLIMA CÁLIDO

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS EN COLOMBIA

A ESCALA 1:100.000

Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000

Iván Duque Márquez
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
Andrés Rafael Valencia Pinzón
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Javier Pérez Burgos
Viceministro de Desarrollo Rural

Marcela Urueña Gómez
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

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

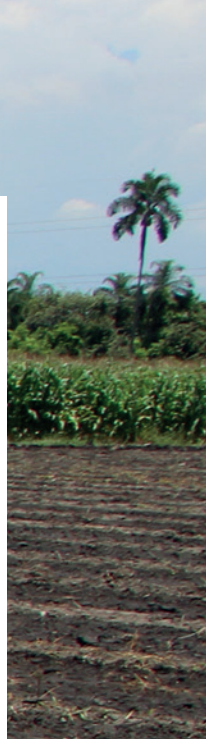
Mercedes Vásquez de Gómez
Secretaria general

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



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). «Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000». Bogotá:

UPRA.

ISBN: 978-958-5552-36-4

© UPRA, 2018

Directores temáticos
Felipe Fonseca Fino
Daniel Alberto Aguilar Corrales

Autores
Daniel Alberto Aguilar Corrales
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Javier Otero García
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Óscar Geovani Martínez Cortés
Mario Porfirio Rolón Montoya
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Julián David Ayala Pinzón
Adriana Marcela Porras Rey
Henry Gaitán Urrea

Compiladores
Yesid Yucumá Castillo
Mario Porfirio Rolón Montoya

Revisores temáticos
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Pedro David Porras Rodríguez

Representación cartográfica
Daniel Mauricio Rozo Garzón
Luz Mery Gómez Contreras
Fernando Antonio Castillo Jiménez
Edward Alejandro Moreno Bojacá
Jaime Andrés Unriza Vargas
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
Jaime Alberto Ferix Erazo

Fotografías
Banco de imágenes de la UPRA

TABLA DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES 20
1.1. ANTECEDENTES SOBRE LA ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ EN COLOMBIA 20
1.2. CONTEXTO SECTORIAL 24
1.2.1. El cultivo de maíz 24
1.2.1.1 Clasificación taxonómica 25
1.2.1.2. Descripción botánica 25
1.2.1.3. Origen y genotipos para Colombia. 26
1.2.1.4. Aspectos fitosanitarios 27
1.2.1.5. Recomendaciones de manejo 30
1.2.1.5.1. Previo a la siembra 30
1.2.1.5.2. Durante el desarrollo del cultivo 32
1.2.1.5.3. Durante la cosecha y la poscosecha 34
1.2.2. Contexto mundial. 34
1.2.2.1. Dinámica de mercados en el ámbito global 34
1.2.3. Contexto nacional 35
1.2.3.1. Importancia económica 36
1.2.3.2. Importancia ambiental 37
1.2.3.3. Principales zonas de producción de maíz en Colombia 37
1.2.3.4. Dinámica del mercado nacional 38
1.2.3.5. Precios del maíz 38
1.2.3.6. Dinámica del consumo nacional 39
1.2.3.7. Dinámica importadora 40
1.3. MARCO POLÍTICO. 41
1.4. MARCO NORMATIVO 42
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES. 44
2. MARCO CONCEPTUAL. 46

3. METODOLOGÍA 50
3.1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT) 52
3.1.1. Requerimientos del cultivo 52
3.1.2. Empleo y caracterización de los productores de maíz 53
3.1.3. Descripción de la cadena del maíz 54
3.1.4. Impactos ambientales y sociales asociados con la cadena del maíz 55
3.1.5. Impactos sociales asociados con el cultivo de maíz 60
3.2. CRITERIOS DE ANÁLISIS JERÁRQUICO 61
3.2.1. Criterios y variables del componente físico 61
3.2.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 70
3.2.3. Criterios y variables del componente socioeconómico 73
3.3. RANGOS DE APTITUD Y EXCLUSIONES TÉCNICAS 80
3.4. EXCLUSIONES LEGALES Y CONDICIONANTES LEGALES 90
3.5. ANÁLISIS MULTICRITERIO 98
3.5.1. Proceso analítico jerárquico 98
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico. 98
3.6. ANÁLISIS ESPACIAL Y MODELOS CARTOGRÁFICOS 102
3.7. PROCESO DE VALIDACIÓN DE LOS MAPAS 110
3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva del maíz 110
3.7.2. Validación en campo 112
4. RESULTADOS 114
4.1. PRIMER SEMESTRE AGRÍCOLA 114
4.2. SEGUNDO SEMESTRE AGRÍCOLA 120
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 126
6. BIBLIOGRAFÍA 128
7. ANEXOS 140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción y consumo de maíz en el mundo (millones de t) 35
Cuadro 2. Producción nacional de maíz (2017) 36
Cuadro 3. Área, producción y rendimiento de maíz en Colombia (2014-2017) 36
Cuadro 4. Área, producción y rendimiento de maíz amarillo y blanco en Colombia (2014-2017) 37
Cuadro 5. Precios del maíz amarillo y blanco en Colombia (2010-2017) 39
Cuadro 6. Consumo de maíz en Colombia (t) (2010-2014) 39
Cuadro 7. Importaciones de maíz a Colombia (t) (2010-2017) 40
Cuadro 8. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz en Colombia 41
Cuadro 9. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz en Colombia 42
Cuadro 10. Participación del cultivo tecnificado de maíz en el empleo agrícola en Colombia (2010-2013) . . 53
Cuadro 11. Índice de empleo agrícola generado por el cultivo de maíz en Colombia 54
Cuadro 12. Clasificación de productores por área sembrada 54
Cuadro 13. Fichas de manejo ambiental para el cultivo de maíz 55
Cuadro 14. Posibles impactos negativos sobre el suelo, causados por actividades agrícolas 58
Cuadro 15. Criterios y variables del subcomponente climático 62
Cuadro 16. Criterios y variables del subcomponente edáfico 63
Cuadro 17. Criterios y variables del subcomponente fitosanitario 69
Cuadro 18. Criterios y variables del componente socioecosistémico 72
Cuadro 19. Criterios y variables del componente socioeconómico 76
Cuadro 20. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 80
Cuadro 21. Rangos de aptitud de las variables definidas desde el componente físico 80
Cuadro 22. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico 83
Cuadro 23. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico 85
Cuadro 24. Criterios de exclusión legal 91
Cuadro 25. Condicionantes legales 93
Cuadro 26. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico 98
Cuadro 27. Esquema de la matriz de comparación multicriterio 99
Cuadro 28. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 100
Cuadro 29. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 101
Cuadro 30. Áreas resultantes de la zonificación para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola 116
Cuadro 31. Áreas aptas por departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz de clima cálido. Primer semestre agrícola 117
Cuadro 32. Áreas resultantes de la zonificación para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola 122
Cuadro 33. Áreas aptas por departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de maíz de clima cálido. Segundo semestre agrícola 122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de precipitación para el cultivo de maíz, Tolima-Huila 21
Figura 2. Mapa de déficit hídrico para el cultivo de maíz, Tolima-Huila 22
Figura 3. Aspectos morfológicos de la planta de maíz 25
Figura 4. Zonas de producción de maíz tecnificado por departamento en Colombia 38
Figura 5. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 46
Figura 6. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 50
Figura 7. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 51
Figura 8. Descripción general de la cadena de maíz 54
Figura 9. Distribución porcentual de la huella hídrica total del sector agrícola de Colombia 60
Figura 10. Criterios y variables del componente físico 61
Figura 11. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica 70
Figura 12. Criterios y variables del componente socioecosistémico 71
Figura 13. Criterios y variables del componente socioeconómico 75
Figura 14. Mapa de exclusiones legales para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 92
Figura 15. Mapa de condicionantes legales para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 97
Figura 16. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud 102
Figura 17. Modelo cartográfico integral 104
Figura 18. Modelo cartográfico del componente físico 106
Figura 19. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico 107
Figura 20. Modelo cartográfico del componente socioeconómico 108
Figura 21. Modelo cartográfico de exclusiones legales 109
Figura 22. Modelo cartográfico de condicionantes legales 109
Figura 23. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud 110
Figura 24. Registro fotográfico del taller de socialización en Fenalce en Cota (Cundinamarca) 111
Figura 25. Registro fotográfico de los recorridos de campo de la zonificación del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 112
Figura 26. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, escala 1:100.000. Primer semestre agrícola . 115
Figura 27. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola 118
Figura 28. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola 119
Figura 29. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, escala 1:100.000. Segundo semestre agrícola 121
Figura 30. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola 124
Figura 31. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola 124

LISTA DE ABREVIATURAS

ABA	Alimentos balanceados para animales
AC	Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACES	Área de concentración de especies sensibles
Agrosavia	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica hasta el 22 de mayo de 2018)
AHP	Proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process)
AICA	Áreas de importancia para la conservación de aves
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
APC	Áreas prioritarias de conservación
CAN	Comunidad Andina
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CIF	Coste, seguro y flete, puerto de destino convenido (Cost, Insurance and Freight)
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia desde el 22 de mayo de 2018)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DCS	Distrito de conservación de suelos
DEM	Modelo digital de elevación (Digital Elevation Model)
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 Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
Fenalce	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FOB	Libre a bordo (Free On Board). Cláusula de comercio internacional
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
Incora	Instituto Colombiano para la Reforma Agraria
IPM	Índice de pobreza multidimensional
IRH	Índice de retención y regulación hídrica
ISA	Incentivo al Seguro Agropecuario

ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IUA	Índice de uso de agua
LEC	Línea especial de crédito
m s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
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
Mincomercio	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
Mincultura	Ministerio de Cultura
Mineducación	Ministerio de Educación Nacional
Mintransporte	Ministerio de Transporte
OGM	Organismos genéticamente modificados
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	Plan Nacional de Reactivación Agropecuaria
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
Runap	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SAFP	Sistema Andino de Franja de Precios
SAT	Sociedades agrarias de transformación
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC	Sistema Geológico Colombiano
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
Sicex	Sistema de Comercio Exterior
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
UARIV	Unidad para la Atención y Reparación Integral a la Víctimas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
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
m^3	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

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, teniendo en cuenta los 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 medio ambiente (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.

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 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, 2010b).

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).

RESUMEN

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz (Zea mays L.) tecnificado de clima cálido 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 que lleva a cabo la UPRA, encaminados a orientar la inversión del sector agropecuario.

El documento contiene seis secciones: la primera plantea unos antecedentes del sector, en términos de su importancia en el ámbito internacional y nacional, las zonificaciones existentes y los 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 y 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; la cuarta contiene los resultados de la zonificación, plasmados en los mapas semestrales de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido; la quinta presenta las conclusiones y recomendaciones; y en la sexta, se relacionan las fuentes de información bibliográfica. 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 obtuvieron los mapas semestrales de zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. En estos mapas se determinó que, para el primer semestre agrícola, se tienen 18.226.629 hectáreas (ha) aptas para el desarrollo del cultivo, lo que equivale al 16,0 % del territorio del país; de las cuales, el 3,9 % corresponde a una aptitud alta (A1), el 6,8 %, a aptitud media (A2) y el 5,2 %, a aptitud baja (A3). Para el segundo semestre agrícola, se dispone de 18.169.599 ha aptas para el desarrollo del cultivo, lo que equivale al 15,9 % del territorio continental del país; de las cuales, el 3,8 % corresponde a una aptitud alta (A1), el 6,9 %, a aptitud media (A2) y el 5,2 %, a aptitud baja (A3).

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

PRÓLOGO

En aras de plantear soluciones y promover en Colombia un sector agropecuario moderno y competitivo, deben generarse alternativas viables e integrales con base en lineamientos, criterios e instrumentos técnicos que permitan el desarrollo del sector. Lo anterior requiere cambios de tipo tecnológico y una renovada gestión del conocimiento, lo que implica una inteligencia de mercados, así como la comprensión de los volúmenes, las calidades y las frecuencias de la oferta y la demanda de los productos agropecuarios; adicionalmente, se deben entender las dinámicas globales y nacionales, que marcan una fuerte ruta hacia la trazabilidad y certificación de productos, en el marco de la seguridad alimentaria y la responsabilidad social y ambiental.

Actualmente, en el ámbito nacional, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura) enfrenta serios desafíos —que generan desequilibrios de carácter económico, social y ambiental— por medio de una política de ordenamiento productivo, en la cual la aptitud del suelo es fundamental para lograr superarlos.

A partir de esta situación —y con el fin de orientar las áreas donde se puede promover la productividad del cultivo bajo condiciones de sostenibilidad y desarrollo competitivo—, la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce) y la UPRA participaron en la elaboración de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, la cual debe entenderse como una herramienta fundamental para organizar el campo y brindar a los productores, a los gremios y a los inversionistas que quieran incursionar en este cultivo, un instrumento práctico que aporte al ordenamiento productivo nacional, departamental y municipal. La zonificación contribuye a orientar la formulación, la ejecución y la focalización de políticas públicas e instrumentos para el sector.

De acuerdo con Minagricultura (2014), el cultivo del maíz en Colombia participa en el 13 % del área agrícola, y tiene gran importancia socioeconómica y de seguridad alimentaria por ser el primer cultivo de ciclo corto con presencia en 250 municipios. El 65 % del área sembrada con maíz se concentra en los departamentos de Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca y Cesar. De esta manera, el subsector del maíz tecnificado se caracteriza por ser uno de los más dinámicos en el país.

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, 2015), 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 Ley 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, dejando subordinados, y hasta olvidados, los procesos socioecosistémicos, sociales, culturales y políticos, fundamentales en la planificación integral del territorio, y la definición de políticas más acordes con el medio geográfico.

Con base en lo anterior, surgió la necesidad, por parte de la UPRA, de proponer diferentes zonificaciones para el sector agropecuario y forestal, abordadas 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 realizó la zonificación forestal con fines comerciales para Colombia, con base en el enfoque de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) en lo relativo a su forma de aplicación. En esta se incorporaron los aspectos socioecosistémicos, socioeconómicos (referidos a la competitividad de las áreas), así como los de política y gobernabilidad. De igual manera, 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 seis cadenas productivas a escala 1:100.000, entre ellas la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz (*Zea mays L.*) tecnificado de clima cálido, la cual contó, en sus diferentes fases, con la activa participación de Fenalce y de los otros actores de la cadena productiva, 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 maíz tecnificado de clima cálido 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 maíz tecnificado de clima cálido, a escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en seis capítulos: en el primero, se desarrolla un contexto general, que incluye la importancia económica del subsector maicero, 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 de los mapas de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas; el cuarto capítulo contiene los resultados obtenidos que identifican las áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. En los dos últimos capítulos, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proceso de zonificación 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 cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia.

De esta manera, la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA, lo que fortalece el desarrollo de las políticas del sector, permite priorizar la consolidación de posibles núcleos productivos y orienta las 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. ANTECEDENTES

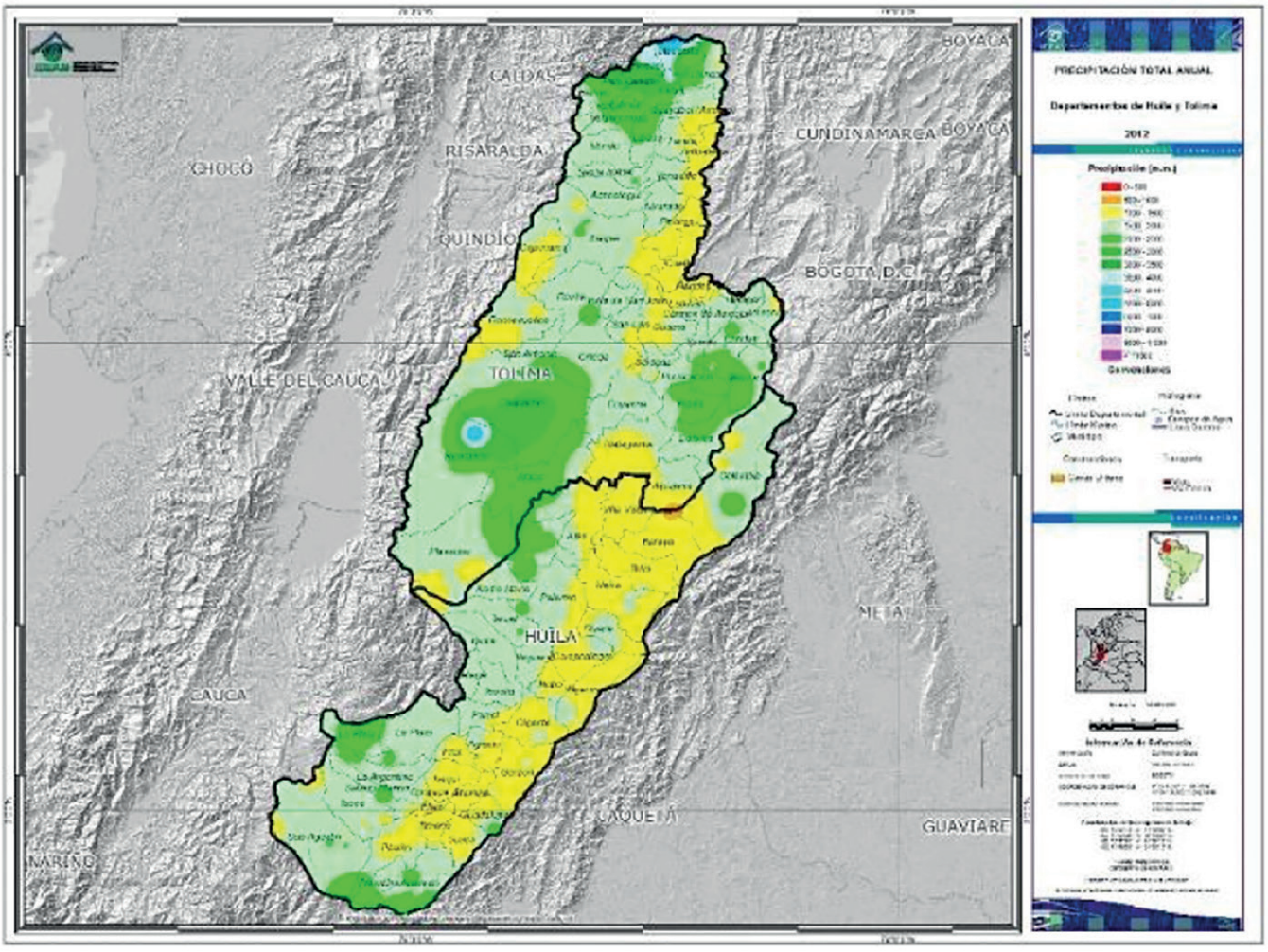
1.1. ANTECEDENTES SOBRE LA ZONIFICACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ EN COLOMBIA

Se realizó una caracterización agroclimática de los departamentos del Huila y Tolima, y un análisis de amenazas en la zona maicera (Gómez, 2012). Allí, se hizo una revisión bibliográfica de los diferentes estudios realizados enfocados al manejo agrícola en la región, las visitas de campo a la zona y se recopiló la información meteorológica de las estaciones existentes, por medio del análisis de diferentes variables climatológicas.

La zonificación del cultivo de maíz tomó como referencia la división política departamental; en cada departamento se distinguieron algunas zonas, teniendo como criterios de diferenciación la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la precipitación pluvial anual, y algunas propiedades físicas y químicas de los suelos.

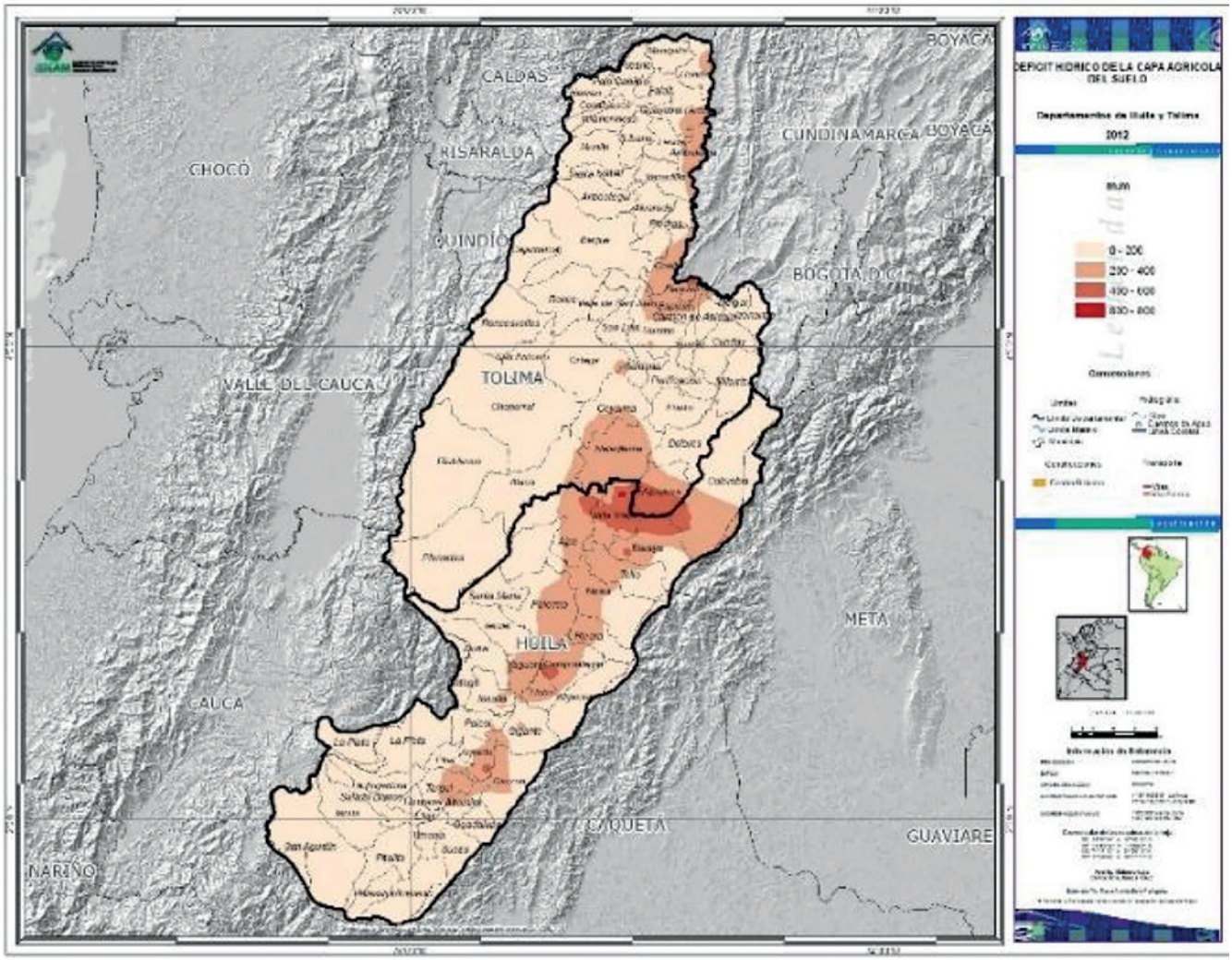
Lo anterior permitió establecer las condiciones climáticas predominantes en los departamentos estudiados, calcular los balances hídricos agrícolas para determinar la demanda de riego, y efectuar un análisis de la variación espacial y temporal de las precipitaciones, las temperaturas, el brillo solar y la humedad relativa, entre otros, así como detectar la influencia de los fenómenos ENSO (El Niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés). Los resultados cartográficos de la precipitación y el déficit hídrico se muestran en las figuras 1 y 2.

Figura 1. Mapa de precipitación para el cultivo de maíz, Tolima-Huila



Fuente: Gómez (2012).

Figura 2. Mapa de déficit hídrico para el cultivo de maíz, Tolima-Huila



Fuente: Gómez (2012).

1.2. CONTEXTO SECTORIAL

1.2.1. El cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los granos alimenticios más antiguos de la humanidad (Paliwal, 2001). El término maíz se deriva de la palabra caribe-arahuaca *mahiz* (Purseglove, 1972, citado por Grande y Orozco, 2013). Era un alimento básico de las culturas americanas muchos siglos antes de la llegada de los europeos a América y se dice que fue llevado al viejo continente por Cristóbal Colón. Se presume, también, que los cuatro grupos indígenas más importantes que habitaron el territorio lo conocían y lo aprovechaban en todas sus formas (Fenalce, 2010). En Colombia, se tienen indicios de la presencia de este cultivo en el valle del Alto Magdalena, donde pudo estar su centro de domesticación.

La planta de maíz puede ser utilizada como alimento en distintas etapas del desarrollo. Las mazorcas jóvenes del maíz, antes de la floración, son utilizadas como hortalizas; las tiernas de maíz dulce y las verdes, o en estado de grano pastoso, se usan asadas o hervidas. La planta en estado vegetativo proporciona forraje para el ganado. El grano seco se usa para el consumo humano o animal y para la industrialización, incluyendo la obtención de etanol (Fenalce, 2010).

De acuerdo con la Gobernación de Antioquia (2015), en la transformación industrial del grano de maíz se utilizan los métodos de molienda húmeda y molienda seca. En la primera se extraen almidón del grano, aceite de maíz, dextrinas, dextrosa, mieles, malto dextrinas y pirodextrinas; en la segunda se obtienen maíz molido y trillado, sémola, harinas, aceite y algunos residuos.

El maíz se siembra en 135 países, debido a sus grandes bondades y multitud de usos, y se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales en el mundo por su producción, que supera al trigo y al arroz (Fenalce, 2010). La diversidad de los ambientes en los que se planta es muy superior que la de cualquier otro cultivo. Aunque se originó y evolucionó en la zona tropical y subtropical, hoy en día se cultiva desde 58° de latitud norte (en Canadá y Rusia), hasta 40° de latitud sur (en Argentina y Chile). La mayor parte del maíz se halla a altitudes medias, pero también se encuentra por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3800 m s.n.m. en la cordillera de los Andes, en Perú y Bolivia (Fenalce, 2010).

Se estima que, en el periodo 2009-2010, se produjeron en el mundo 795,9 millones de t de maíz. El 90 % estuvo representado por maíz amarillo y el restante por maíz blanco. En este sentido, ocupa el segundo lugar en área de siembra en el mundo, con alrededor de ciento cuarenta millones de ha, y su comercialización en el mercado internacional es de más de noventa millones de t al año (Fenalce, 2010).

Mundialmente, cerca del 66 % del total de grano cosechado se destina a la alimentación de animales, el 20 % es consumido directamente, el 8 % es usado como materia prima para producir alimentos y otros productos, y un 6 % se utiliza para semilla o se pierde. En los países industrializados, cerca del 70 % de la producción de maíz se dedica a la alimentación de animal; en los países en desarrollo el uso del maíz como alimento animal solo llega al 20 %, mientras que el 80 % se destina al consumo humano e industrial (Gobernación de Antioquia, 2015).

En Colombia, el maíz ocupa uno de los renglones más importantes de la producción agrícola y ha sido el cultivo colonizador en muchas regiones. Se adapta a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas: desde La Guajira hasta el Amazonas y desde la costa pacífica hasta los Llanos Orientales; desde el nivel del mar hasta los 3000 m s.n.m., en situaciones contrastantes y con precipitaciones desde 300 mm/año en La Guajira hasta 10.000 mm/año, en Chocó.

El cultivo del maíz se maneja de acuerdo con las condiciones socioeconómicas de cada zona agroecológica. Se siembra principalmente como monocultivo y, en menor parte, en asocio con fríjol, ñame y arveja; en relevo con fríjol y papa; e intercalado con yuca, caña, café y otros cultivos perennes en su etapa de establecimiento.

Dentro de las diferentes formas de cultivo que existen en el país, se consideran dos grandes sistemas de producción: el tecnificado y el tradicional. El sector tecnificado generalmente se ubica en zonas con buena oferta ambiental y usa mecanización, semillas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas, con rendimientos que van de 4,5 a 11 t/ha. En varias zonas del Valle del Cauca, Córdoba, Meta, Huila, Tolima y la zona cafetera, los rendimientos superan las 7 t/ha.

Por su parte, el sector tradicional está localizado tanto en zonas planas como de ladera, con suelos de mediana a baja fertilidad y en ambientes con déficit de precipitación pluvial. El agricultor cultiva menos de 10 ha, y el uso de semillas mejoradas y fertilizantes es bajo, con rendimientos promedio de 1,8 t/ha.

En Colombia se cultivan dos tipos de maíz: amarillo y blanco. El amarillo se usa principalmente para el consumo animal e industrial y una pequeña parte para el

consumo humano; el blanco se usa exclusivamente para el consumo humano.

1.2.1.1. Clasificación taxonómica

El maíz (*Zea mays L.*) pertenece al reino vegetal, subreino: Embriobionta, división: Angiospermae, clase: Monocotyledoneae, orden: Poales, tribu: Maideas, familia: Poaceae (gramineae), género: Zea, especie: mays. Nombre científico: *Zea mays L.*

Esta es una planta completamente domesticada que ha evolucionado desde tiempos remotos; el maíz no crece en forma silvestre y no puede sobrevivir en la naturaleza sin los cuidados humanos (Fenalce, 2010).

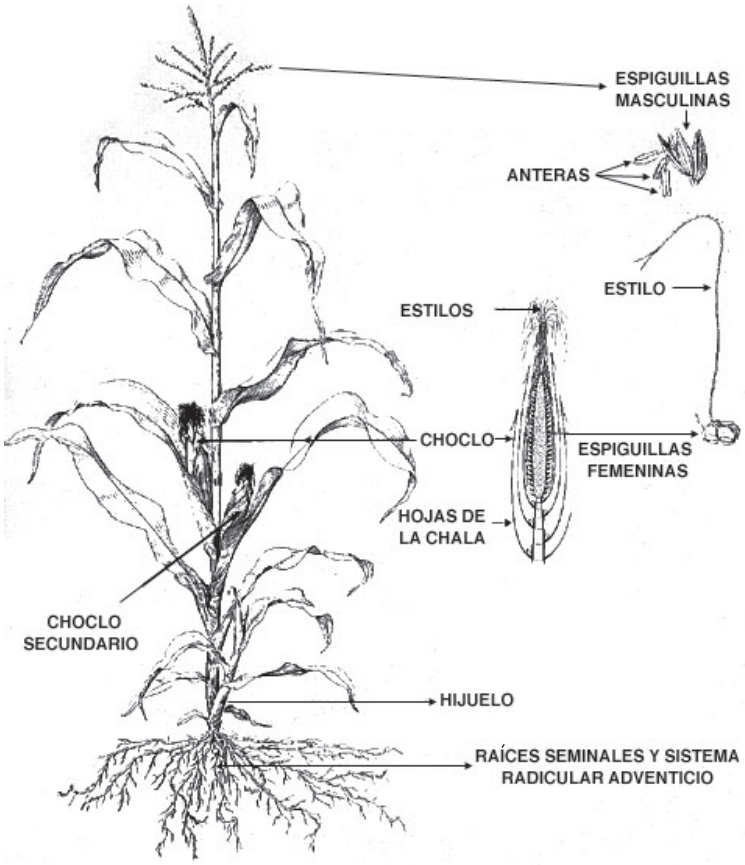
1.2.1.2. Descripción botánica

A pesar de las extensivas búsquedas de otras formas silvestres del maíz, no se ha encontrado alguna que se le asemeje. Mientras que los cereales del viejo mundo tienen variedades silvestres que se preservan en la naturaleza, el maíz es conocido solamente por la especie cultivada *Zea mays*.

De acuerdo con Ospina (1999), la *Z. mays* es una planta anual, monoica (las flores masculinas y femeninas se encuentran en sitios diferentes de la planta) de gran desarrollo vegetativo, de hasta 5 m de altura (normalmente de 2,0 m a 2,5 m); el sistema de raíces es fasciculado y extenso, conformado por raíces primarias (emitidas por la semilla, comprende la radícula y las raíces seminales), raíces principales o secundarias (que constituyen la mayor parte del sistema, conformadas a partir de la corona por encima de las raíces primarias) y raíces aéreas o adventicias (que nacen en los nudos de la base del tallo sobre la corona).

El tallo es nudoso y macizo y su grosor disminuye de abajo hacia arriba; es un órgano que transporta agua y nutrientes desde la raíz hacia la parte aérea y fotoasimilados desde las hojas hacia el resto de la planta. Las hojas son alargadas y abrazadoras de 4 cm a 10 cm de ancho y de 35 cm a 50 cm de largo en número total de 15 a 30 por planta (figura 3).

Figura 3. Aspectos morfológicos de la planta de maíz



Fuente: <http://www7.uc.cl/sw_educ/hortalizas/imagenes/choclo/caract_organo_f.jpg:>

Las flores masculinas o espiguillas tienen de 6 mm a 8 mm, y se agrupan en una espiga terminal de aspecto plumoso. Las flores femeninas se disponen en panojas que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta; están constituidas por espiguillas que se juntan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas por donde salen los estilos a manera de cabellera que sobresalen por el extremo de la mazorca. Cada flor femenina fecundada origina un fruto en forma de grano de color blanco, amarillo o púrpura.

El maíz es una planta alógama de polinización cruzada por el viento; las espigas liberan fácilmente polen y los estigmas (o cabellos de la mazorca) son grandes y bien expuestos, lo que garantiza una alta polinización. En la época de liberación del polen de las espigas, la influencia de las altas temperaturas, la baja humedad relativa o los excesos de lluvia puede llegar a afectar su viabilidad y dispersión.

El grano de maíz es utilizado tanto en la alimentación humana como animal, y con este se obtienen numerosos productos a partir de las distintas variedades botánicas cultivadas; entre las más importantes se destacan las siguientes:

- *Zea mays* var. *indentata* (Sturtev.) L.H. Bailey: es la variedad botánica más cultivada en el mundo; comúnmente se le conoce como maíz dentado (*dent corn*) debido a que, al madurar, sus granos presentan una depresión en el extremo distal. Su uso principal se asocia con la alimentación de aves y cerdos; estos maíces se usan también en la elaboración de ensilaje para ganado bovino y, en menor medida, como choclo para consumo humano.

- *Zea mays* var. *indurata* (Sturtev.) L.H. Bailey: o maíz cristalino (*flint corn*). Sus granos son córneos y duros, vítreos y de forma redondeada o ligeramente aguzada. Su uso está asociado con la alimentación de aves y cerdos y, en menor medida, con la elaboración de ensilaje para ganado bovino.

- *Zea mays* var. *saccharata* (Sturtev.) L.H. Bailey: maíz dulce (*sweet corn*), denominado así por el alto contenido de azúcar que presentan sus granos, lo cual, sumado a su textura y grosor del pericarpio, lo hace muy atractivo para el consumo humano en fresco, congelado o enlatado.

1.2.1.3. Origen y genotipos para Colombia

Antes de la investigación agropecuaria, los agricultores maiceros del país, con la herencia de los ancestros indígenas, desarrollaron muchos cultivares conocidos como variedades criollas, pertenecientes a las diferentes razas en que posteriormente se clasificaron los maíces colombianos. Los antepasados utilizaron variedades como el Kamuchasaín en La Guajira, el maíz más precoz de las colecciones colombianas; el Común en el viejo Caldas, Cauca y Valle del Cauca; el Montaña en las regiones antioqueñas de clima frío moderado; el Cacao en Santander y el Sabanero en el altiplano cundiboyacense, Tolima, Huila y otras regiones, por nombrar algunos de ellos.

Los colonizadores y trashumantes difundieron diferentes genes por medio de los granos, propiciando así la mezcla y aparición de nuevos genotipos. Para aquella época, el sistema quema–roza–tumba era la forma más típica de cultivo.

El mejoramiento del maíz en Colombia inició en 1934 en Palmira; posteriormente, la investigación se amplió a Armero y Medellín en la década de 1940. Hasta 1950 se habían seleccionado y mejorado 14 genotipos blancos y amarillos con recursos germoplásmicos colombianos y otros provenientes de Cuba y Venezuela. Las primeras variedades e híbridos obtenidos en Colombia fueron conocidos como Rocol y, más adelante, se denominaron Diacol. Tiempo después, se produjeron la variedad ETO (de genes criollos), el común blanco y varias colecciones caribeñas.

A inicios de la década de 1960, se inició la producción de materiales como Diacol H104 e ICA H154 para Córdoba, ICA H207 para el Valle del Cauca y la variedad ICA V552 para el altiplano cundiboyacense. Luego, se entregaron en Medellín los materiales ICA V503, ICA V553, ICA V106 e ICA H302. El ICA H402 se entregó para el oriente antioqueño y las zonas de clima frío moderado. En 1969, se comercializaron los maíces ICA H208 e ICA H255, primeros de alto valor nutritivo con el gen opaco-2. En 1971, se comercializó por primera vez un híbrido sencillo de dos líneas: el ICA HS209 en Palmira, Valle del Cauca.

Entre 1973 y 1983, el ICA entregó a los agricultores nueve variedades y cuatro híbridos para las diferentes zonas de producción, entre los que se destacan los híbridos ICA H211 (amarillo) e ICA H260 (blanco). A principios de la década de 1980, Fenalce y el ICA entregaron las variedades ICA V109 (amarillo) e ICA V156 (blanco), para el Caribe húmedo; al igual que las ICA V214 e ICA V261, para siembras intercaladas y diversificación en la zona cafetera del país. Por su parte, la ICA V214 fue la primera variedad con tolerancia al mildeo velloso que, en esa época, aún no se encontraba en el país.

De acuerdo con Leiva (2008), dentro de los maíces más sembrados en Colombia se encontraban, para la época, la variedad ICA V156; el híbrido sencillo Corpoica Turipaná H112, amarillo de clima cálido de alto contenido de lisina y triptófano con rendimiento potencial de 5,9 t/ha y ciclo vegetativo de 120 días; y el FNC 3056, adaptado a la zona cafetera y Valle del Cauca.

En el 2002, se entregan las variedades ICA V354 (blanca) y la ICA V305 (amarilla), que continúa siendo el material de mayor siembra en el país, principalmente en la zona cafetera. Poco después Fenalce, en colaboración del CIMMYT y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, obtuvo ocho nuevos híbridos debidamente aprobados por parte del ICA, de los cuales se comercializan cuatro para los climas medios y cálidos del país.

En las últimas décadas, se inició la introducción de híbridos foráneos producidos por diferentes empresas nacionales e internacionales que han contribuido en forma significativa en el mejoramiento de la productividad del cultivo en Colombia.

Recientemente, se han aprobado, para su comercialización organismos genéticamente modificados (OGM) que tienen incorporada la toxina de Bacillus thuringiensis (Bt) para el control de insectos plaga de la familia lepidóptera, y otros con resistencia a herbicidas como el glifosato y el glufosinato de amonio. En 2007 se sembraron las primeras 6000 ha de OGM y, para 2009, el área llegó a 16.793 ha, que correspondían, en esa época, al 10 % del área tecnificada del país.

1.2.1.4. Aspectos fitosanitarios

El maíz presenta diferentes organismos fitopatógenos que afectan a la planta en su parte aérea y subterránea, así como a los granos en condiciones de almacenamiento. Se destacan principalmente algunos insectos-plaga y enfermedades. Así mismo, las plantas arvenses se constituyen en un limitante de importancia económica dentro del manejo agronómico del cultivo, especialmente en su establecimiento.

A continuación, se describen las principales plagas del cultivo de maíz en Colombia, de acuerdo con los reportes de Ospina (1999) y Osorio *et al.* (2005):

- **Cogollero o gusano cogollero del maíz** (*Spodoptera frugiperda*): se considera el insecto de mayor importancia económica del maíz por su nivel de daño en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. La hembra oviposita unos trescientos huevos en forma de masa; después de dos a tres días, las larvas eclosionan y se ubican en el cogollo de las hojas donde causan el daño principal. La larva presenta entre seis y ocho estados larvales con una duración promedio de 15 a 27 días, para luego empupar en el suelo permaneciendo allí de ocho a diez días, después de los cuales emerge el adulto.

  La larva actúa como trozador del tallo de las plántulas o como cogollero, lo que causa raspaduras en los espacios tiernos de las hojas no verdaderas localizadas en el cogollo, y de las hojas jóvenes que se preparan para salir. Al completar su desarrollo, ocasionan un daño cercano al 80 %; las larvas de segundo y tercer ínstar producen un hilo de seda que, con la ayuda del viento, les permite descolgarse y dispersarse en el cultivo. La plaga también puede consumir granos en la etapa de llenado y maduración.

- **Bellotero** (*Helicoverpa zea* y *Heliothis zea*): los huevos son colocados en los pelos de la mazorca tierna, en la mayoría de los casos, de manera individual; son oblongos, estriados de color crema, si son recién puestos, o amarillentos, antes de la eclosión de las larvas; la incubación dura entre tres y cinco días. Se pueden desarrollar de cinco a seis ínstares larvales, de los cuales el último ocasiona el mayor daño. El color de las larvas varía entre verde, crema o rosado; poseen una línea blanca longitudinal en el dorso y varias líneas supraespiraculares oscuras. Las larvas duran entre 10 y 23 días y, recién emergidas, roen los pelos e inician su distribución en el cultivo; penetran y barrenan las mazorcas por la parte media o en la inserción de estas y consumen los granos, lo que también ocasiona un daño indirecto debido al efecto de organismos fitopatógenos. Las pupas duran de 10 a 15 días hasta cuando emerge el adulto.

- **Barrenador del tallo** (*Diatraea saccharalis*): el adulto es una polilla de color crema, con una envergadura de unos 20 mm, que vive de cuatro a seis días. La hembra oviposita masas de 50 huevos, principalmente en la nervadura central de la hoja del tercio medio; estos tienen forma de escamas de aproximadamente 1 mm, son de color crema y naranja intenso cerca de la eclosión, y duran de tres a cinco días. Las larvas duran de 18 a 25 días; recién nacidas presentan cabeza oscura de mayor tamaño que el cuerpo, con puntos negros muy marcados en todos los segmentos. Cuando la larva madura es de color crema intenso con cuatro puntos oscuros en forma de trapecio sobre la parte dorsal de cada segmento. Posteriormente, empupa

dentro del tallo y dura de ocho a diez días en estado de pupa, tiempo después del cual genera un adulto.

Las larvas recién eclosionadas se alimentan de las hojas sin expandirse y dejan una hilera de pequeños orificios, los cuales son visibles cuando la lámina foliar se expande. De igual manera, actúan como barrenadores de tallos, los cuales, en ocasiones, afectan el punto de crecimiento, lo que hace a la planta susceptible al volcamiento o incluso le causa la muerte (corazón muerto). En la etapa de floración, las larvas se alimentan de las espigas hasta perforar el tallo, lo que causa la quemadura de la planta y su volcamiento. Durante el llenado y la maduración del grano pueden barrenar las mazorcas, lo que permite el ingreso de patógenos y plagas secundarias al grano.

- **Falso medidor de maíz** (*Mocis latipes*): plaga ocasional de las zonas costeras que causa daños en las etapas de prefloración y floración del cultivo. Las pérdidas en rendimiento son muy fuertes por la voracidad del insecto y por las grandes poblaciones que defolian completamente las plantas. La hembra coloca grupos de 40 a 60 huevos, cerca de la vena central en el envés de las hojas. Las larvas, que miden de tres a cuatro cm de longitud, son de color café rojizo o claro, con las bandas torácicas negras y rayas longitudinales amarillas y cafés en la cabeza y el cuerpo. Empupan en la misma planta o en las plantas vecinas en hojas dobladas o entretejidas. El adulto es de color café a gris oscuro, con manchas en el centro de las alas anteriores. Los hospederos alternos del falso medidor son plantas gramíneas de los géneros Cynodon, Digitaria y Cenchrus.

Por otra parte, las principales enfermedades que afectan el cultivo del maíz en Colombia son de origen fungoso. Se encuentran diseminadas en todo el país y su aparición está relacionada especialmente con las condiciones ambientales, la fuente de inóculo y la susceptibilidad de los genotipos. Aunque son muchas, solamente se mencionan las que se consideran de importancia económica:

- **Mancha de asfalto o de alquitrán**: complejo de los hongos *Phyllachora maydis* (Maublanc), *Monographella maydis* (Müller y Samuels) y *Coniothyrium phyllachorae* (Maublanc), este último, hiperparásito de los dos primeros. La enfermedad ocurre con mayor frecuencia en zonas frescas y húmedas, especialmente en lotes cercanos a las riberas de los ríos y en suelos con nivel freático alto, pesados o encharcables; es favorecida por temperaturas entre 17 °C y 22 °C y humedad relativa mayor al 75 %.

La humedad sobre las hojas, durante la noche y en la mañana, facilita la infección y el establecimiento de los patógenos, los cuales pueden sobrevivir en los residuos de cosecha por algún tiempo. Inicialmente, aparecen pequeños puntos negros ligeramente elevados, distribuidos por toda la hoja. De dos a tres días después de la infección por *P. maydis*, el tejido adyacente es invadido por *Monographella maydis*, lo que causa una necrosis de color pajizo alrededor del punto de alquitrán. Finalmente, las lesiones coalescen para formar grandes áreas necróticas.

La infección se disemina rápidamente hacia las hojas superiores y plantas vecinas. Si esta aparece en etapas muy tempranas antes del llenado, las mazorcas pierden peso y los granos se vuelven flácidos y flojos. Casi siempre, se presenta después de la etapa de floración; sin embargo, bajo condiciones de siembras continuas, se presenta en la prefloración.

Aunque se considera una enfermedad endémica en Colombia, dada su severidad y facilidad de diseminación, se clasifica como muy agresiva y, si los factores climatológicos la favorecen, puede ocasionar la muerte prematura de la hoja y quemar el cultivo en corto tiempo.

- **Roya** *Puccinia sorghi* (Schwein): es el agente patógeno más frecuente, aunque existen otras especies de importancia económica como *P. polysora*. Se manifiesta principalmente en las hojas, aunque afecta también el tallo y la envoltura de la mazorca. Se presenta en forma de pústulas circulares o elongadas, de color pardo o amarillentas, esparcidas sobre las hojas; cuando esporulan, se tornan de color café, rojizas o casi negras. Las pústulas son erupentes en su fase final y emiten un polvillo de color ladrillo o café. La infección generalmente se inicia en las hojas bajeras. La *P. sorghi* es favorecida por temperaturas entre 16 °C y 23 °C, y alta humedad relativa.

Por su parte, la *P. polysora* está favorecida por temperaturas cálidas (27 °C) y alta humedad relativa. En el Valle del Cauca, es frecuente su aparición después del llenado de grano; sin embargo, en periodos secos alternados con lluvias frecuentes, puede llegar a afectar cultivos en época temprana, con alta incidencia y severidad, induciendo así el secamiento de hojas bajeras.

- **Complejo mancha gris**: causado por los hongos *Cercospora zea-maydis* (Tehon y E.Y. Daniels) y *Cercospora sorghi* var. *maydis* (Ellis y Everh), que inducen manchas pequeñas lineales, inicialmente traslúcidas, restringidas a las nervaduras secundarias que, a medida que avanzan, se tornan de apariencia rectangular y de un color que varía desde amarillo anaranjado hasta el grisáceo, cuando el patógeno está completamente esporulado. En ataques severos, en genotipos muy susceptibles, las hojas se tornan cloróticas y amarillas, como consecuencia de una toxina que inducen los hongos.

  Conforme las lesiones coalescen, se forman grandes áreas necróticas, lo que ocasiona el secamiento acelerado de la planta y se traduce en grandes pérdidas en rendimiento, especialmente cuando se presenta en las primeras etapas del desarrollo del cultivo. Sobre la lesión, se desarrolla un moho de color gris o verde oliva que le da el nombre a la enfermedad. El patógeno sobrevive en los residuos de la cosecha, lo que favorece la enfermedad por la no rotación de cultivos, aspecto que facilita el incremento del inóculo. Esta condición es más severa en ambientes con alta humedad relativa y temperaturas bajas en la noche.

- **Manchas foliares** (*Helminthosporium* sp.): existen diferentes especies que causan infección en el maíz, tales como:

– *Setosphaeria turcica* (Luttr). K.J. Leonard y Suggs (anamorfo de *Exserohilum turcicum* (Pass) K.J. Leonard y Suggs, Syn *H. turcicu*m Pass).
– Añublo o tizón foliar del norte (*Cochliobolus carbonum*) R. R. Nelson (anamorfo de *Bipolaris zeicola* Syn *H. carbonum*, Ullstrup).
– Mancha foliar por *Cochliobolus heterostrophus* (Dreschler) Dreschler (anamorfo de *Bipolaris maydi*s (Nisikado) Shoemaker, Syn *H. maydis* Nisik y Miy, o tizón foliar del sur).

  En Colombia, la enfermedad más común es causada por *S. turcica* y se caracteriza por pequeñas lesiones ovales y alargadas en las hojas bajeras. Estas lesiones avanzan paralelas a la nervadura central y toman una coloración parda y forma de huso; luego, aumentan su tamaño y cubren buena parte de la lámina foliar, lo que produce la quemazón prematura de las plantas.

  El tizón de la hoja es favorecido por las condiciones de alta humedad y las temperaturas que fluctúan entre los 18 °C y 27 °C, y no es frecuente en época seca. Puede llegar a reducir el rendimiento hasta en un 50 %, cuando se presenta durante la época de floración o prefloración. Las conidias que se desarrollan en las lesiones son muy abundantes, le dan a la mancha un color gris oscuro y pueden ser diseminadas por el viento.

  En los maíces dulces se ha encontrado además *C. carbonum*, que se manifiesta por medio de pequeñas lesiones ovales o circulares de color amarillo que se oscurecen con el tiempo. Con alguna frecuencia, las manchas presentan apariencia acuosa y anillos concéntricos. Su incidencia es mayor en plantas jóvenes y está restringida a las zonas donde se siembran intensivamente estos genotipos. Las condiciones que favorecen su desarrollo son similares a las de *S. turcica*.

- **Carbón común** (*Ustilago maydis*): enfermedad presente en todos los pisos térmicos, con importancia económica en clima medio y frío. El daño se presenta por la formación de agallas, tumores o bolsas blanquecinas en las mazorcas que, al romperse, liberan una masa pulverulenta de esporas negras. Los cultivares actuales presentan más tolerancia al patógeno que la mayoría de los criollos.

- **Mancha parda** (*Physoderma maydis* Miyabe Syn. *P. zeae-maydis* F.J. Shaw): se presenta inicialmente mediante manchas redondeadas muy pequeñas de color amarillo y distribuidas por toda la lámina foliar. Los bordes de las hojas se tornan ondulados y aparecen abundantes manchas amarillas; posteriormente, en la nervadura central, en la vaina de la hoja y en las envolturas de las mazorcas, se forman manchas de color pardo, púrpura o negro. Al coalescer las manchas, se forman unos parches oscuros de mayor tamaño.

  Las células del tejido afectado se desintegran y dentro de ellas se forman las estructuras reproductivas del hongo (esporangios), de color café, semejante a un carbón que, al ser liberados, inician una nueva infección. El tejido se rompe fácilmente después de su desintegración y, en estados muy severos, el tallo puede doblarse por el sitio de la lesión.

  El hongo sobrevive en los residuos de cosecha y los esporangios germinan en presencia de alta humedad en el suelo y temperaturas entre 23 °C y 30 °C. Los esporangios liberan zoosporas, las cuales se mueven en el agua sobre las hojas y atacan los tejidos más jóvenes, especialmente los de las hojas del cogollo. La incidencia de la enfermedad es

mayor en los lotes cercanos a las riberas de los ríos, o en aquellos con nivel freático alto y con tendencia al encharcamiento. Se ha encontrado mayor efecto en la disminución del rendimiento cuando se presentan infecciones altas, antes o durante la floración.

- **Mancha por *Phaeosphaeria*** (*Phaeosphaeria maydis* (P. Henn) Rane, Payak y Renfro): genera pequeñas manchas redondeadas o alargadas de color verde pálido, con borde pardo rojizo y halo clorótico. Al avanzar, se tornan de color blancuzco y apariencia seca. Las lesiones, al coalescer, cubren buena parte de la lámina foliar y pueden llegar a inducir su secamiento prematuro. Es común en las áreas húmedas con lluvias frecuentes y frescas, como en la zona cafetera y en los Llanos Orientales. El patógeno sobrevive en los residuos de cosecha y, en condiciones favorables para este, el hongo germina, lo que causa infecciones en las hojas nuevas.

- **Mancha anular** (*Leptosphaerulina australis*, McAlpine. Anamorfo *Hyalothiridium* sp. Latterell y Rossi): esta enfermedad fue reportada en forma epidémica en algunas zonas maiceras del Valle del Cauca. Afecta principalmente las hojas de la planta desde el tercio inferior al superior, dependiendo de la época de infección. Al inicio, las hojas presentan manchas redondas y acuosas; dos semanas después, estas manchas se tornan necróticas, de color pajizo y con anillos concéntricos. A contraluz, se observa un halo clorótico y —en condiciones de alta humedad, lluvias frecuentes y temperaturas entre 18 °C y 27 °C— las lesiones coalescen para cubrir gran parte de la hoja y secarla prematuramente.

  En ataques fuertes pueden afectar gran parte del área foliar, con lo que se disminuye la capacidad fotosintética de la planta, especialmente cuando la infección ocurre en los primeros estados de desarrollo del cultivo.

- **Mancha por curvularia** (*Curvularia* spp.): se presentan manchas cloróticas muy pequeñas, con apariencia aceitosa. En el centro de cada lesión, se observa un punto pardo rodeado por un borde rojizo y un halo clorótico. Su efecto sobre el rendimiento aún no ha sido evaluado en Colombia. En lotes con antecedentes del problema, la enfermedad se presenta de manera temprana con alta prevalencia.

- **Mildeo velloso** (P*eronosclerospora sorghi* Weston y Uppal y *Sclerophthora macrospora* (Sacc) Thirum, C.G. Shaw y Naras): *P. sorghi* causa el mildeo velloso propiamente dicho; el inóculo primario son las oosporas, estructuras de resistencia presentes en el suelo que, al germinar, penetran las raíces y causan una infección sistémica. Sobre la superficie de las hojas se desarrolla el mildeo, el cual corresponde a los conidióforos y las conidias del hongo, estructuras que, al ser diseminadas por el viento, pueden causar infección local en otras plantas y, eventualmente, infección sistémica. Para germinar, estas conidias necesitan oscuridad, alta humedad relativa y temperaturas entre 14 °C y 17 °C.

- **Punta loca** (*S. macrospora*): su infección se inicia por las oosporas, que liberan zoosporas; estas últimas necesitan bastante agua para infectar la planta desde la raíz y causar infección sistémica. En el mildeo, que se forma en las hojas, se desarrollan unas estructuras reproductivas (esporangióforos) que originan los esporangios, los cuales, a su vez, liberan nuevamente zoosporas que, al caer al suelo, inician la enfermedad. El síntoma característico es la presencia de una proliferación de hojas erectas y delgadas en forma de penacho, en la parte superior de algunas plantas.

  Por otra parte, las arvenses compiten por el agua, los nutrientes, la luminosidad y el espacio; su control aumenta los costos de producción por la disminución del rendimiento. El periodo crítico para efectuar el control de arvenses del maíz está entre 25 y 30 días después de la emergencia del cultivo (Leiva, 2008).

1.2.1.5. Recomendaciones de manejo

La decisión de siembra de un cultivo comercial de maíz debe considerar la planeación integral de las diferentes actividades para minimizar los riesgos de pérdidas por efectos ambientales. Además, debe tener en cuenta las necesidades de recursos económicos, insumos y mano de obra, entre otros factores, con el fin de responder a los requerimientos de productividad, sostenibilidad ambiental y rentabilidad.

1.2.1.5.1. Previo a la siembra

Se aconseja que el productor disponga de los recursos que le permitan implementar las diferentes prácticas de cultivo de forma eficiente y oportuna; así mismo, que proyecte su mercado para que la actividad productiva sea lo más favorable posible.

El proceso se inicia con la selección de una zona apta para el establecimiento y desarrollo del cultivo. Para tal fin, el productor debe contar con la información correspondiente sobre las características de la región en sus diferentes componentes: físico, socioeconómico o socioecosistémico;

es aconsejable descartar las zonas marginales donde el comportamiento del cultivo sea deficiente, las zonas no aptas por exclusiones técnicas (físicas y socioecosistémicas) y las de exclusiones legales o donde los costos de producción sean demasiado altos y puedan llegar a comprometer la rentabilidad de la actividad.

Una acertada selección del predio a cultivar redunda en una adecuada respuesta del cultivo. En consecuencia, es necesario identificar en el historial del terreno el uso dado en los últimos años, el potencial productivo, la presencia o las posibilidades de prevalencia de problemas fitosanitarios o los riesgos relacionados con erosión, inundaciones y deslizamientos, entre otros.

Igualmente, la selección del material genético resulta fundamental para que el producto cumpla con los requerimientos del mercado. Para la selección del híbrido que más se adapte a las condiciones climáticas y el tipo de suelo, es importante consultar la ficha técnica del genotipo, en relación con el rendimiento, la precocidad, la resistencia al vuelco, la altura de la planta, el tipo del grano, la respuesta a las plagas y enfermedades, la resistencia a sequía, la densidad de siembra, el manejo de arvenses y demás características agronómicas. Los OGM presentan tolerancia a diferentes factores adversos y especificaciones propias para su utilización. No obstante, el comportamiento de las plantas en campo estará condicionado a la variación de los elementos climáticos y las propiedades de los suelos, y al manejo del cultivo.

Otro de los aspectos de mayor impacto en el cultivo es la semilla, por ello, debe reunir las mejores condiciones de calidad. Se recomienda el uso de semillas certificadas, las cuales vienen acompañadas por su respectivo paquete tecnológico de manejo. En la actualidad, existe una amplia oferta por parte de las empresas productoras e importadoras de semillas de maíz, tanto amarillo como blanco, de alta productividad de tipo convencional o tipo OGM.

Una vez se han seleccionado el área a sembrar y la semilla, se requiere elaborar un plan de manejo de la nutrición de las plantas, el cual parte de la información de las propiedades del suelo, los requerimientos nutricionales del cultivo y el nivel de producción deseado. De esta manera, se inicia con la toma anticipada de muestras de suelos para determinar su fertilidad y, a partir del diagnóstico hecho por un profesional, se toma la decisión del uso de correctivos de acidez, previos a la siembra, así como de la aplicación de materia orgánica y de los correspondientes elementos nutricionales tanto edáficos como foliares complementarios.

La preparación del suelo debe responder a un correcto uso, que posibilite las condiciones adecuadas para la emergencia de la semilla y el establecimiento del cultivo. Se recomienda utilizar implementos que remuevan el suelo, pero no alteren sus propiedades físicas; para tal fin, la intervención se debe adelantar en las condiciones apropiadas de humedad, sin sobrepasar los límites de velocidad de operación de la maquinaria agrícola ni generar sobrelaboreo. El uso intensivo de implementos como arados de disco y el arado rotatorio (*rotovator*) tiene como consecuencia la pérdida del suelo, sobrecostos y un efecto negativo en el potencial productivo de los lotes. Se aconseja que la preparación se realice con implementos de roturación vertical como los arados de cincel rígidos o vibratorios.

En los Llanos Orientales colombianos, debido a la fragilidad de los suelos, los sistemas más utilizados son los de hacer mínima labranza o siembras directas como práctica conservacionista. Ya que en esta zona los pH son bajos y los contenidos de aluminio (Al) altos, es necesario realizar un encalamiento para corregir estas condiciones adversas. Una vez incorporado el material encalante, la siguiente cosecha de maíz se hace en siembra directa y se guardan los residuos de la anterior, esto con el objetivo de poder conservar los suelos y evitar la erosión.

En la región Tolima-Huila, los suelos se preparan de forma convencional con el fin de adecuarlos a los riegos por gravedad que se utilizan en la zona. En los departamentos de Valle del Cauca y Cauca, hay dos modalidades: muchos agricultores hacen preparación convencional con roturación vertical y otros mínima labranza o labranza cero. Sin embargo, también existe una combinación de ambas prácticas ya que —dada la textura predominante de los suelos y la compactación, producto del uso de maquinaria pesada— se hace siembra directa, pero se rotura el suelo cada dos años. En Córdoba, está muy extendida la práctica de hacer mínima labranza y labranza cero. En general, para realizar siembra directa o labranza cero, se requieren sembradoras especiales diseñadas para tal fin.

Cada material genético tiene indicaciones específicas de la densidad de población más adecuada, para que el genotipo exprese su máximo potencial de rendimiento en función de la altura y el desarrollo vegetativo de la planta. A medida que el genotipo es más alto, se recomienda menor población por unidad de superficie. La mayoría de los híbridos del mercado se siembran con distancias entre surcos de 80 a 90 cm y entre 5 y 7 plantas/m lineal (poblaciones de 62.500 a 87.500 plantas/ha). Algunos productores de la altillanura colombiana, como una práctica de conservación de suelos, utilizan siembras de 45 cm entre surcos, pero de entre tres o cuatro plantas por metro lineal manteniendo así la misma población, especialmente cuando se realiza cosecha mecanizada.

1.2.1.5.2. Durante el desarrollo del cultivo

La fertilización del cultivo es una práctica que tiene un alto impacto en el rendimiento y la calidad del grano cosechado. Se hace necesario atender las recomendaciones de una nutrición balanceada basada en épocas, frecuencia, dosis y sistemas apropiados

de aplicación de nutrientes. Según Fenalce (2010), el elemento más importante para la producción de maíz es el nitrógeno (N), seguido por el potasio (K) y el fósforo (P).

En la mayoría de las regiones, el maíz —en cultivos tecnificados, en suelos de buenas condiciones, con buen manejo y una humedad adecuada— responde bien a los siguientes niveles de fertilización: de 120 a 180 Kg de N/ha, de 50 a 90 kg P_2O_5/ha y de 60 a 100 kg K_2O/ha.

En el caso del N, se recomienda aplicarlo en dos o tres etapas, así: 50 % al momento de la siembra y 50 % cuando el maíz tenga seis hojas completamente desplegadas; también es posible administrar 20 % en la siembra, 40 % cuando la planta tenga seis hojas y 40 % cuando tenga diez hojas completamente expandidas. El P y el K se deben aplicar, incorporados, al momento de la siembra, al igual que el azufre (S), el magnesio (Mg) y los elementos menores.

El cultivar debe permanecer libre de competencia de arvenses entre el periodo de emergencia; estas plantas compiten con el maíz por agua, luz, nutrientes, CO_2 y espacio, y algunas de ellas causan un efecto alelopático sobre el cultivo. Por esto, existen estrategias de control, ya sean de tipo cultural o químico. Para el control químico, se pueden hacer aplicaciones con herbicidas específicos: en presiembra incorporados, preemergencia total, preemergencia al cultivo o posemergentes a las arvenses, posemergencia total con productos selectivos al cultivo y posemergencia dirigida con productos no selectivos al maíz. En este sentido, algunos OGM presentan resistencia selectiva a ingredientes activos específicos.

Es importante evitar pérdidas del área foliar activa de la planta de maíz. Las hojas por encima de la inserción de la mazorca superior son las más activas durante la etapa de llenado del grano; estas son responsables hasta del 85 % de la translocación hacia los granos.

Por otra parte, el manejo adecuado del recurso hídrico permite el buen desarrollo del cultivo comercial de maíz. Se aconseja la aplicación de riego complementario en las etapas críticas del cultivo y en las épocas de sequía; así mismo, en caso de exceso de humedad, hacer drenajes que impidan los daños directos —ocasionados por las inundaciones o los encharcamientos— o los indirectos, relacionados con la predisposición a enfermedades.

Para el control de plagas y enfermedades, se deben atender las recomendaciones de manejo integrado, que contemplan, entre otros aspectos, la correcta

identificación del agente causal, su presencia y nivel de daño, así como la implementación de medidas de control cultural, genético (genotipos tolerantes o resistentes), control biológico y microbiológico (como es el uso de antagonistas), control etológico (uso de trampas y cebos) y uso del control químico, cuando se requiera.

La aplicación de plaguicidas de síntesis química debe tener en cuenta las recomendaciones de dosis, frecuencias, épocas, sistemas, compatibilidad, periodo de carencia y demás información consignada en las etiquetas, incluyendo el manejo posconsumo de sus residuos peligrosos y el cuidado de los humanos, los animales y el medio ambiente.

1.2.1.5.3. Durante la cosecha y la poscosecha

Para la cosecha, se recomienda determinar el punto óptimo de recolección mediante muestreo, en función del uso del producto a cosechar, ya sea como forraje, grano en llenado o grano seco; se debe hacer selección eliminando las mazorcas que tengan daños por plagas y enfermedades, así como evitar cosechar en épocas de excesiva humedad. Para las cosechas mecanizadas, la calibración y el mantenimiento de los equipos y la maquinaria son indispensables; también es importante considerar la velocidad de operación y la trazabilidad del proceso.

En la poscosecha, se recomienda la rotación con otras especies o descansos que permitan romper el ciclo de patógenos y la recuperación del suelo para posteriores siembras.

1.2.2. Contexto mundial

Por años, el maíz ha sido principalmente fuente de alimentación humana y de los animales. Sin embargo, en la actualidad se obtienen diferentes productos a partir de este grano, incluidos los no alimentarios como proteínas y fibras para la elaboración de alimentos balanceados; dextrosa para panificación, bebidas, sueros, lisina, ácido cítrico y antibióticos; etanol como alcoholes industriales, bebidas alcohólicas y combustibles; jarabe de alta fructosa como edulcorante para refrescos, jugos, mermeladas, dulces, postres, vinos y endulzantes de bajas calorías; aceites comestibles de uso doméstico y alimentos para bebé; almidón para la elaboración de pan, alimentos infantiles, cerveza, cartón corrugado y papel; glucosa para la fabricación de dulces, caramelos y chicles; colorante en refrescos, cerveza, licores, embutidos y panificación; maltodextrinas para leche en polvo, embutidos, chocolate y alimentos en polvo; y sorbitol para pastas de dientes y confitería.

Estos productos, hasta hace unos pocos años, no implicaban problemas para la dinámica de la oferta mundial. Con la entrada de los biocombustibles, se observa que esta oferta, aunque reacciona a los incrementos de los precios, no sigue el ritmo de la demanda. Si a lo anterior se le adicionan los efectos adversos del cambio climático en la producción agrícola, es posible explicar una buena parte de los incrementos en los precios de algunos productos agrícolas y su impacto en el sector alimentario mundial.

En la década de 1990, se aumentó el registro de los países exportadores de maíz; el crecimiento de la producción vino acompañado por un contexto de apertura de mercados, la reducción de aranceles y la disminución de los precios internacionales, lo que llevó a un desestímulo de la producción de maíz, al que Colombia no fue ajeno.

1.2.2.1. Dinámica de mercados en el ámbito global

En relación con la seguridad alimentaria, el maíz cumple un papel importante en el ámbito mundial; los países latinoamericanos, africanos y asiáticos lo consumen significativamente (USDA, 2014).

En los últimos años, la producción mundial ha promediado alrededor de novecientos millones de t/año, volumen que genera muy pocos excedentes, comparado con 888 millones de t/año que se consumen en el mundo, lo que significa que la oferta mundial del grano va a la par con el consumo y no se registran excedentes significativos (cuadro 1).

Cuadro 1. Producción y consumo de maíz en el mundo (millones de t)

Rubro	Años				
	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015*
Producción	835,95	889,33	868,81	984,45	981,12
Consumo	852,44	884,81	865,24	949,22	967,52
Inventarios finales	130,11	134,62	138,18	173,41	182,64

*Estimado a agosto de 2014
Fuente: Minagricultura (2014).

La producción de maíz también está impulsada por la utilización del grano para la alimentación animal en los principales países consumidores. Actualmente, el mundo privilegia el consumo de carne de ave sobre otro tipo de carnes, motivado por un cambio en los hábitos alimenticios. Por ende, esta actividad agrícola demanda una mayor cantidad de maíz, como principal materia prima de la alimentación avícola (SIC, 2012).

El informe de oferta y demanda del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), para agosto de 2014, estimó una leve caída en la producción de ese país, la cual estuvo compensada por su alto nivel de inventarios; así mismo, mantuvo el estimado de producción de Brasil y Argentina para el periodo 2014–2015.

Por otra parte, los precios mundiales, tanto de maíz amarillo como de blanco, mostraron una tendencia decreciente entre julio de 2013 y julio de 2014, con una caída del 34 % para maíz amarillo y 41 % para maíz blanco, frente al mismo periodo del año anterior, como efecto del incremento de las existencias finales en EE. UU. y la expectativa de producción de Brasil para el periodo 2014–2015.

1.2.3. Contexto nacional

En Colombia, el maíz participa en el 13 % del área agrícola; tiene gran importancia socioeconómica y de seguridad alimentaria por ser el primer cultivo de ciclo corto presente en 250 municipios. La mayor área sembrada se concentra en Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca y Cesar. Las regiones que producen el grano dependen en un 60 % de esta actividad agrícola (Minagricultura, 2017).

De acuerdo con las evaluaciones agropecuarias, la producción nacional de los principales departamentos productores del grano en Colombia para el 2017 llegó a 1.958.642 t. A continuación, se presenta la información de la producción de los cinco principales departamentos y el municipio que la lidera (cuadro 2).

Cuadro 2. Producción nacional de maíz (2017)

Departamento	Producción (t)	Participación en el total nacional (%)	Municipio líder
Meta	508.540	26	Puerto Gaitán
Córdoba	222.299	11	Cereté
Tolima	207.938	11	El Espinal
Vichada	199.392	10	Cumaribo
Bolívar	167.262	9	María La Baja
Otros	653.211	33	-
Total nacional	1.958.642	100	-

Fuente: Minagricultura (2017)

1.2.3.1. Importancia económica

La producción de maíz suma un billón de pesos; el sector primario y su agroindustria generan en promedio 500.000 empleos al año. Se estima que el maíz amarillo podría saltar de 162.000 a 375.000 ha para cubrir el 50 % de la demanda nacional. Esta expansión estaría en los departamentos del Meta, Tolima, Córdoba, Huila y Cesar, regiones en donde existe desarrollo avícola y ganadero en cercanías a los centros de consumo y alrededor de las áreas agrícolas maiceras (Minagricultura, 2017).

Minagricultura (2017) estimó para Colombia un área sembrada en maíz de tecnificado de 210.000 ha, con una producción de 1.114.166 t, similar a los dos años anteriores. El rendimiento promedio se ha mantenido entre 2014 y 2016 entre 5,0 y 5,3 t/ha (cuadro 3).

Cuadro 3. Área, producción y rendimiento de maíz en Colombia (2014-2017)

Maíz	Años			
	2014	2015	2016	2017*
Área (ha)	260.000	220.000	212.450	210.220
Producción (t)	1.352.000	1.100.000	1.125.985	1.114.166
Rendimiento (t/ha)	5,2	5,0	5,3	5,3

* Estimado
Fuente: Minagricultura (2017).

El área nacional de maíz amarillo participa con el 60 % y el blanco con el 40 %. El 70 % de la producción de maíz amarillo se destinó al consumo humano, el 20 % a la industria de alimentos balanceados, el 8 % para harina y trilla, y el 2 % a otros usos. Por su parte, los destinos de la comercialización del maíz blanco son el consumo humano con un 52 %, la harina precocida con un 44 % y la trilla con un 5 % (Minagricultura, 2017). El cuadro 4 muestra el comportamiento del área cultivada, la producción anual y el rendimiento del maíz amarillo y blanco en Colombia entre 2014 y 2017.

Cuadro 4. Área, producción y rendimiento de maíz amarillo y blanco en Colombia (2014-2017)

		Años			
		2014	2015	2016	2017*
Maíz amarillo	Área (ha)	162.000	139.500	137.450	125.220
	Producción (t)	842.400	697.500	728.485	663.666
	Rendimiento (t/ha)	5,2	5,0	5,3	5,3
Maíz blanco	Área (ha)	98.000	80.500	75.000	85.000
	Producción (t)	509.600	402.500	397.500	450.500
	Rendimiento (t/ha)	5,2	5,0	5,3	5,3

* Estimado
Fuente: Minagricultura (2017)

1.2.3.2. Importancia ambiental

En los sistemas de producción tradicionales, tanto en Colombia como en varios países como Ecuador y Bolivia, se ha buscado promover labranzas conservacionistas para el cultivo de maíz.

La labranza de conservación tiene múltiples ventajas y es de gran importancia ambiental. Además de disminuir los costos de producción frente a los de la labranza convencional, tiene un menor consumo de energía fósil, control y reversión de los procesos erosivos y mayor reciclaje de nutrientes. Esta técnica de manejo ayuda a reducir el impacto de las actividades humanas que, como el cultivo del maíz, remueven el suelo y reducen la cobertura vegetal, producen la erosión por labranza e incrementan la erosión hídrica, que acelera la degradación de los suelos.

Se pretende promover un sistema sostenible de uso del suelo en búsqueda de un equilibrio natural de la cobertura vegetal, con la implementación de una serie de prácticas agrícolas tales como la denominada labranza cero (siembra directa en la que se utilizan herramientas adaptadas para este fin) y la labranza mínima (apertura de pequeños surcos de siembra con cincel o, en menor escala, arado de madera o azadón).

Por otro lado, se estima que cultivo de maíz es de importancia ambiental debido a que se puede obtener ensilaje para ganado bovino. Este proceso aumenta la capacidad para sostener más animales por unidad de superficie. Esto podría redundar en una menor presión a los ecosistemas naturales al disminuir la ampliación de la frontera agropecuaria dirigida al sostenimiento de animales en pastoreo.

1.2.3.3. Principales zonas de producción de maíz en Colombia

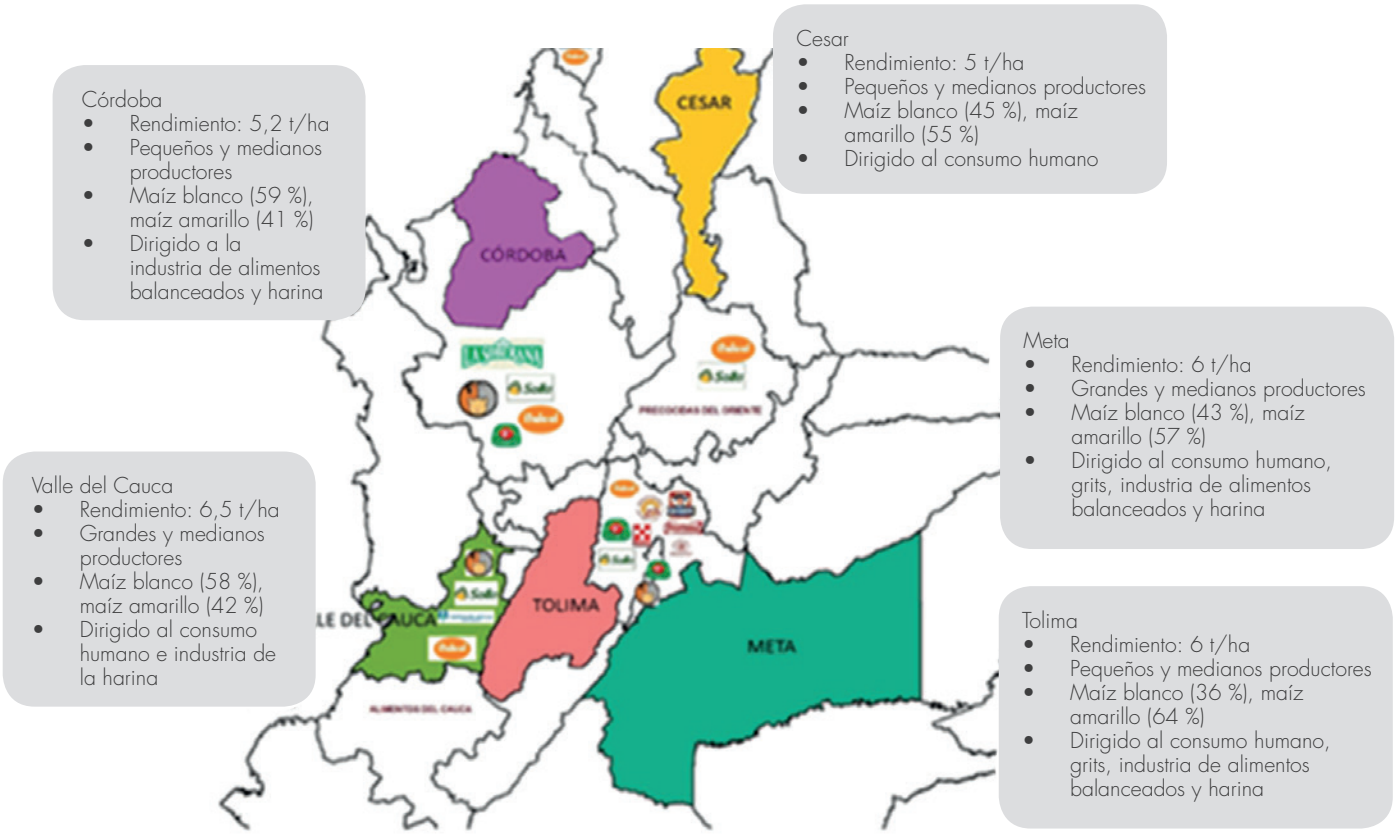
De acuerdo con Ospina (1999), las regiones naturales donde se cultiva maíz en Colombia son las siguientes: andina (cordilleras y valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena), caribe (La Guajira, valle del Cesar, zona bananera del Magdalena, bajo Magdalena, bajo Cauca, depresión momposina, sabanas de Sucre y Bolívar, valles de los ríos Sinú y San Jorge, occidente del litoral caribe y Urabá antioqueño y chocoano), Pacífico (departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca, Nariño), Orinoquia (flanco de la cordillera oriental hasta

límites con Venezuela y la Amazonia (principalmente en el departamento de Caquetá).

El maíz, como materia prima para alimentos balanceados de la industria avícola, se produce en siete principales zonas del país: la Orinoquia; la costa atlántica sur (Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre y norte de Antioquia); el valle del Magdalena (Huila y Tolima); Valle del Cauca; Santander; el sur del Cesar y la zona cafetera (Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, La Guajira, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, Valle del Cauca y territorios nacionales) (Corpoica, 2005).

Las zonas de producción más representativas en maíz amarillo son Tolima, Meta, Córdoba, Cesar y Valle del Cauca; en tanto que las más representativas en maíz blanco son Córdoba, Tolima, Valle del Cauca, Cesar y Meta (figura 4).

Figura 4. Zonas de producción de maíz tecnificado por departamento en Colombia



Fuente: Minagricultura (2017).

1.2.3.4. Dinámica del mercado nacional

Colombia solo produce un tercio de sus necesidades de maíz. Como respuesta a la situación de producción, el Gobierno nacional lanzó el plan «País Maíz» que ofrece coberturas de precios, seguros de cosechas, apoyos al transporte y almacenamiento en las diferentes zonas de producción, e impulsa así el crecimiento del área de maíz tecnificado.

Entre 2014 y 2016, el área sembrada en maíz disminuyó hasta 212.450 ha, pero con un incremento en el rendimiento (5,3 t/h). En el caso del maíz blanco, se aprecia la mayor disminución de área para el 2016 (cuadro 4).

1.2.3.5. Precios del maíz

Tras la entrada en vigencia del tratado de libre comercio (TLC) con EE. UU. en 2012, el mercado nacional se enfrenta con la competencia directa del producto importado desde este país, ya que dicho TLC estableció contingentes arancelarios a 0 % con un cronograma de desgravación extracontingente hasta el 2022; luego de

esta fecha, el maíz americano estará con libre acceso. La comercialización tiene como referente el precio de importación —es decir, los precios internacionales que se cotizan en la Bolsa de Chicago (Chicago Mercantile Exchange, CME por sus siglas en inglés) para maíz amarillo y la de Kansas para el maíz blanco—, lo que implica una alta sensibilidad del precio nacional con la volatilidad del mercado internacional (sujeto a los precios del petróleo y del oro, la crisis de las grandes economías y muy especialmente a los indicadores de producción e inventarios de este cereal en el mundo, en particular los de EE. UU., China y Brasil, así como a las fluctuaciones de la tasa de cambio).

Hasta el 2014, el precio nacional presentó una tendencia a la baja, producto de la caída de los precios internacionales: el del maíz amarillo disminuyó un 16 % y el del blanco un 9 %, frente al mismo periodo del año anterior. Para 2015 y 2016, los precios aumentaron, pero se prevé una disminución de la cotización para el 2017 (cuadro 5).

Cuadro 5. Precios del maíz amarillo y blanco en Colombia (2010-2017)

Tipo	Origen	Años							
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Maíz amarillo	Nacional	607.295	746.783	705.091	673.162	650.000	815.000	850.000	720.000
	Importado	493.809	716.750	705.657	647.813	560.000	650.000	660.000	650.000
Maíz blanco	Nacional	750.082	917.348	840.593	756.399	720.000	900.000	950.000	800.000
	Importado	689.561	878.485	845.568	718.990	580.000	700.000	750.000	700.000

*Estimado.
Fuente: Minagricultura (2014) y Minagricultura (2017).

1.2.3.6. Dinámica del consumo nacional

En promedio, el consumo de maíz aumentó un 3 % cada año durante el periodo 2010 2014, cuantificado en alrededor de tres billones de pesos (cuadro 6), debido al incremento en la demanda de la industria de alimentos balanceados, la avicultura y la porcicultura, entre otros.

Cuadro 6. Consumo de maíz en Colombia (t) (2010-2014)

Consumo de maíz		Años				
		2010	2011	2012	2013	2014*
Amarillo	Nacional	803.698	709.600	979.680	863.460	890.000
	Importado	3.434.221	2.703.920	3.122.231	3.507.970	3.600.000
Total consumo maíz amarillo		4.237.919	3.413.520	4.101.911	4.371.430	4.490.000
Blanco	Nacional	350.400	350.500	498.160	499.980	507.780
	Importado	164.966	101.337	65.815	112.586	170.000
Total consumo maíz blanco		515.366	451.837	563.975	612.566	677.780
Total		4.753.285	3.865.357	4.665.886	4.983.996	5.167.780

*Estimado 2014.
Fuente: Minagricultura y DIAN (2014).

1.2.3.7. Dinámica importadora

De acuerdo con la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC, 2012), del 2007 al 2011, Colombia importó en promedio 3,4 millones de t anuales de maíz.

En el cuadro 7, se muestran las importaciones de maíz a Colombia del 2010 al 2017. Al 2014, frente al mismo periodo del 2013, las importaciones habían aumentado en un 23 %, principalmente por las importaciones de maíz amarillo proveniente de EE. UU. En 2015 y 2016, las importaciones crecieron en volumen.

Cuadro 7. Importaciones de maíz a Colombia (t) (2010-2017)

Tipo	Años							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Maíz amarillo	3.434.221	2.703.920	3.122.231	3.507.970	3.762.936	4.480.729	4.294.311	3.795.842
Maíz blanco	164.961	101.337	65.815	112.586	179.331	219.530	268.041	243.111
Total	3.599.182	2.805.257	3.188.046	3.620.556	3.942.267	4.700.259	4.562.352	4.038.953

*Importaciones a septiembre de 2017.

Origen de las importaciones: maíz amarillo: 97 % EE. UU., 3 % Argentina (hasta el 2014); maíz blanco: 100 % EE. UU.

TLC con EE. UU.: a 2014, se utilizó el 100 % de los contingentes de maíz amarillo (2.315.250 t) y maíz blanco (150.491 t). El arancel extracontingente para el 2014 fue de 18,8 % para maíz amarillo y 15 % para maíz blanco (Minagricultura, 2014).

Fuente: Minagricultura, DIAN y Sicex (2014) y Minagricultura (2017).

De acuerdo con Minagricultura (2017), existe el acuerdo comercial Mercosur, relacionado directamente con Argentina y Brasil, por medio del Sistema Andino de Franja de Precios (SAFP), en el que se fijan los aranceles que protegen la producción nacional cuando el precio internacional se sitúa en niveles históricamente bajos.

El SAFP tiene un componente fijo y un componente variable; el primero tiene un cronograma establecido, mientras que el segundo depende del precio CIF (Cost, Insurance and Freight, por sus siglas en inglés, «Coste, seguro y flete, puerto de destino convenido») del maíz y de las franjas de precio que estipula la Comunidad Andina (CAN), bajo una metodología previamente establecida. En el 2017, la desgravación llegó al 7 %, mientras el arancel fijo era del 1,05 %; en 2018, los aranceles llegaron al 0 %.

1.3. MARCO POLÍTICO

La política pública, en lo relacionado con el cultivo de maíz, ha tenido algunos desarrollos que se concretan en los instrumentos de política, entre los cuales están los referenciados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz en Colombia

Marco de política	Lineamientos relacionados
Acuerdo de competitividad de la cadena alimentaria del maíz	Reglamento interno de la organización de la cadena agroalimentaria del maíz y su industria en Colombia.
Incentivo al Seguro Agropecuario (ISA)	Herramienta de protección ante riesgos climáticos, a la cual puede acceder cualquier productor que cumpla con lo establecido en la Resolución 130 de 2014 (Minagricultura, 2014).
Apuesta exportadora agropecuaria Minagricultura (2006–2020)	Selecciona los productos promisorios exportables, prioriza las regiones para el desarrollo de los núcleos productivos e identifica los instrumentos de política necesarios para aumentar la competitividad de los cultivos. Entre estos se encuentran los instrumentos financieros y la cobertura de riesgos; la investigación, innovación y transferencia tecnológica; las medidas sanitarias y fitosanitarias; y el desarrollo de mercados.
Fondo Agropecuario de Garantías (FAG)	Busca garantizar créditos y microcréditos en condiciones Finagro que se otorguen a personas naturales o jurídicas. Este fondo tiene como fin financiar proyectos del sector agropecuario y rural; igualmente, respalda las operaciones realizadas por medio de las bolsas de bienes y los productos agroindustriales, con base en la reglamentación que, para tal efecto, expida esta entidad (Finagro, 2014).

1.4. MARCO NORMATIVO

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

En Colombia, la política de cadenas productivas agrícolas aborda prioritariamente los 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.

La política de cadenas productivas del Minagricultura se centra casi exclusivamente en el tema productivo. Dentro de un modelo de cadena de valor, la transformación y el mercadeo son igualmente importantes, aunque la responsabilidad, en términos políticos, de algunos de estos aspectos puede corresponder a diversas instituciones como el Mincomercio, entre otras.

El cuadro 9 muestra el normograma que se identifica pertinente para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1:100.000:

Cuadro 9. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz en Colombia

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
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 carácterde "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General"».
Decreto Ley 2811 de 1974	El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en concordancia con la Ley 2 de 1959, asigna a la administración pública la competencia de velar por la protección de las cuencas hidrográficas contra los elementos que la degraden o alteren, especialmente los que producen contaminación. Insta a prevenir la erosión, controlar y disminuir los daños causados por ella y coordinar y promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables de la cuenca en ordenación. Regula el uso y conservación de los suelos y asigna competencias a la administración pública para crear distritos de conservación de suelos orientados a la recuperación de suelos alterados y coordinar la asistencia técnica y crédito en dichos suelos.
Decreto Minagricultura 877 de 1976	Define las prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, adopta las áreas de reserva forestal vigente, dicta disposiciones para crear un área de reserva forestal y para tramitar sustracciones y permisos de aprovechamiento. Esta normatividad, por su aplicación, define, regula y restringe las zonas dentro de las cuales no se pueden adelantar prácticas productivas que vayan en contravía del aprovechamiento persistente de los bosques.
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». Con esta norma, también se crean el Fondo Nacional de Riesgos Agropecuarios (FNRA) y el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG), que facilitan líneas de crédito a los minifundistas para la adecuación de suelos y dan respaldo a los grandes y medianos productores.

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Ley 99 de 1993	Crea una nueva estructura institucional para el manejo y administración de los recursos naturales renovables y del medio ambiente; le asigna, entre sus funciones, la regulación de las condiciones generales para el saneamiento del medioambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.
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 dicta algunas disposiciones sobre el incentivo a la capitalización rural (ICR), específicamente el artículo 28, el cual se refiere a la reglamentación de dicho incentivo.
Decreto Minagricultura 1840 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 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. Este acuerdo es refrendado por el Gobierno nacional.
Decreto Ley 4145 de 2011	Crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA) y dicta otras disposiciones.
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. Para ello, la línea dispone de un subsidio a la tasa de interés y otras condiciones financieras especiales, de acuerdo con el tipo de productor.
Resolución Minagricultura 398 de 2011	Establece el procedimiento para el reconocimiento de empresas especializadas, conforme a lo establecido en la Ley 9 de 1983, modificada por la Ley 75 de 1986 y compiladas en el artículo 157 del Decreto 624 de 1989.
Ley 1607 de 2012	Expide normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones. Por medio de esta, se modifica el artículo 424 del Estatuto Tributario, referente a los bienes que no causan impuesto sobre las ventas (IVA); se encuentran allí los fertilizantes, maquinaria y partes de maquinaria para preparación, trabajo del suelo o uso agrícola, según la nomenclatura arancelaria andina vigente (40.01).

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Ley 1694 de 2013	Los deudores del Plan de Reactivación Agropecuaria Nacional (PRAN agropecuario), de que trata el Decreto 967 de 2000, y el Fondo de Solidaridad Agropecuario (Fonsa), creado por la Ley 302 de 1996, podrán extinguir las obligaciones a su cargo pagando de contado, hasta el 31 de diciembre de 2014, un valor igual a aquel que Finagro (Fondo para el financiamiento del sector agropecuario) pagó en el momento de la adquisición de la respectiva obligación, descontando los abonos a capital que hubiere efectuado el deudor. Esto no implicará una reducción en el plazo para el pago de las obligaciones con vencimientos posteriores a la citada fecha.
Resolución Minagricultura 113 de 2014	Modifica el inciso 1 del artículo 5 de la Resolución 398 de 2011, referente al procedimiento para obtener el reconocimiento como empresa especializada.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los mapas semestrales de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1:100.000, contribuyen a atender los objetivos y funciones de la UPRA, fortaleciendo así el desarrollo de políticas para el subsector maicero desde su planificación hasta su ordenamiento territorial.

La zonificación considera todo el territorio colombiano y es un instrumento de carácter indicativo, teniendo en cuenta su escala 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.

Dicha zonificación se desarrolla considerando las siguientes premisas:

- La zonificación prioriza las áreas más competitivas para el desarrollo de los cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido, 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 maíz tecnificado de clima cálido no pondrá en riesgo las áreas naturales o con potencial como los ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos); por consiguiente, 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, los mapas de zonificación de aptitud por semestre agrícola para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1.100.000, toman, 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. De igual manera, 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.

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 (AHP o *Analytic Hierarchy Process*, por sus siglas en inglés), como técnica de análisis multicriterio, el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas de uso del suelo, en las que 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 5).

Figura 5. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Fuente: UPRA (2014).

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 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 maíz tecnificado 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 del cereal.

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 el 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 promuevan el desarrollo sostenido del cultivo, y con ello, se mejoren, 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, de mano de obra y de la 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.

JOHN DEERE

3. METODOLOGÍA

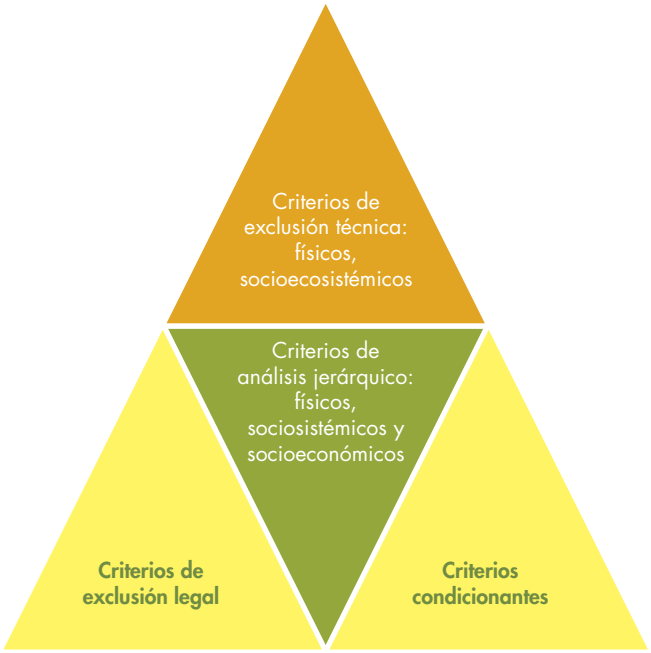
La zonificación de aptitud para cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del «esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque 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 por 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 6):

Figura 6. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



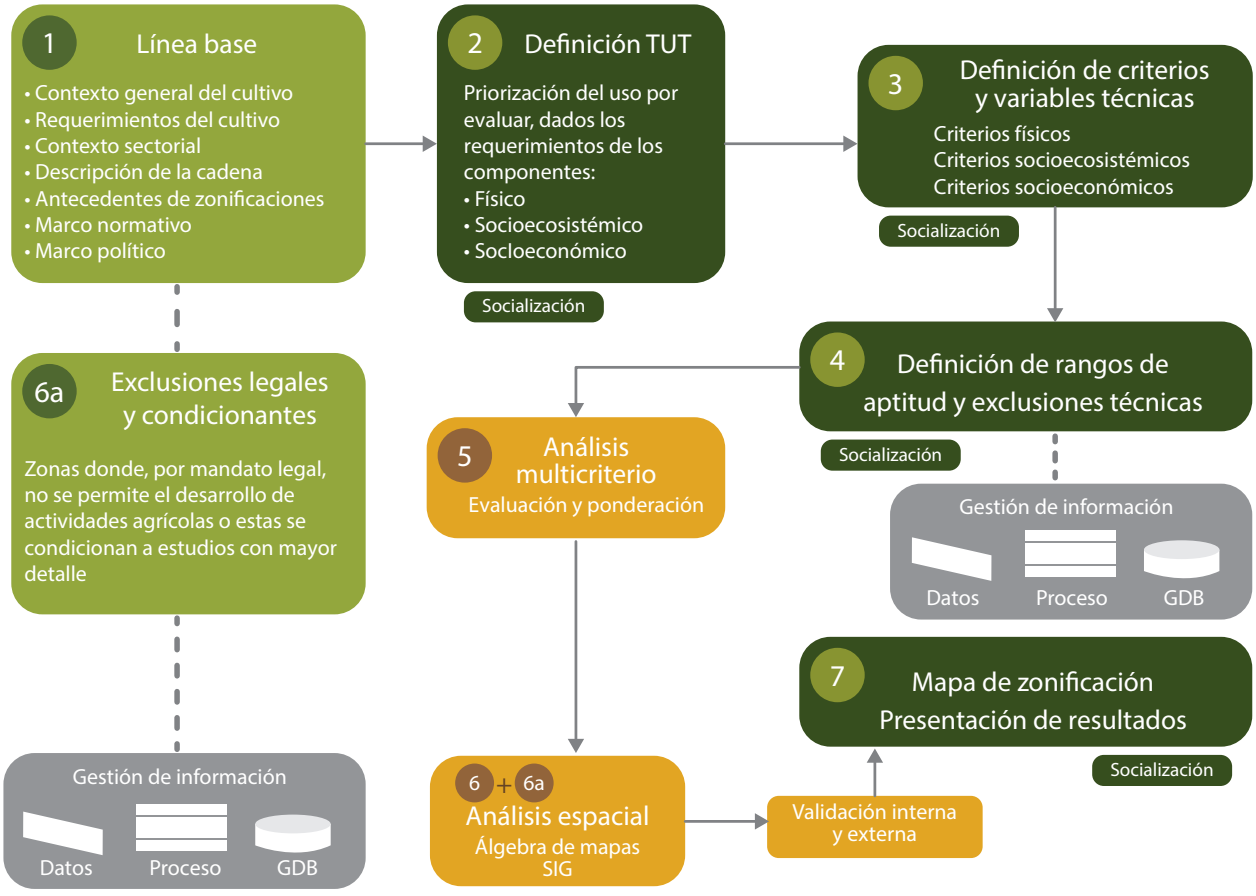
Fuente: UPRA (2015).

- 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 de comercial de maíz.
- 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 maíz.
- Criterios de exclusión legal: zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agrícolas productivas.
- 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 son utilizadas como un medio para describir las cualidades de la misma (criterios).

Con base en el esquema metodológico propuesto por la UPRA, la figura 7 muestra los procesos para la zonificación de aptitud de cultivos.

Figura 7. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014).

La línea base proporciona la información de referencia sobre el estado de conocimiento del sector y el cultivo, en cuanto a los requerimientos ambientales, la importancia nacional e internacional del sector, las zonas productoras, los antecedentes de zonificación, las políticas y la normatividad asociada; posteriormente, se define el tipo de uso de tierra objeto de la zonificación (TUT), así como sus respectivos requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos.

Con la definición del TUT, se seleccionan una serie de criterios y variables para realizar la zonificación, listado que es concertado con expertos. El paso siguiente es la definición de los rangos de aptitud y las exclusiones técnicas, con base en los requerimientos del cultivo identificados, y se establecen, para cada criterio y para sus variables, los rangos de aptitud de uso, incluyendo las exclusiones técnicas.

Teniendo en cuenta la normatividad vigente, relacionada principalmente por la parte socioecosistémica, se establecen las exclusiones y los condicionantes legales; luego, se realiza un análisis multicriterio que evalúa la importancia de los criterios y los pondera dentro del modelo de zonificación por medio de una matriz de proceso analítico jerárquico (AHP).

A la par con las actividades mencionadas, los análisis espaciales forman parte de las diferentes fases, desde la consecución y organización de la información, pasando por la normalización y estandarización de los datos y la obtención de los mapas de variables y criterios, hasta la aplicación del método jerárquico para la generación del mapa final de zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, que muestra las zonas aptas y no aptas, así como los resultados de orden nacional, departamental y municipal.

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 maíz 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 maíz (*Zea mays L.*) tecnificado de clima cálido en monocultivo de híbridos convencionales o híbridos OGM (organismos genéticamente modificados), cuya producción está dirigida al consumo humano, como disponibilidad alimentaria, o al consumo industrial (harinas, almidones, alimentos balanceados y otros productos) vinculados al mercado».

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:

3.1.1. Requerimientos del cultivo

Debido a la gran variabilidad genética del maíz, se presenta una muy amplia adaptación de la especie a las diferentes condiciones ambientales. Entre los requerimientos más importantes para este cultivo están la incidencia solar alta, la pluviometría entre 400 y 650 mm semestrales y la temperatura entre 32 °C y 35 °C (en humedad alta); 27 °C a 30 °C (en humedad normal); 20 °C a 27 °C (en humedad baja) y pH entre 5,5 y 7,5.

La temperatura es la variable más importante que influye sobre el desarrollo de la planta. Las temperaturas fuera del rango de adaptación pueden llegar a tener efectos negativos sobre la fotosíntesis, la translocación, la fertilidad del polen, la polinización y otros aspectos del metabolismo.

Los cultivos se clasifican como de madurez temprana o tardía con base en sus requerimientos térmicos para cumplir ciertas fases del desarrollo. El tiempo térmico es una medida de la temperatura acumulada por encima de un mínimo y por debajo de un máximo adecuados para el desarrollo. Las unidades de tiempo térmico son los grados-día.

Las principales regiones de producción de maíz en las zonas ecuatoriales se caracterizan por tener diferentes condiciones altitudinales. La temperatura óptima para el desarrollo del maíz en las altitudes bajas y medias está entre 30 y 34 °C, y se considera que, para los maíces tropicales de altitudes altas, está alrededor de los 21 °C.

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C; a partir de 30 °C, puede presentarse una absorción deficiente de nutrientes y agua. Para que la semilla germine, la temperatura debe situarse entre 15 °C y 20 °C; para la fructificación se requieren temperaturas de 20 °C a 32 °C.

Este cultivo es sensible al frío y sufre daños entre 0 °C y 10° C, si está expuesto a la luz normal, y a temperaturas

entre 10 °C y 15 °C, cuando está expuesto a la luz intensa. Las bajas temperaturas causan reducción de la fotosíntesis y del crecimiento, por la menor absorción de agua y nutrientes. En el caso de las heladas, si se presentan en épocas tempranas, pueden ocasionar el colapso de las plantas; cuando ocurren en la etapa de floración, causan secamiento del polen y daños por quemazones y clorosis, hasta incluso la muerte.

El maíz es una planta de metabolismo C4; en general, para la mayoría de germoplasma de maíz tropical, el fotoperiodo crítico oscila entre 11 y 14 horas de luz diaria (promedio 13,5 horas). La mayoría de los materiales tropicales tienen mucha sensibilidad al fotoperiodo, lo que puede influir en el retraso en la iniciación de la espiga. Por lo anterior, los maíces provenientes de las zonas templadas de días largos no se adaptan a las condiciones de la zona ecuatorial de días cortos y su comportamiento es mejor en las zonas cálidas moderadas que tengan alta luminosidad y una adecuada distribución de lluvias durante su ciclo vegetativo (Ospina, 1999).

Una mayor capacidad de captación de radiación solar está relacionada con una mayor tasa de fotosíntesis. Una excesiva área foliar genera el autosombreamiento de la planta y disminuye la fotosíntesis de las hojas bajeras, por lo que los nuevos genotipos presentan arquitectura con hojas erectas, casi verticales, que permiten la entrada de luz a los estratos inferiores. Las hojas de los estratos superiores —especialmente las situadas por encima de la mazorca superior— son responsables, en mayor medida, del rendimiento del cultivo de maíz.

Usualmente, el cultivo presenta como fase crítica de demanda de agua la de prefloración y posfloración, cuyo deficiente suministro puede afectar de forma negativa el rendimiento, dado el estrés que provoca en la fisiología de las plantas. También, la falta de agua en las etapas iniciales puede llegar a afectar la población de plantas.

El maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo.

Sin embargo, aún esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a una limitada profundidad o escurrimiento, o si la evapotranspiración es muy alta por las elevadas temperaturas y la escasa humedad relativa. El umbral mínimo de precipitación desde el cual puede esperarse cosecha de granos es de 150 mm.

Los vientos fuertes en épocas de polinización y llenado de grano pueden ocasionar bajos rendimientos, a causa del desecamiento del polen y al volcamiento de las plantas.

Por otra parte, el cultivo de maíz requiere de suelos profundos, fértiles, permeables, de textura franca y estructura granular, con buena capacidad de retención de agua, que estén libres de inundaciones y encharcamientos, y cuyo contenido de materia orgánica sea alto.

Z. mays es sensible a las deficiencias de N, P y zinc (Zn), aunque también requiere de K. La planta precisa en promedio de 100 kg a 150 kg de N/ha; de 60 kg a 100 kg de P/ha y de 100 kg a 180 kg de K/ha (Grande y Orozco, 2013). Además, presenta estrés por salinidad en el suelo, por niveles freáticos altos o por encharcamientos, incluso por corto tiempo (Gobernación de Antioquia, 2015).

3.1.2. Empleo y caracterización de los productores de maíz

Durante el periodo 2010 2013, el cultivo de maíz tecnificado alcanzó entre el 3 % y 4 % de los empleos totales generados anualmente en el sector agropecuario en Colombia (cuadro 10).

Cuadro 10. Participación del cultivo tecnificado de maíz en el empleo agrícola en Colombia (2010-2013)

Tipo de empleo	Años			
	2010	2011	2012	2013
Directo	125.316	128.292	130.568	131.000
Indirecto	125.316	128.292	130.568	131.000
Total empleo maíz tecnificado	250.632	256.584	261.136	262.000
Total empleo agrícola	7.241.419	7.278.482	7.401.355	7.500.000
Participación del maíz en el empleo total (%)	3	4	4	3,5

Fuente: Minagricultura (2014).

Cuadro 11. Índice de empleo agrícola generado por el cultivo de maíz en Colombia

Cultivos	Jornales indirectos/ha*	Jornales/año	Índice de empleo/ha
Maíz amarillo tecnificado	37	173	0,21
Maíz blanco tecnificado	37	173	0,21

*Un jornal equivale a un día hombre

Fuente: Minagricultura (2014).

Por otra parte, con base en la información de Minagricultura en relación con el maíz, los productores se clasifican como se muestra en el cuadro 12, así:

Cuadro 12. Clasificación de productores por área sembrada

Tamaño de productor	Área sembrada (ha)
Pequeños	De 0 a 10
Medianos	De 10 a 30
Grandes	Mayor a 30

Fuente: Minagricultura (2014).

Los pequeños productores, con extensiones de tierra menores de 5 ha, conforman el 85 % de la producción. Aproximadamente doscientas mil familias dependen de esta actividad (SIC, 2012). La producción, por parte de este grupo, se hace mediante siembra tradicional. Si se tiene en cuenta que el país es deficitario en 3,4 millones de t (maíz importado, amarillo en su gran mayoría), se hace necesario mejorar la productividad y cambiar de siembra tradicional a siembra tecnificada, para disminuir la dependencia de las importaciones.

3.1.3. Descripción de la cadena del maíz

La figura 8 muestra que la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo en Colombia la integran varios eslabones: el primero está compuesto por los productores, las empresas y las instituciones que prestan servicios para el sector primario (insumos, financiamiento, asistencia técnica, innovación tecnológica, transportadores y comercializadores); el segundo lo integra el mercado; el tercero está conformado por la industria usuaria del maíz, en la que se incluye la harinera y la de alimentos balanceados, y el cuarto está representado por los consumidores (SIC, 2012).

Figura 8. Descripción general de la cadena de maíz

En relación con los alimentos balanceados para animales (ABA), se organizó la cadena de alimentos balanceados, avícola y porcícola, como parte del Acuerdo Nacional de Competitividad de 1997.

En el 2003, se creó el Consejo Nacional Avícola y Porcícola en el que participan Fenalce —por parte de los productores de maíz, sorgo y soya— y, por parte de la industria, los representantes de los sectores avícola, porcícola y de alimentos balanceados: la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (Fenavi), la Asociación Colombiana de Porcicultores (ACP), la Cámara de la Industria de Alimentos Balanceados de la

ANDI y Federal. Otros actores que forman parte de esta cadena son la Bolsa Mercantil de Colombia (BMC) y la Asociación Colombiana de Semillas (Acosemillas).

3.1.4. Impactos ambientales y sociales asociados con la cadena del maíz

Los impactos ambientales del cultivo de maíz se evalúan en la «Guía de manejo ambiental para los cultivos de cereales y leguminosas», documento que surge como resultado de un acuerdo suscrito entre el Minambiente y la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), con la participación de Fenalce. A continuación, se presentan los diferentes impactos ambientales según la etapa del cultivo (cuadro 13).

Cuadro 13. Fichas de manejo ambiental para el cultivo de maíz

Etapa del cultivo	Impactos	Acciones propuestas a desarrollar
Preparación del suelo	Erosión. Pérdida de las propiedades nutricionales y productivas del suelo. Arrastre de los sedimentos; reducción en la calidad del agua. Sedimentación en los cuerpos de agua. Compactación o pulverización del suelo.	• Hacer estudios fisicoquímicos de suelos para determinar el tipo de labranza a utilizar. • Evitar a toda costa la mecanización con discos (arados) en pendientes superiores al 30 %. • Reducir las labores de mecanización, haciéndolas más oportunas y eficientes. • No usar maquinaria cuando el suelo esté muy húmedo. • Acumular los residuos de la cosecha para conservar los suelos. • Establecer sistemas de labranza correctivos cada dos o tres cosechas, alternando la labranza convencional con el cincel vibratorio para mejorar la aireación y la retención de humedad en el subsuelo, así como para romper su compactación. • Considerar el uso de equipos específicos para los suelos de ladera.
Fertilización	Alteración de las características bioquímicas de suelos y aguas. Eutrofización de sistemas acuáticos.	• Controlar las dosis empleadas. • Promover el uso de fertilizantes orgánicos, así como el aprovechamiento de los residuos orgánicos o abono. • Rotar o asociar el cultivo con leguminosas. • Utilizar el estiércol como fertilizante. • Impulsar el uso de tecnologías limpias. • Establecer un adecuado sistema de riego y drenaje. • Fomentar la destrucción adecuada de los empaques.

Etapa del cultivo	Impactos	Acciones propuestas a desarrollar
Siembra	Erosión.	• Definir la orientación de los surcos, teniendo en cuenta las características topográficas del terreno. • Escoger la semilla y aplicar el sistema más apropiado de siembra para obtener los mejores rendimientos, evitando así el arrastre del suelo y la pérdida de sus nutrientes. • Mejorar los suelos y acondicionarlos antes de pasar a la labranza cero, ya que no hacerlo podría generar malos resultados en suelos pesados, compactados, mal drenados o bajos en materia orgánica.
Riego y drenaje	Deterioro de la calidad, la dinámica, la regulación y la oferta hidrológica en la zona. Eutrofización. Problemas de residuos sólidos por mala disposición en la remoción de suelo.	• Desarrollar obras con sujeción a las normas establecidas y a las características propias del terreno y el suelo. • Mantener en buenas condiciones el funcionamiento del sistema. • Usar el recurso hídrico de manera eficiente.
Manejo del cultivo: manejo de competencia por arvenses, plagas y enfermedades	Intoxicación de los trabajadores. Contaminación del suelo y los cuerpos de agua. Pérdida de organismos benéficos para el cultivo, el suelo o el entorno natural.	• Considerar y cumplir los criterios de aplicación y manejo establecidos. • Conocer el grado de toxicidad y riesgo de los químicos utilizados. • Mantener en buenas condiciones los sitios de almacenamiento de los agroquímicos. • Disponer de los recipientes y demás utensilios e implementos adecuados para la manipulación de los agroquímicos. • Fortalecer el manejo integrado de plagas y el control biológico. • Realizar el triple lavado y la adecuada destrucción de los empaques.
Cosecha y poscosecha	Contaminación atmosférica por quemas. Contaminación de agua con desechos orgánicos.	• Seleccionar y clasificar los residuos para su aprovechamiento. • Promover el reciclaje. • Utilizar residuos orgánicos como la paja, como alimento para los animales o abono orgánico. Entre las utilidades de aprovechar los residuos como cobertura se encuentran la mitigación del impacto del agua lluvia (ya que se evita la erosión), la mejora en la tasa de infiltración y el escurrimiento del agua, la reducción del arrastre del suelo, el control de la erosión causada por el viento y la restitución de la actividad microbial y, en parte, del ciclo de algunos nutrientes.

Fuente: Minambiente y SAC (2010).

Otros posibles impactos ambientales que generan estos cultivos son los relacionados con el suelo, para lo cual la «Guía de manejo ambiental para los cultivos de cereales y leguminosas» también detalla lo relacionado en el cuadro 14:

Cuadro 14. Posibles impactos negativos sobre el suelo, causados por actividades agrícolas

Impacto	Causa	Efecto
Daño a la estructura del suelo	Excesivo laboreo. Tránsito de maquinaria agrícola.	• Incremento en el uso de energía. • Incremento en el riesgo de compactación. • Riesgo de encostramiento superficial. • Dificultad para la emergencia de las plántulas. • Disminución de la infiltración y el movimiento del agua en el suelo. • Incremento en el riesgo de erosión.
Compactación de suelos	Tránsito de maquinaria agrícola. Uso de equipo pesado en suelos húmedos. Moldeamiento causado por los arados de discos y las rastras de discos.	• Desgaste prematuro de los equipos y las máquinas agrícolas. • Dificultad para el desarrollo de las raíces y los cultivos. • Disminución de la toma de nutrientes del suelo por las raíces. • Incremento en el uso de energía. • Incremento en la resistencia del suelo. • Disminución de la infiltración y el movimiento de agua en el suelo. • Disminución de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. • Disminución de la aireación del suelo. • Disminución de la actividad biológica del suelo.
Erosión	Excesivo laboreo, especialmente en las zonas de ladera. Remoción de la cobertura del suelo. Inversión del suelo en el sentido de la pendiente.	• Disminución de la profundidad efectiva del suelo. • Disminución de la fertilidad del suelo. • Sedimentación en ríos y vías. • Transporte de los agroquímicos a las fuentes de agua. • Peligro de derrumbes y daños en áreas habitadas.
Disminución de materia orgánica	Toma de nutrientes del suelo por los cultivos. Excesivo laboreo del suelo.	• Disminución de los nutrientes del suelo. • Disminución de la estabilidad estructural del suelo. • Incremento en el riesgo de compactación. • Riesgo de contaminación de las aguas por nitratos. • Riesgo de contaminación atmosférica por la producción de CO^2.
Cambio en el pH del suelo (salinidad y acidificación)	Inapropiada fertilización. Drenaje inadecuado del suelo.	• Disminución de la disponibilidad de los nutrientes del suelo. • Disminución de la actividad biológica del suelo. • Limitaciones serias para el desarrollo de los cultivos.

Impacto	Causa	Efecto
Disminución de la actividad biológica del suelo	Uso de plaguicidas. Excesivo laboreo del suelo. Compactación.	• Disminución de la capacidad del suelo para reciclar nutrientes. • Disminución de la capacidad del suelo para degradar plaguicidas. • Disminución de los nutrientes del suelo.

Fuente: Minambiente y SAC (2010).

Con relación al agua, también se deben tener en cuenta los impactos que causa el cultivo de maíz sobre este recurso. Para ello, se considera el concepto de huella hídrica, el cual se define como el volumen de agua, utilizado directa e indirectamente para la producción de cualquier bien o servicio, más los consumos de todas las etapas de la cadena productiva (Arévalo *et al.*, 2011).

«La Huella Hídrica de un individuo, empresa o nación es definida como el volumen total de agua necesaria, directa e indirectamente, para alimentar las cadenas de producción y suministro de los bienes y servicios producidos, consumidos y/o exportados por los individuos, las empresas o los países» (sic). De esta forma, la huella hídrica de un individuo no solo se relaciona con su consumo directo de agua, sino con sus hábitos de vida (Arévalo *et al.*, 2011).

Los tres componentes básicos para el cálculo de la huella hídrica son:

Huella hídrica verde: volumen de agua lluvia que se consume por la vegetación y no se convierte en escorrentía. Esta agua se almacena en los estratos superficiales del terreno y satisface así la demanda natural de la vegetación y los cultivos.

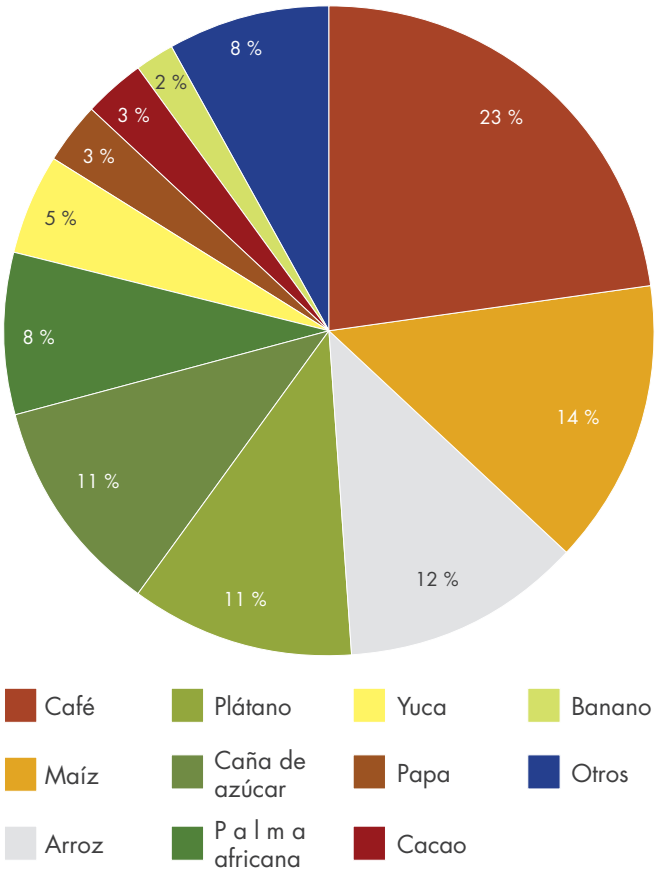
Huella hídrica azul: volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, que responde a un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia. El agua azul contiene conceptos implícitos de escasez y competencia por el recurso hídrico.

Huella hídrica gris: hace referencia a la contaminación y se define como el volumen teórico de agua necesario para lograr la dilución de un contaminante específico de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor. No se refiere a generar un nuevo consumo, sino a reducir el volumen de contaminante.

Para el cálculo de la huella hídrica de producción agrícola en Colombia, se realizó un estudio nacional por parte de Arévalo *et al.* (2011). La estimación de la huella hídrica del sector agrícola colombiano se llevó a cabo con la información de la producción agrícola en Colombia del 2008 y se calculó la huella hídrica verde, azul, gris y total.

En los resultados de huella hídrica por producto se aprecia el alto porcentaje de participación del cultivo de café frente a otros cultivos, lo que lo posiciona como la actividad agrícola más importante del país en términos de huella hídrica. De acuerdo con la distribución porcentual de la huella hídrica total, el maíz ocupa el segundo puesto con un 14 % del sector agrícola (figura 9).

Figura 9. Distribución porcentual de la huella hídrica total del sector agrícola de Colombia



Fuente: Arévalo *et al.* (2011).

En cuanto a la huella hídrica verde, la participación del café prevalece en el primer lugar. Se resalta que solo cuatro cultivos (maíz, café, plátano y caña de azúcar) sumaron más del 50 % de la huella hídrica verde de la producción agrícola en el año de estudio.

En lo relativo a la huella azul, el cultivo de arroz sobresale por estar asociado con los principales distritos de riego de Colombia; el maíz se encuentra en el tercer lugar con un 11 % de la huella hídrica del sector agrícola. Este cultivo pertenece a los cinco cultivos que más huella hídrica azul tienen y que sumaron más del 75 % de toda el agua azul del periodo analizado. En consecuencia, se identificó la importante presión ejercida hacia el recurso hídrico por parte de los cultivos de arroz, palma de aceite, maíz, caña de azúcar y yuca.

La huella hídrica gris, relacionada con la contaminación, presenta un porcentaje mayoritario asociado con el beneficio del café que se realiza *in situ* en las fincas productoras para entregar el grano como café pergamino seco. No obstante, el maíz ocupa el tercer lugar con un 11 % para esta huella (Arévalo *et al.*, 2011).

3.1.5. Impactos sociales asociados con el cultivo de maíz

En las últimas décadas, Colombia pasó de ser autosuficiente respecto a sus cultivos básicos y al suministro de alimentos, a importar muchos productos que sustentan la agricultura y la alimentación. Según el Minagricultura (2010), durante la década de 1990, el área total sembrada con cultivos transitorios disminuyó en 800.000 ha y en 2003 se importaron cerca de ocho millones de t de alimentos, de los cuales dos millones de t correspondieron a maíz.

Este fenómeno está relacionado, por un lado, con la apertura económica, que resultó en la importación masiva de alimentos, desde países del norte que cuentan con subsidios; por otra parte, se relaciona con la política agraria nacional que ha fomentado el monocultivo, cuyo modelo productivo ha deteriorado los ecosistemas, ha causado impactos socioeconómicos y ha afectado la seguridad alimentaria, especialmente de los pequeños agricultores.

En esta misma década, la cantidad de cereales importados creció desproporcionadamente respecto a las exportaciones del país; se destaca el incremento de las importaciones de maíz, trigo, soya, cebada, arroz, legumbres y hortalizas. Se ha favorecido el ingreso de maíz proveniente de EE. UU., que compite con el maíz nacional, lo que hace que la producción nacional sea insostenible y poco rentable.

La crisis del sector agrícola también ha estado ligada al conflicto armado, en el que las más afectadas han sido las comunidades locales desplazadas de sus territorios tradicionales. Se calcula que cerca de tres millones de personas fueron desplazadas en los últimos 15 años, lo que ha llevado a que las mejores tierras de uso agrícola y pecuario terminen en manos de los actores armados,

relacionados con cultivos ilícitos, o de los grandes terratenientes, que les han dado uso en ganadería extensiva.

De acuerdo con Salgar (2005), la producción de maíz tradicional en Colombia está destinada especialmente para el consumo humano, mientras que la producción tecnificada, en su mayoría, se destina a suplir la demanda de insumos de la industria alimenticia y de concentrados para animales. Los pequeños agricultores aportan cerca del 55 % de la producción nacional, es decir, gran parte de lo requerido para alimentar la población colombiana es abastecido por el sistema tradicional.

Las cadenas avícola y porcícola están relacionadas directamente con los cultivos de maíz amarillo, yuca y soya, estratégicos para Colombia. En tal sentido, es necesario que se fomente la producción nacional de maíz amarillo que permita la sustitución de las importaciones en el mediano y largo plazo.

3.2. CRITERIOS DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

A continuación, se definen los criterios para los componentes analizados en el proceso: físico, socioecosistémico y socioeconómico, que permiten establecer las características y cualidades del territorio que le confieren cierto grado de aptitud al cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, para soportar adecuadamente el tipo de utilización de la tierra (TUT).

3.2.1. Criterios y variables del componente físico

El componente físico es importante ya que, de acuerdo con los reportes técnicos realizados para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se han precisado algunas características desde este componente, que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario (figura 10).

Figura 10. Criterios y variables del componente físico

Fuente: UPRA (2017).

- 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 criterio de evaluación las condiciones climáticas; según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 15).

Cuadro 15. Criterios y variables del subcomponente climático

Criterio	Definición	Variables (definición)
CONDICIONES CLIMÁTICAS	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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido.	**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 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.
		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 precipita en una determinada zona y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de maíz. 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 m^3 de agua/ha). Por tratarse de un cultivo semestral, el análisis de la información para la variable se realizó teniendo en cuenta los semestres agrícolas para las zonas maiceras: entre marzo y agosto (primer semestre agrícola), y entre septiembre y febrero (segundo semestre agrícola).
		Brillo solar: cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre; también se denomina insolación.

Fuente: Arévalo *et al.* (2011).

- Subcomponente edáfico: el suelo, como cuerpo natural y complejo, tiene vital importancia en el desarrollo de los cultivos, ya que la supervivencia de las especies vegetales depende de las características de este. El cultivo comercial de maíz requiere de condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento y desarrollo, en especial en lo que tiene que ver con la capacidad de laboreo, las condiciones de enraizamiento, la disponibilidad de humedad, la disponibilidad de nutrientes y la disponibilidad de oxígeno, entre otros criterios (cuadro 16).

Cuadro 16. Criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Definición	Variables (definición)
CAPACIDAD DE LABOREO	Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido implica el uso de maquinaria, especialmente en las actividades de preparación del terreno, siembra y cosecha. Está en función de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en la superficie y dentro del perfil; la combinación de estas características determina la aptitud de las tierras para su laboreo.	**Pendiente:** 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).
		Textura: proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).
		Pedregosidad: 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.

Criterio	Definición	Variables (definición)
CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO	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, 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 las plantas para abastecerse de agua y nutrientes.	**Profundidad efectiva:** 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).
		Textura: proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).
		Pedregosidad: 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. Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie y se puede impedir el normal desarrollo del sistema de raíces de las plantas. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fase pedregosa y fase no pedregosa.
DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD	Capacidad que tienen los suelos para aportar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo; se relaciona con el contenido y el movimiento interno del agua en el suelo, y con la posibilidad de retención de humedad durante el año; esta depende, a su vez, de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos. El criterio se define como la interacción del régimen de humedad y la clase textural de los suelos; el régimen de humedad está definido en términos del nivel freático y por la presencia o ausencia de agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en la sección control de la humedad.	**Régimen de humedad:** se define 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).
		Textura: proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Criterio	Definición	Variables (definición)
DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO	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 CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.	**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 fenómeno ocurre en las zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacines o cubetas) y en las áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones). La Organización Meteorológica Mundial la define como el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o como la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (WMO y Unesco, 2012).
		Drenaje natural: 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). Las clases de drenaje natural son muy pobre, pobre, imperfecto, moderado, bueno (bien), moderadamente excesivo y excesivo. El drenaje natural está en función de la pendiente, la forma de terreno y la permeabilidad.

Criterio	Definición	Variables (definición)
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	Capacidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos, en cantidades adecuadas y en un balance apropiado, para el crecimiento de las plantas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961); 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, secundarios y menores, esenciales para el desarrollo de las plantas.	**Acidez (pH):** logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo. Un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 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 (IGAC, 1979).
		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.
		Saturación de bases: total de cationes cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresado como un porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %. El pH es proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender y Bornemisza, 1987).
		Carbono orgánico: es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro (Martínez *et al.*, 2008). 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).

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 de las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (Fe, Mn, Cl y Zn), 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 en suelos ácidos de clima húmedo, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.	**Salinidad o sodicidad:** alto contenido de sales solubles o 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 sodio 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 con altos contenidos de sales, así como también con aguas de buena calidad, pero mal manejadas, en climas con regímenes de humedad ústico.
		Saturación de aluminio: 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 Zn intercambiables (IGAC, 1979). La saturación de aluminio del suelo (SAl) 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 del 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada al elemento; cuando es mayor de 60 %, la concentración de Al^{+++} en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).

Criterio	Definición	Variables (definición)
SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS	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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido involucra el uso intensivo del suelo; por ende, tiene periodos que lo dejan sin cobertura vegetal, especialmente en preparación, siembra, desyerba y cosecha, aspecto que lo expone de forma temporal a la erosión, principalmente por escorrentía.	**Pendiente:** 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).
		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 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.
		Susceptibilidad a deslizamientos: probabilidad de ocurrencia de procesos de desplazamiento de materiales a lo largo de una superficie. Bajo el término de deslizamientos 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 (IGAC, 2005). Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que se debe considerar a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de maíz.

- **Subcomponente fitosanitario:** se identificaron los problemas más recurrentes a lo largo de las zonas productoras del cereal. El criterio relacionado con este subcomponente se denomina riesgo fitosanitario, el cual se explica por las condiciones climáticas que inciden directamente en el proceso epidemiológico (aparición, inoculación, propagación e infección) de los agentes patógenos de mayor impacto en el cultivo comercial de maíz. En función de este propósito, se priorizaron dos patógenos: *Phyllacora maydis*, agente causal de la mancha de asfalto, y *Spodoptera frugiperda* o gusano cogollero, como insecto-plaga (cuadro 17).

Cuadro 17. Criterios y variables del subcomponente fitosanitario

Criterio	Definición	Variables (definición)
RIESGO FITOSANITARIO	Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura, precipitación y humedad relativa) que aumentan la probabilidad de que se desarrollen procesos de inoculación, infección y propagación de los limitantes sanitarios en el cultivo comercial de maíz de clima cálido. Para la presente zonificación se priorizaron la mancha de asfalto y el gusano cogollero.	**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 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. Los limitantes fitosanitarios (plagas y enfermedades) presentan una estrecha relación con la temperatura del ambiente. Generalmente, con el aumento de la temperatura, dentro de un rango, los ciclos de los organismos fitopatógenos se aceleran.
		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 precipita en una determinada zona y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. La precipitación tiene un papel definitivo, referido principalmente a la presencia y desarrollo de hongos fitopatógenos, los cuales se presentan a humedades relativas altas relacionadas con la alta precipitación, mientras que, para los insectos, funciona como mecanismo de control mecánico.
		Humedad relativa: relación porcentual entre la masa de vapor contenida en un volumen de aire y la que tendría el mismo volumen si estuviese saturado, a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje. Para el criterio riesgo fitosanitario, es el porcentaje de humedad relativa que condiciona la aparición, la infección y el desarrollo de la mancha de asfalto.

3.2.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico

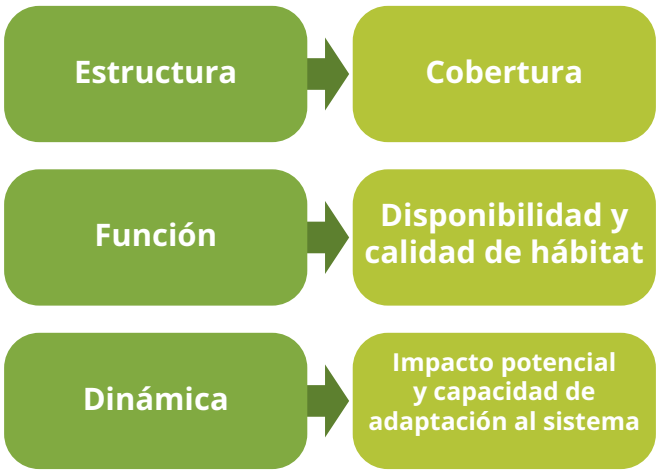
El enfoque socioecosistémico considera la biodiversidad, los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales, donde el hombre, la sociedad y su cultura, como componentes centrales de los ecosistemas, modelan y se adaptan a los cambios en la naturaleza. De esta manera, el objeto último del enfoque socioecosistémico —como aquel en 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 Martin-López *et al.*, 2009, citados por UPRA, 2014).

Este enfoque, dentro de la zonificación de la cadena productiva comercial de maíz tecnificado de clima cálido, adquiere una importancia trascendental puesto 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 los que esta 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 desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido y la permanencia de la actividad. De esta forma, las áreas con mayor aptitud para el establecimiento de este cultivo son aquellas donde se genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o existe una contribución para 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, establece los criterios necesarios 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 para su aplicación

en la definición de la aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, como se muestra en la figura 12 y el cuadro 18.

Figura 12. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Fuente: UPRA (2015).

Cuadro 18. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Definición	Variable (definición)
CAMBIO DE COBERTURA	Grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para el establecimiento de cultivo de maíz, determinado, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo tres principios: grado de antropización y transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características; e importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.	Por medio de este criterio, es posible identificar las áreas con vegetación natural, las sujetas a exclusiones y las transformadas, donde es favorable establecer el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, bajo una visión integral del territorio. Así mismo, 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.
INTEGRIDAD ECOLÓGICA (IE)	Estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación; se refiere a la «[…] habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente, saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Corcoran, 2005; Ciontescu, 2012).	**Conectividad estructural de las coberturas naturales:** 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 (que son la base ambiental 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 cultural y determina áreas con diferente nivel de conectividad estructural.
		Índice de naturalidad por subzona hidrográfica: la prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis están determinadas por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio. 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, cuanta 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 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.
		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, cuanta mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en las áreas en donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor.

Criterio	Definición	Variable (definición)
APROPIACIÓN DE AGUA	Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie de maíz, tanto para su crecimiento como materia prima, como para el sustento del cultivo y en la producción.	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 maíz tecnificado de clima cálido. De este modo, 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 los demás usos existentes en el interior de la unidad.
VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO	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 maíz tecnificado de clima cálido.	Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. Además, 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.
AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	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 maíz establecidos en una zona determinada.	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.

3.2.3. Criterios y variables del componente socioeconómico

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 así su calidad de vida (UPRA, 2014).

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de maíz tecnificado de clima cálido 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; como consecuencia, se mejoran de manera permanente las condiciones de vida y el 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido implica un proceso mediante el cual este necesita en los municipios requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción. Ellos son los criterios o variables estructurales que conducen hacia la competitividad, cuyo logro se revela en mejores condiciones de vida (criterios o variables resultado) para las comunidades maiceras. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad del cultivo.

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 maíz y de las comunidades locales, y se verá representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista en el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 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 como la distancia a centros petroleros o las áreas de influencia de entidades como el SENA.

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:

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

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 calculado genera una puntuación de 0 a 1; este resultado corresponde a la posición que ocupa 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 clasifica, 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 permitie asociar los resultados de los indicadores con valores de rango entre 0 y 1. Se asocia 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 se realiza de manera homogénea, indistintamente de la cantidad de municipios o indicadores presentes.

Posteriormente, se calcula 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 calcula el IC utilizando de nuevo un promedio simple sobre el valor de las categorías calculadas anteriormente.

En la figura 13 y el cuadro 19 se presentan los criterios y variables que forman parte del componente socioeconómico.

Figura 13. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio: INDICADORES ECONÓMICOS
- Variables: grado de importancia económica municipal, créditos otorgados e incentivo a la capitalización rural (ICR).

Criterio: PRECIO DE LA TIERRA RURAL
- Variable: precio de la tierra rural municipal.

Criterio: TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL
- Variable: tamaño tipo de los predios rurales.

Criterio: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
- Variables: accesibilidad a centros de servicios, cercanía a puertos marítimos, cercanía a puertos fluviales, existencia de cultivos, interconexión eléctrica, presencia de entidades bancarias, distritos de adecuación de tierras y cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA).

Criterio: MERCADO LABORAL
- Variables: población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$); años promedio de escolaridad; oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales; y cercanía a centros petroleros.

Criterio: SEGURIDAD CIUDADANA
- Variables: homicidos, riesgo de amenazas, accidentes e incidentes por minas antipersonal, desplazamiento forzado.

Criterio: CRITERIO INSTITUCIONAL Y ASOCIATIVIDAD
- Variables: desempeño fiscal, cercanía al SENA, presencia del ICA, presencia de Corpoica, extensión y asistencia técnica sectorial, organizaciones gremiales o de base del sector.

Criterio: CONDICIONES DE VIDA
- Variable: índice de pobreza multidimensional (IPM).

Cuadro 19. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Definición	Variable (definición)
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 maíz.	**Grado de importancia económica municipal:** peso relativo que representa el PIB de cada uno de los municipios dentro de su departamento; para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora por grados o categorías de importancia económica que le debe corresponder a un municipio.
		Créditos otorgados: 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).
		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 (Minagricultura, 2012).
PRECIO DE LA TIERRA RURAL	Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. 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.	Precio de la tierra rural municipal: medida que, a partir del avalúo catastral, calcula el avalúo promedio por hectárea para los predios rurales de un municipio.
TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL	Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y 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, asignada a partir de la relación existente entre el número de predios por rango de tamaño y la proporción del área que estos ocupan respecto al área total de los predios objeto del análisis.	Tamaño tipo de los predios rurales: área de terreno predial que predomina en un municipio; se expresa con base en el número y el área ocupada por los predios en el municipio.

Criterio	Definición	Variable (definición)
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Posibilita el intercambio comercial de bienes y servicios del aparato productivo, y facilita la interacción entre las unidades económicas y sociales.	**Accesibilidad 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. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de servicios.
		Cercanía a puertos marítimos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia los puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional.
		Cercanía a puertos fluviales: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto fluvial) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos fluviales.
		Distritos de adecuación de tierras: delimitación del área de influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje o protección contra inundaciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.
		Existencia de cultivos: área sembrada en cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido.
		Interconexión eléctrica: sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: plantas y equipos de generación, red de interconexión, redes regionales e interregionales de transmisión, redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios (artículo 11, Ley 143 de 1994).
		Presencia de entidades bancarias: existencia de establecimientos bancarios cuya función principal es la captación de recursos en cuenta corriente bancaria, así como también la captación de otros depósitos a la vista o a término, con objeto primordial de realizar operaciones activas de crédito (artículo 2, numeral 2 del Decreto 663 de 1993).
		Cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA): facilidad con la que se pueden alcanzar las plantas de transformación de alimentos balanceados para animales, desde un punto del territorio donde se cultiva el maíz. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta las plantas de transformación de ABA.

Criterio	Definición	Variable (definición)
MERCADO LABORAL	Identifica condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del sector maicero en el municipio.	**Población en edad de trabajar (PET_{20-64}):** personas de determinada edad a partir de la cual se consideran que están en capacidad de trabajar. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorporó como la población en capacidad de trabajar, en el rango entre 20 y 64 años de edad.
		Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales: existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, forestales y afines, con modalidad presencial en el municipio.
		Años promedio de escolaridad: número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más, por municipio.
		Cercanía a centros petroleros: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro petrolero) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hasta los centros petroleros 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 los centros petroleros.
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.	**Homicidios:** eventos que ocasionan supresión de la vida humana de forma dolosa o preintencional sin justificación jurídica (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2015).
		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, los cuales son ocasionados por agentes principalmente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014b).
		Accidentes e incidentes por minas antipersonas: acontecimientos de diferente intensidad por mina antipersonal. Aquellos que causan daño físico o psicológico a una o más personas se denominan accidentes; los que pueden aumentar hasta un accidente o tienen el potencial para conducir a un accidente, se conocen como incidentes.
		Desplazamiento forzado: desplazada es toda persona que se ha visto forzada a migrar dentro del territorio nacional y a abandonar su localidad de residencia o actividades económicas habituales, porque su vida, su integridad física, su seguridad o libertad personales han sido vulneradas o se encuentran directamente amenazadas con ocasión del conflicto armado interno, disturbios y tensiones interiores, violencia generalizada, violaciones masivas de los derechos humanos, infracciones al derecho internacional humanitario u otras circunstancias emanadas de las situaciones anteriores que puedan alterar drásticamente el orden público (Ley 387 de 1997).

Criterio	Definición	Variable (definición)
INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD	Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector maicero. Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, porque su apoyo a los procesos productivos y comerciales se constituye en un elemento central para la competitividad.	**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 capacidad de ahorro.
		Cercanía al SENA: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio un centro del Servicio Nacional de Aprendizaje, que ofrezca programas de formación profesional para la incorporación y el desarrollo de personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país. La variable sintetiza las oportunidades de contacto e interacción.
		Presencia del ICA: presencia del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales (DNP, 2008).
		Presencia de Corpoica: existencia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.
		Extensión y asistencia técnica sectorial: existencia de las entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio, y 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 maicero.
		Organizaciones gremiales o de base del sector: presencia e influencia de organizaciones gremiales o de base, como un indicador próximo a la existencia de redes sociales, de asociación o de cohesión social alrededor de proyectos de interés común.
CONDICIONES DE VIDA	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.	**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 de maíz tecnificado de clima cálido, 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 categoría de exclusiones legales y una categoría de condicionantes legales (cuadro 20).

Cuadro 20. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Categorías		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 maíz.
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 maíz.

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 maicera. En el cuadro 21 se registran los rangos de aptitud desde el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas (N1)

Cuadro 21. Rangos de aptitud de las variables definidas 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/año	≥ 24 - ≤ 28	> 22 - <24	≥ 20 - <22 y > 28	< 20
		Precipitación semestral	mm/semestre	≥ 400 - ≤ 1000	> 1000 - ≤ 1500	> 1500 - ≤ 2000	< 400; > 2000
		Brillo solar	horas luz/día	≥ 4	≥ 3 - < 4	< 3	–

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	N1
EDÁFICO	Capacidad de laboreo	Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 7	> 7 - ≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L	A, AF, Ar	–
		Pedregosidad	Porcentaje (%)	No pedregoso	–	–	Pedregoso
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	> 50	≥ 25 - < 50	–	< 25
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, L, FArA, FArL	FAr, A, AF, ArA, ArL	Ar	–
		Pedregosidad	Porcentaje (%)	No pedregoso	–	–	Pedregoso
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Adimensional	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
		Textura	Clase textural	FAr, FArA, FArL, Ar, ArA, ArL	FA, L, F, FL	A, AF	–
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Adimensional	No hay	Ocasionales	xv	Frecuentes y muy frecuentes
		Drenaje natural	Adimensional	Bueno o excesivo	Moderado	Imperfecto, pobre	Muy pobre
	Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)	pH	≥ 5,5 - ≤ 6,5	≥ 5,0 - ≤ 5,4 y ≥ 6,6 - ≤ 7,8	≥ 4,0 - ≤ 4,9 y ≥ 7,9 - ≤ 8,4	< 4,0; > 8,4
		Saturación de bases	Porcentaje (%)	≥ 35	≥ 10 - < 35	< 10	–
		Carbono orgánico	Porcentaje (%)	> 1,7	≥ 0,5 - ≤ 1,7	< 0,5	–
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	> 20	≥ 10 - ≤ 20	< 10	–
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad o sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	< 10	≥ 10 - ≤ 15	–	> 15
			Salinidad (dS/m)	< 2	≥ 2 - ≤ 4	> 4 - ≤ 8	> 8
		Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	< 30	≥ 30 - ≤ 60	> 60	–
	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 12	> 12 - ≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50
		Erosión actual	Adimensional	No hay o es ligera	Moderada	–	Severa, muy severa
		Susceptibilidad a deslizamientos	Adimensional	Muy baja y baja	Media	Alta	Muy alta

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	N1
FITOSANITARIO	Riesgo Fitosanitario	Temperatura asociada a mancha de asfalto	°C/año	> 28	≥ 22 - ≤ 28	< 22	–
		Precipitación asociada a mancha de asfalto	mm/semestre	< 700	≥ 700 - ≤ 1000	> 1000	–
		Humedad relativa asociada a mancha de asfalto	Porcentaje (%)	< 80	≥ 80 - ≤ 90	> 90	–
		Temperatura media asociada a gusano cogollero	°C/año	< 22	≥ 22 - ≤ 26	> 26	–
		Precipitación asociada a gusano cogollero	mm/semestre	> 1000	≥ 700 - ≤ 1000	< 700	–

Desde el componente socioecosistémico, se definió el área de exclusión técnica (N1), la cual está referida a aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después del año 2010; estas zonas fueron identificadas por medio del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Cabrera *et al.*, 2011) y no podrán ser objeto de actividades agrícolas. 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.

Igualmente, se excluyen las coberturas naturales y seminaturales, las áreas húmedas, las superficies de aguas y los territorios artificializados. Estas áreas se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido; deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual; por ende, no puede establecerse allí el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Por último, se

consideran los ecosistemas estratégicos, (manglares y bosques secos) que corresponden a zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con el cultivo comercial de maíz.

En el cuadro 22 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioecosistémico.

Cuadro 22. 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	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de maíz, dedicadas a usos agrícolas o pecuarios donde predominan las áreas de pastos y los cultivos transitorios; adicionalmente, incluyen algunos herbazales densos de tierra firme.	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de maíz, dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos y los cultivos permanentes para la producción de alimentos; adicionalmente, incluyen algunos herbazales densos de tierra firme y zonas quemadas.	Zonas con favorabilidad marginal para el establecimiento del cultivo comercial de maíz. Corresponde a coberturas en donde predominan pastos, cultivos permanentes, plantaciones y zonas quemadas.	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de maíz con fines comerciales; 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.

Criterio	Variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
		A1	A2	A3	N1
INTEGRIDAD ECOLÓGICA	IE = a(CECN) + b(Inat) + c(ACES) Donde: a = 0,6175, b = 0,2968 y c = 0,0856				
	Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	0,13-0,49	0,49-0,82	0,82-1	No aplica
	Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (%)	(0-50) Inat muy bajo (vital), baja (estratégica) y moderada	(50-75) Inat alto	(75-100) Inat muy alto	No aplica
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Áreas prioritarias para la conservación (APC)			
		(< -10,02) ln D Áreas sin identificación de APC	(-10,02 a -2,77) ln D APC con baja y muy baja densidad de especies sensibles	(-2,76 a 6,42) ln 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) ln D Áreas sin AICA	(-8,085 a -4,189) ln D AICA con densidad muy baja o baja, de especies sensibles	(-4,189 - 1,67) ln 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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.			

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
		< 5000	≥ 5000 - ≤ 7000	> 7000	–
		Índice de uso del agua (IUA)			–
		> 19,93	≤ 9,25 - ≥ 19,93	≤ 9,25	–
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	Baja amenaza de incendios	Moderada amenaza de incendios	Alta amenaza de incendios	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 23 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.

Cuadro 23. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
INDICADORES ECONÓMICOS	Grado de importancia económica municipal (IEM)	Categoría de IEM comprendida entre 1 y 7, con vigencia 2015 y asignada con base en el PIB municipal.	1 y 2	3, 4 y 5	6 y 7
	Créditos otorgados	IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).	IC > 0,018 > $102	IC ≥ 0 e IC ≤ 0,018 ≥ $0,1 y ≤ $102	Municipios sin historial crediticio en el periodo analizado
	Incentivo a la capitalización rural (ICR)	IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).	IC > 0,0287 > $20,21	IC > 0 e IC ≤ 0,0287 ≥ $0,38 y ≤ $20,21	Municipios sin historial ICR

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
PRECIO DE LA TIERRA RURAL	Precio de la tierra rural municipal	IC, calculado como el valor promedio del avalúo catastral de los predios rurales con destino económico agropecuario, por hectárea en el municipio a 2014 (millones de pesos).	IC > 0,998608 < $3,5	IC > 0,997015 e IC ≤ 0,998608 ≥ $3,5 y ≤ $7,5	IC ≤ 0,997015 > $7,5
TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL	Tamaño tipo de los predios rurales	Tamaño tipo definido según el rango de tamaño predominante.	> 10 ha	≥ 3 ha - ≤ 10 ha	< 3 ha
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Accesibilidad a centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas
	Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano.	> 8 horas	> 4 horas - ≤ 8 horas	≤ 4 horas
	Cercanía a puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas
	Existencia de cultivos	IC, calculado con base en el promedio anual 2010-2014 de hectáreas sembradas de maíz en el municipio.	IC ≥ 0,1351 ≥ 1003,3 ha	IC > 0,1339 y < 994,3	Municipios sin información de área sembrada con maíz tecnificado
	Interconexión eléctrica	IC, índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE).	IC ≥ 0,900 ≥ 90 %	IC ≥ 0,800 y < 0,900 ≥ 80 % - < 90 %	IC < 0,800 < 80 %
	Presencia de entidades bancarias	Número de entidades bancarias en el municipio.	> 3	≥ 1 - ≤ 3	Sin entidad bancaria
	Distritos de adecuación de tierras	Presencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en el municipio.	Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala grande o mediana	Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala pequeña	Sin registro de presencia de distritos de adecuación de tierras
	Cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA)	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la planta de transformación de ABA más cercana.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
MERCADO LABORAL	Cercanía a centros petroleros	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro petrolero más cercano.	> 2	≥ 1 - ≤ 2	< 1
	Población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$)	IC, calculado con base en rangos de población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$).	IC > 0,01015 > 50.000 personas	IC > 0,00419 e IC ≤ 0,01015 ≥ 20.000 y ≤ 50.000 personas	IC ≤ 0,00419 < 20.000 personas
	Años promedio de escolaridad	IC, calculado con base en el número de años promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio.	IC > 0,6510 > 8 años	IC > 0,3835 e IC ≤ 0,6510 ≥ 6 años - ≤ 8 años	IC ≤ 0,3835 < 6 años
	Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales	Número de programas de formación académica en actividades del sector agrícola y forestal en el municipio.	4 o más	2 o 3	1 o menos
SEGURIDAD CIUDADANA	Homicidios	IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de homicidios por cada 100.000 habitantes en el municipio.	IC > 0,877 Sin información y < 23,80	IC > 0,621 e IC ≤ 0,877 ≥ 23,80 - ≤ 69,30	IC ≤ 0,621 > 69,30
	Riesgo de amenazas	IC, calculado con base en el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 en el municipio.	IC > 0,720 ≤ 0,42	IC > 0,519 e IC ≤ 0,720 > 0,42 y ≤ 0,58	IC ≤ 0,519 > 0,58
	Accidentes e incidentes por mina antipersonal	IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de accidentes e incidentes por minas antipersonal por cada 100.000 habitantes en el municipio.	IC ≥ 0,9929 Sin información y ≤ 3,15	IC > 0,9600 e IC < 0,9929 > 3,15 - ≤ 17,71	IC ≤ 0,9600 > 17,71
	Desplazamiento forzado	IC, calculado con base en la tasa anual de desplazamiento forzado promedio 2010-2014 por cada 1000 habitantes en el municipio.	IC > 0,9656 < 5	IC > 0,9323 e IC ≤ 0,9656 ≥ 5 - ≤ 10	IC ≤ 0,9323 > 10

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD	Desempeño fiscal	IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.	IC ≥ 0,655 ≥ 70,02 - ≤ 90,73	IC > 0,476 e IC < 0,655 ≥ 60,00 - < 0,02	IC ≤ 0,476 ≥ 33,23 y < 60,00
	Cercanía al SENA	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la sede del SENA más cercana.	≤ 2 horas	> 2 horas - ≤ 5 horas	> 5 horas
	Presencia del ICA	Área de influencia, calculada con base en presencia de sedes del ICA en el municipio.	Con sede	–	Dentro del área de influencia institucional, sin sede
	Presencia de Corpoica	Área de influencia, calculada con base en presencia de sedes de Corpoica en el municipio.	Con sede	–	Dentro del área de influencia institucional, sin sede
	Extensión y asistencia técnica sectorial	Número de organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio.	Con Fenalce	Con Epsagros	Sin presencia de organizaciones de extensión y asistencia técnica agropecuaria
	Organizaciones gremiales o de base del sector	Área de influencia con base en la presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio.	Con Fenalce	Municipios del departamento con cobertura atendida por Fenalce	Sin Fenalce
CONDICIONES DE VIDA	Índice de pobreza multidimensional (IPM)	IC, calculado con base en los resultados del índice de pobreza multidimensional para el año 2005, en el municipio.	IC > 0,46731 < 64	IC > 0,22069 e IC ≤ 0,46731 ≥ 64 - ≤ 83	IC ≤ 0,22069 > 83

Las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico considerados dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, localizadas al final del documento como anexo, 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.

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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 se refiere a aquellas áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos, mientras que las condicionantes se refieren a impedimentos 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 implica que se supeditan 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.

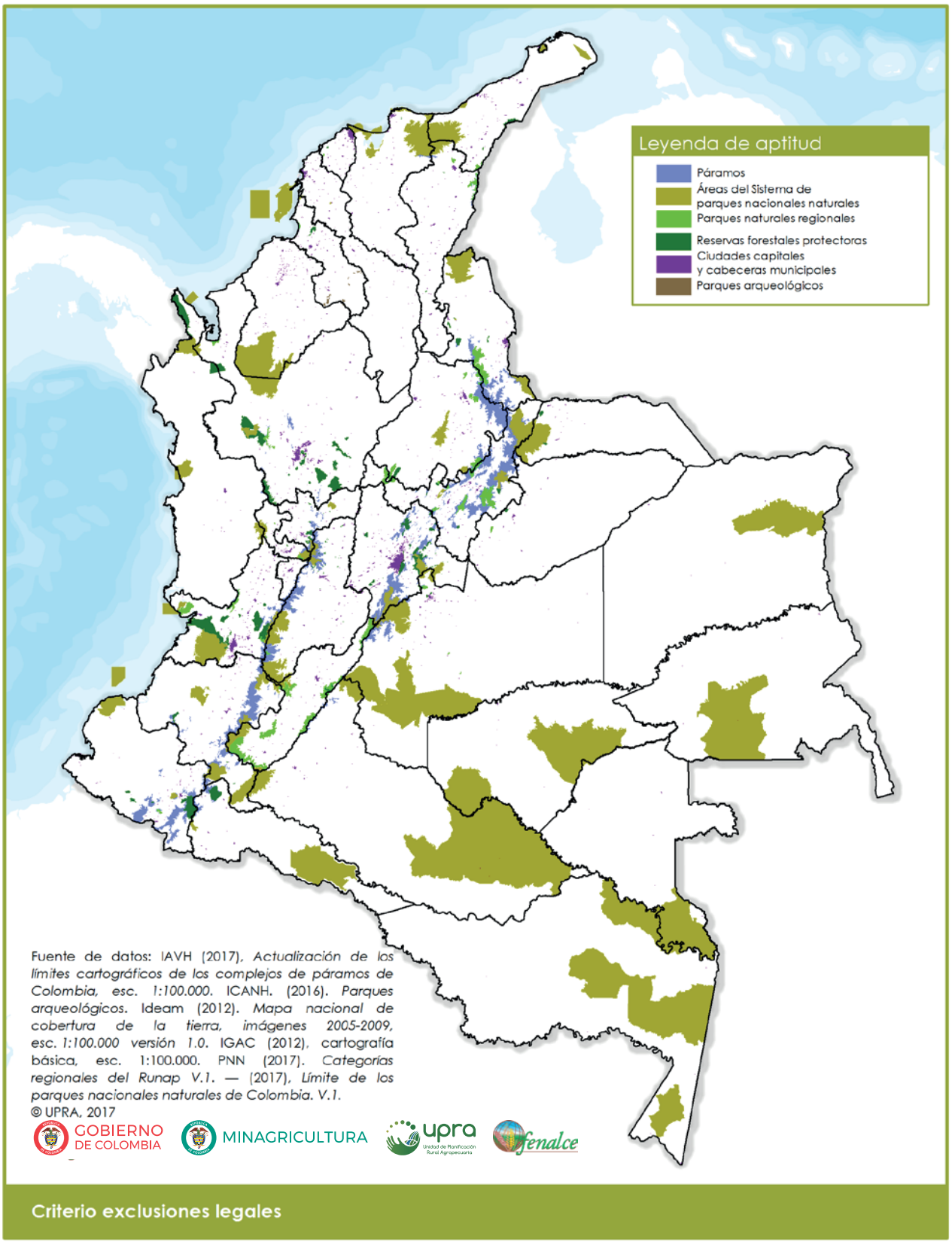
Desde el punto de vista socioecosistémico y socioeconómico, las áreas definidas por su importancia biológica y el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad, así como la preexistencia de comunidades humanas —que representan un patrimonio 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 24 y 25 presentan, de forma abreviada, los criterios de exclusión legal y los condicionantes definidos para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, respectivamente. De igual manera, las figuras 14 y 15 muestran los respectivos mapas de exclusiones legales y de condicionantes legales para esta zonificación de aptitud.

Cuadro 24. Criterios de exclusión legal

Variable	Áreas de exclusión
Ecosistemas estratégicos (páramos)	**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. Así mismo, 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). 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.
Áreas protegidas	**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 2005-2013. 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.
	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.
	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 reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.
Áreas urbanas y suburbanas	**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.
Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)	**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).

Figura 14. Mapa de exclusiones legales para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido



Cuadro 25. Condicionantes legales

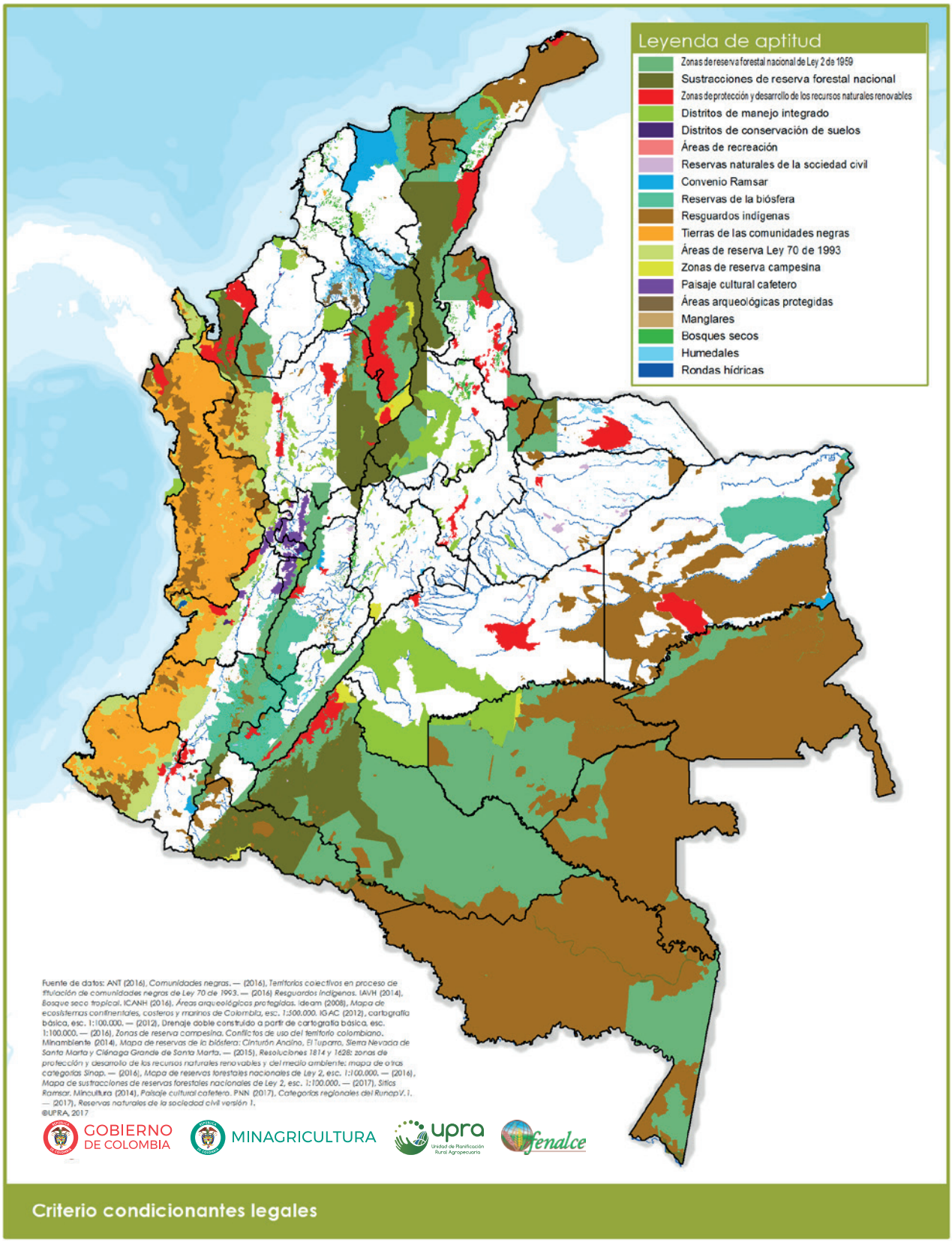
Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	**Humedales:** el Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndose como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados 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 2015, en su artículo 172, establece que, con base en la cartografía de humedales que determine el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 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. **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). **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». Así, 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. **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 áreas 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.

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	**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. **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. **Áreas de recreación:** conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado. **Reservas naturales de la sociedad civil:** 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. **Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente:** 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).
Zonas de reserva forestal nacional	**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 maneja con 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. **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 para la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.

Condicionante	Descripción
Distinciones internacionales	**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). **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).

Condicionante	Descripción
Áreas de interés cultural y social	**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 adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno Nacional» (sic).
	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» (sic).
	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» (sic).
	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). 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.
	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» (Resolución 2079 de 2011).
	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.

Figura 15. Mapa de condicionantes legales para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido



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 emplea 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 26).

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

El procedimiento planteado continúa con la comparación por pares de criterios, para calificar cada uno de acuerdo con la importancia relativa de un criterio respecto a otros. Esto se desarrolla para todos los criterios definidos para el análisis mediante un taller donde cada uno se califica por pares, usando una escala de importancia que se presenta en el cuadro 26.

Cuadro 26. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

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

Se tiene entonces que A es una matriz de comparaciones pareadas de n criterios, si *aij* 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 *aij* será igual a 1, pues se está comparando el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia *aij* automáticamente será el valor recíproco de *aij*, es decir *1/aij* (cuadro 27).

Cuadro 27. Esquema de la matriz de comparación multicriterio

A =

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

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida para 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 es la matriz de comparación de pares de criterios, la cual se normaliza por columna (se divide el valor de cada casilla de la matriz entre el total de la sumatoria de la columna a la cual pertenece dicho valor). A partir de la matriz normalizada, se obtiene el llamado vector de prioridad asociado, que representa 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 define así:

$$(P_1 x \text{ criterio}_1)+(P_2 x \text{ criterio}_2)+\ldots+(P_n x \text{ criterio}_n)$$

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

El cuadro 28 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido y el cuadro 29 los pesos relativos de cada criterio, resultantes del procesamiento de la matriz con el *software* PriEsT.

Cuadro 28. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

COMPONENTE	Criterio	Condiciones climáticas	Capacidad de laboreo	Toxicidad de suelos	Condiciones de enraizamiento	Disponibilidad de humedad	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Riesgo fitosanitario	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a la pérdida de suelo	Apropiación de agua	Integridad ecológica	Cambio de cobertura de la tierra	Variación del contenido estimado de carbono	Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	Infraestructura y logística	Precio de la tierra rural	Mercado laboral	Institucionalidad y asociatividad	Indicadores económicos	Tamaño de la tierra rural	Seguridad ciudadana	Condiciones de vida
FÍSICO	Condiciones climáticas	1																					
	Capacidad de laboreo	1/3	1																				
	Condiciones de enraizamiento	1/3	1/3	1																			
	Disponibilidad de humedad	1/3	1/3	1/3	1																		
	Disponibilidad de nuetrientes	1/5	1/5	1/3	1/3	1																	
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1																
	Riesgo fitosanitario	1/5	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1															
	Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/5	1														
	Susceptibilidad a la pérdida de suelo	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	1													
SOCIOECOSISTÉMICO	Apropiación de agua	1	13	3	1	3	5	3	3	5	1												
	Integridad ecológica	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1/3	1											
	Cambio de cobertura de la tierra	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1										
	Variación del contenido estimado de carbono	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	1									
	Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	1/5	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/7	1/7	1/5	1/3	1								
SOCIOECOSISTÉMICO	Infraestructura y logística	1/3	1/3	1/3	3	3	5	5	5	7	1	3	3	5	7	1							
	Precio de la tierra rural	1/3	1/3	1/3	1	3	3	3	3	5	1/3	1	1	3	5	1/5	1						
	Mercado laboral	1/3	1/3	3	1	3	3	3	3	5	1/3	1	3	3	5	1/3	3	1					
	Institucionalidad y asociatividad	1/3	1/3	1	1/3	1	1	1	3	5	1/3	1/3	3	3	5	1/5	1/3	1/3	1				
	Indicadores económicos	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	1/5	1/3	3	1	3	1/3	3	1/3	3	1			
	Tamaño de la tierra rural	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3	1/5	1/5	1	1	3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/3	1		
	Seguridad ciudadana	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1	1/7	1/5	1/3	1/3	1	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/3	1	
	Condiciones de vida	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/7	1/7	1/3	1/3	1	1/5	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1

Cuadro 29. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

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

Físico	51,9 %
Socioeconómico	30,1 %
Socioecosistémico	18,0 %

Se combina la información de los criterios considerados en la zonificación realizando una suma lineal ponderada, en la cual a estos criterios se les aplican los pesos calculados para cada uno y se obtiene un mapa preliminar de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, que se validan ante expertos de la cadena.

$$S=\sum W_i \times X_i$$

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)

La consistencia lógica obtenida dentro de este proceso en el ejercicio aplicado por el proyecto de zonificación es de 98,7 %.

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 de los mapas semestrales de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. 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:** consiste en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) usada por los diferentes componentes. Esta proviene de entidades oficiales relacionadas con la producción de la misma.

- **Procesamiento de la información:** abarca una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizada hace referencia a 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.

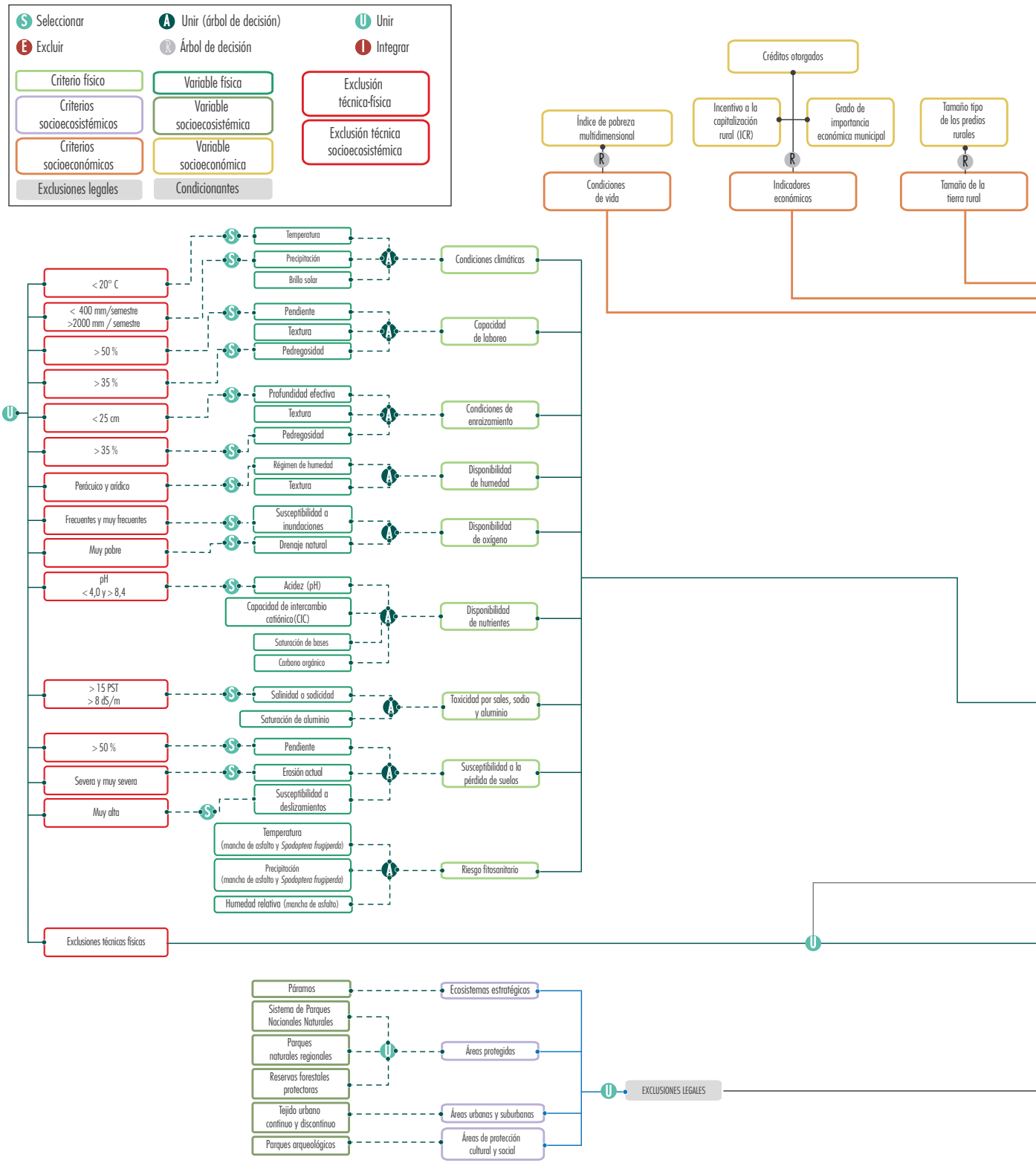
- **Análisis de la información:** consiste en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio, de acuerdo con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizan en rangos entre cero (0) y tres (3), que indican la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). Si los criterios no están conformados por variables continuas, el análisis se realiza mediante algunas estadísticas de la variable, asignando directamente la calificación de la categoría de aptitud. Esta etapa del proceso también abarca el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tiene 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 es 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— permiten obtener información derivada cuyo resultado es 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 maíz tecnificado de clima cálido. Estas salidas son 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 maíz tecnificado de clima cálido, 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.

Figura 17. Modelo cartográfico integral



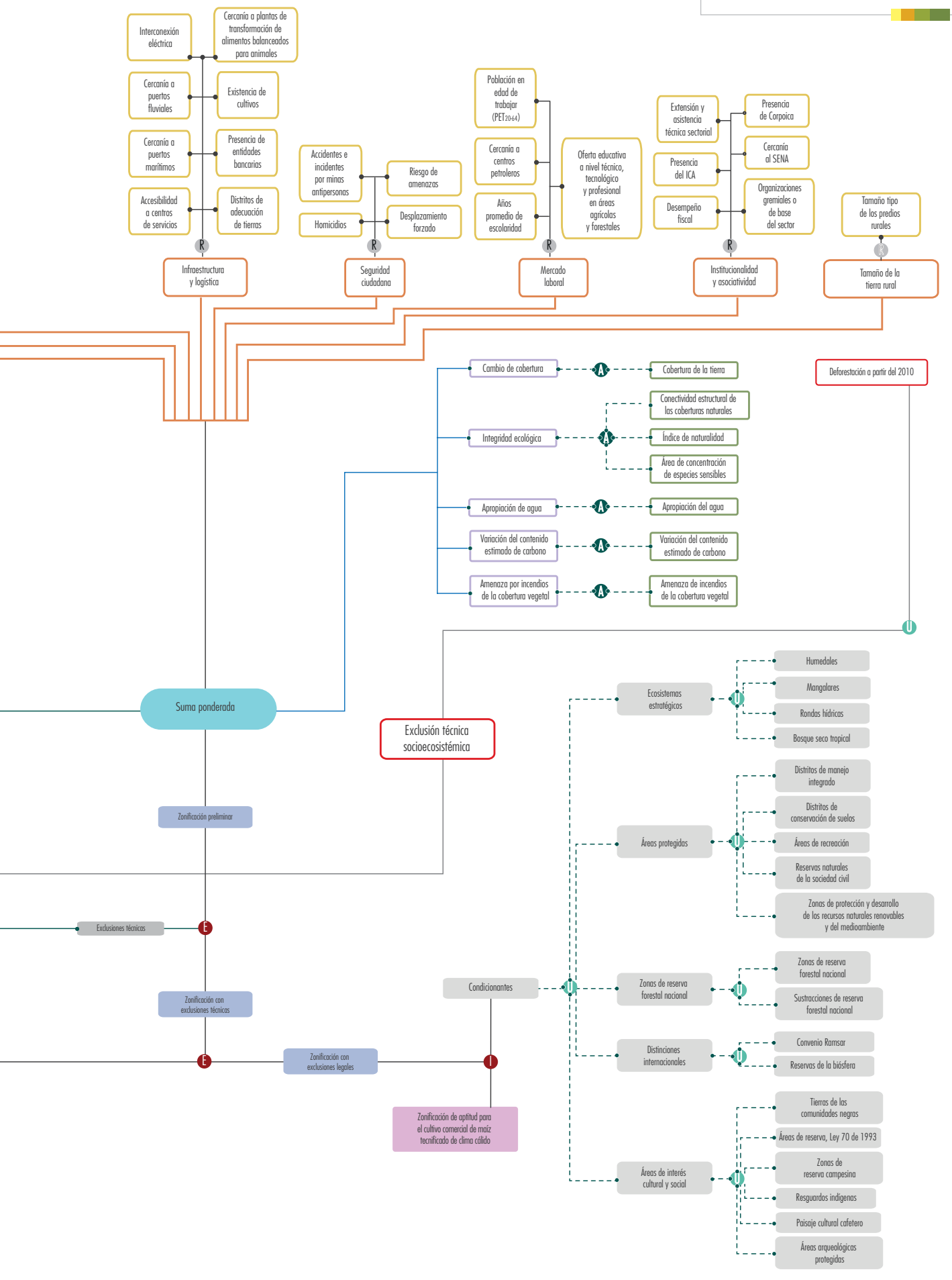

Interconexión eléctrica
Cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales
Cercanía a puertos fluviales
Existencia de cultivos
Cercanía a puertos marítimos
Presencia de entidades bancarias
Accesibilidad a centros de servicios
Distritos de adecuación de tierras
R
Infraestructura y logística
Accidentes e incidentes por minas antipersonas
Riesgo de amenazas
Homicidios
Desplazamiento forzado
R
Seguridad ciudadana
Población en edad de trabajar (PET2044)
Cercanía a centros petroleros
Años promedio de escolaridad
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales
R
Mercado laboral
Extensión y asistencia técnica sectorial
Presencia de Corpoica
Cercanía al SENA
Presencia del ICA
Desempeño fiscal
Organizaciones gremiales o de base del sector
R
Institucionalidad y asociatividad
Tamaño tipo de los predios rurales
R
Tamaño de la tierra rural
Cambio de cobertura
A
Cobertura de la tierra
Integridad ecológica
A
Conectividad estructural de las coberturas naturales
Índice de naturalidad
Área de concentración de especies sensibles
Apropiación de agua
A
Apropiación del agua
Variación del contenido estimado de carbono
A
Variación del contenido estimado de carbono
Amenaza por incendios de la cobertura vegetal
A
Amenaza de incendios de la cobertura vegetal
Deforestación a partir del 2010
U
Suma ponderada
Exclusión técnica socioecosistémica
Zonificación preliminar
Exclusiones técnicas
E
Zonificación con exclusiones técnicas
E
Zonificación con exclusiones legales
Condicionantes
I
Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Ecosistemas estratégicos
U
Humedales
Manglares
Rondas hídricas
Bosque seco tropical
Áreas protegidas
U
Distritos de manejo integrado
Distritos de conservación de suelos
Áreas de recreación
Reservas naturales de la sociedad civil
Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente
Zonas de reserva forestal nacional
U
Zonas de reserva forestal nacional
Sustracciones de reserva forestal nacional
Distinciones internacionales
U
Convenio Ramsar
Reservas de la biósfera
Áreas de interés cultural y social
U
Tierras de las comunidades negras
Áreas de reserva, Ley 70 de 1993
Zonas de reserva campesina
Resguardos indígenas
Paisaje cultural cafetero
Áreas arqueológicas protegidas

Figura 18. Modelo cartográfico del componente físico

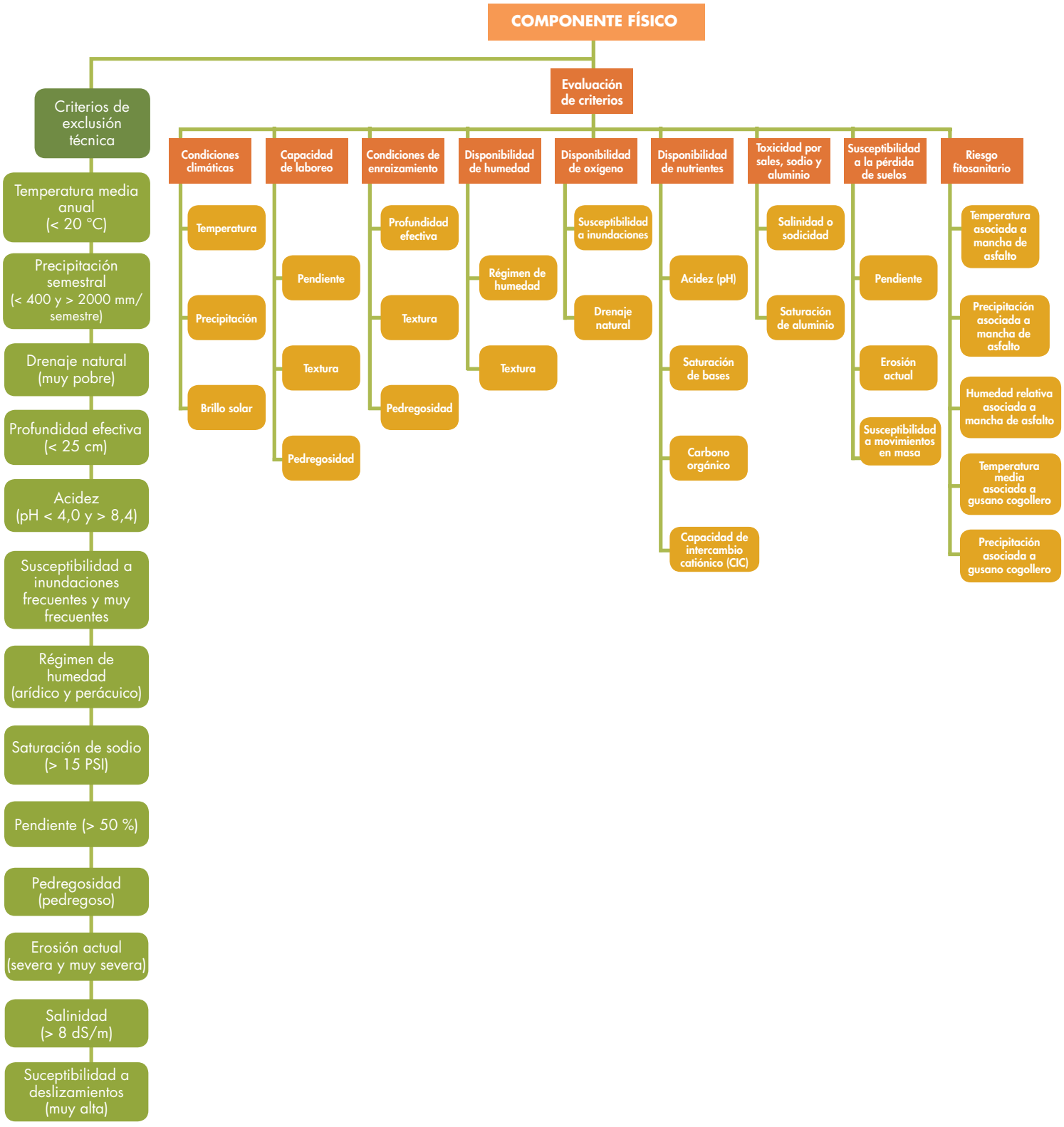


Figura 19. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico

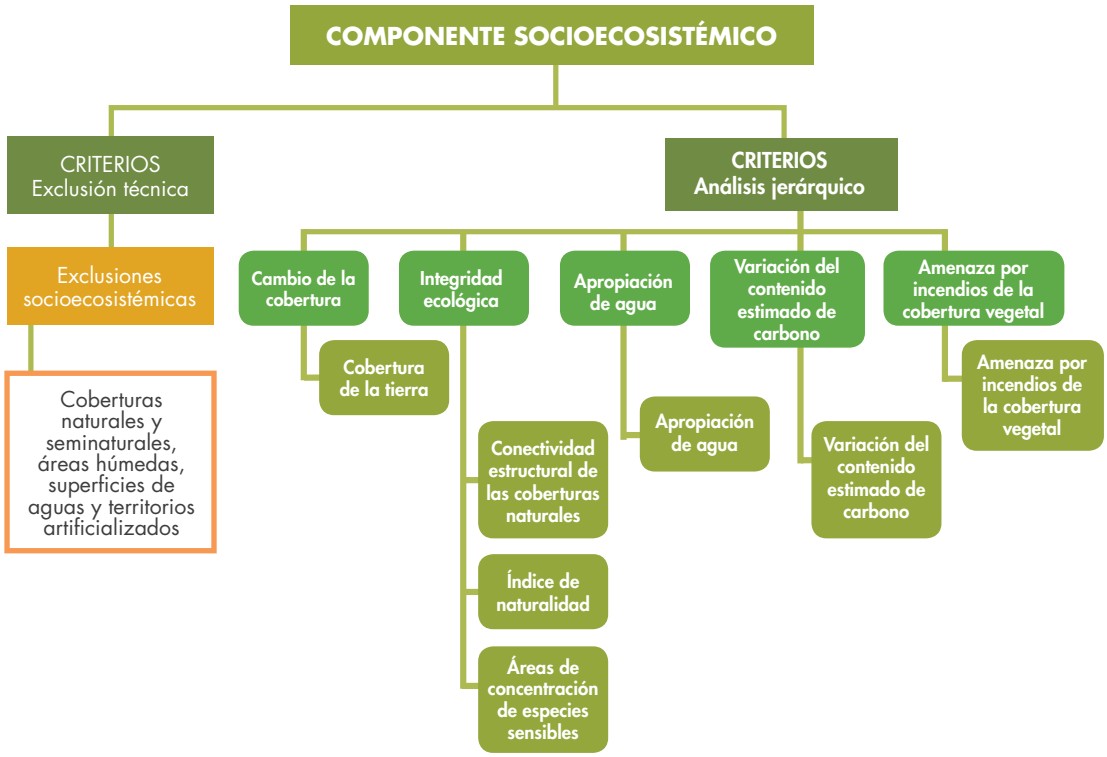


Figura 20. Modelo cartográfico del componente socioeconómico

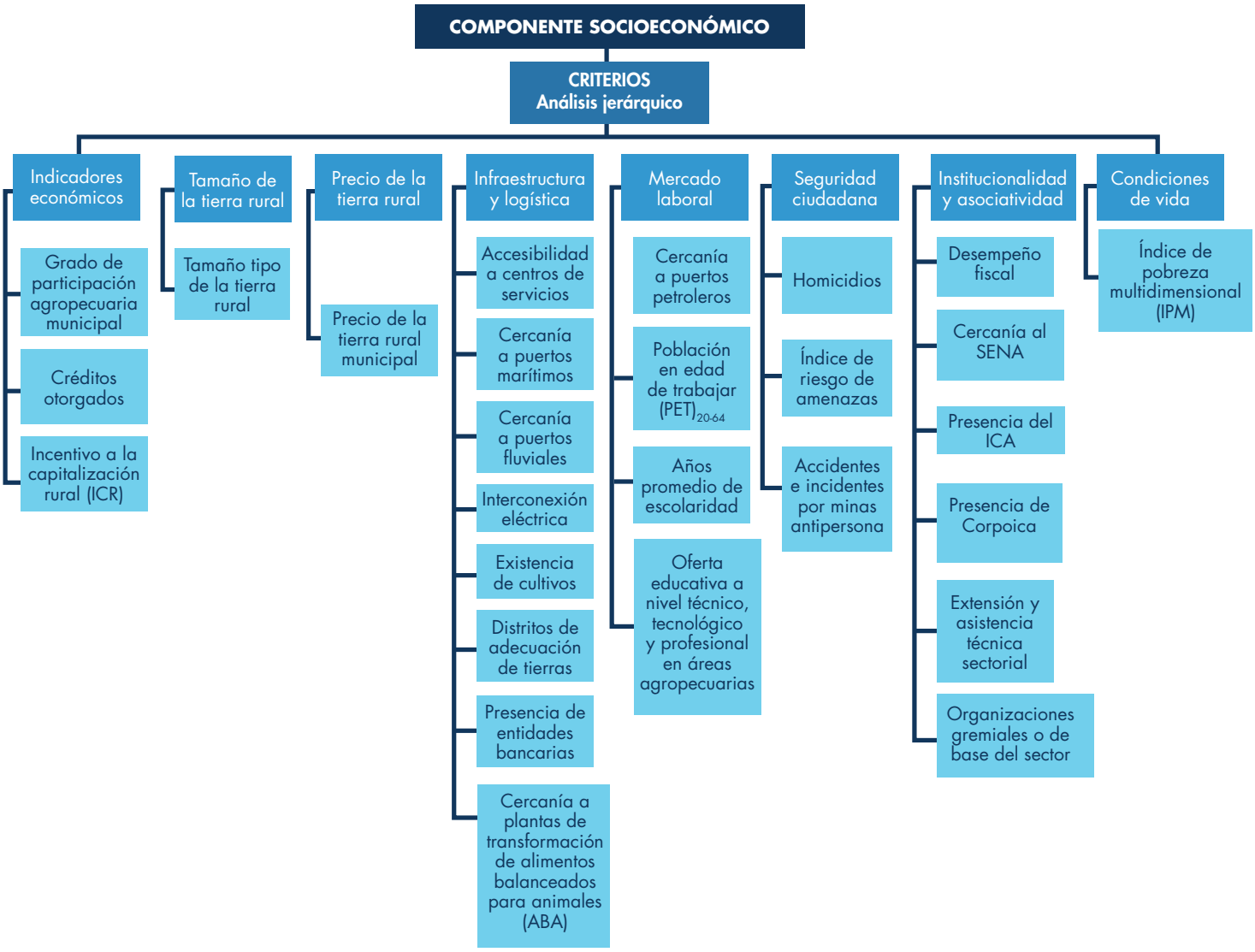
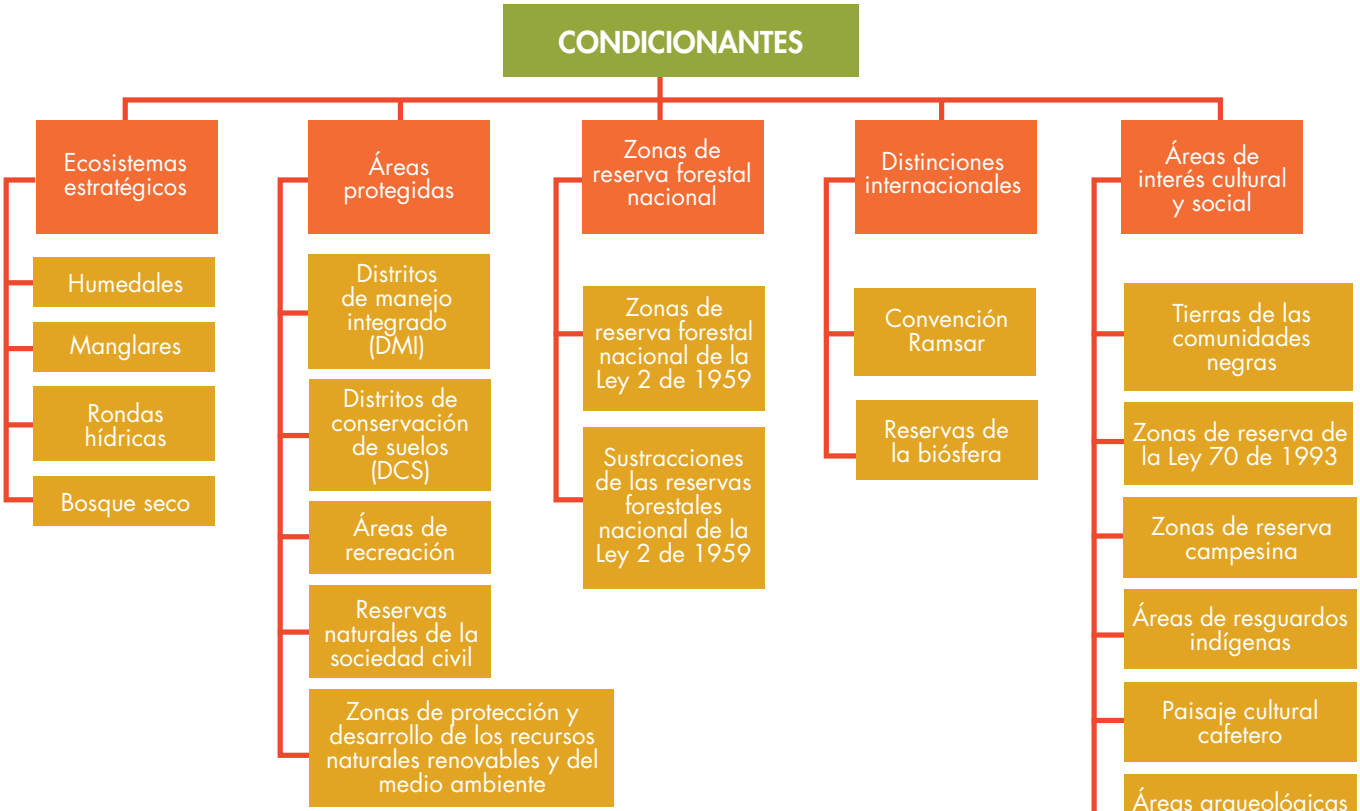


Figura 21. Modelo cartográfico de exclusiones legales

Figura 22. Modelo cartográfico de condicionantes legales



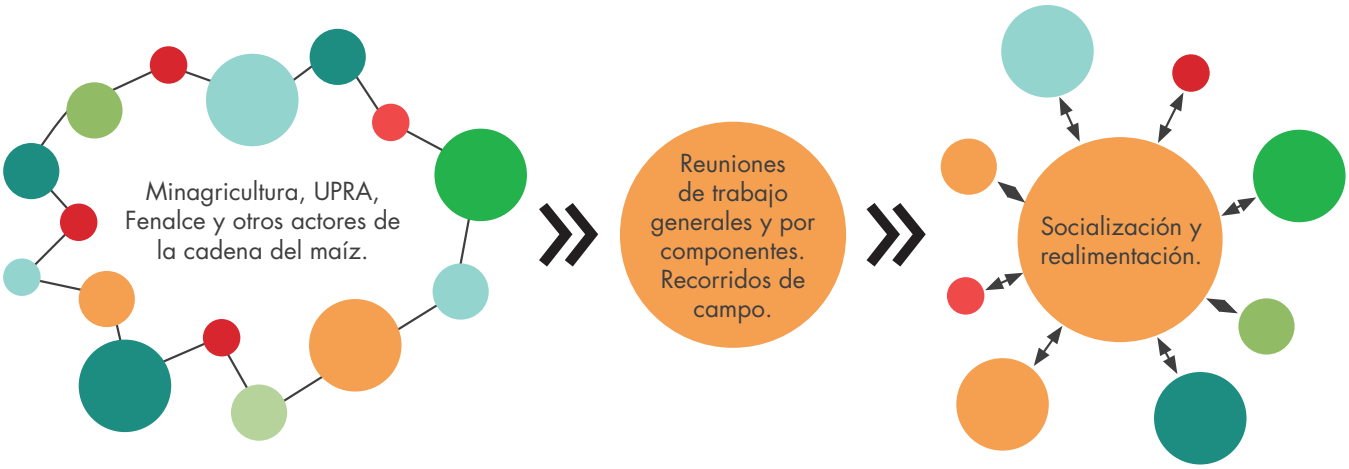
3.7. PROCESO DE VALIDACIÓN DE LOS MAPAS

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

- Trabajo conjunto con representantes de Fenalce y otros actores de la cadena productiva del maíz, 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 de los mapas semestrales integrados de aptitud.

En la figura 23 se presenta la estrategia adelantada para la socialización y validación del proyecto de zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido 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 del maíz

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 adelantan jornadas de socialización del proyecto de zonificación de aptitud con Fenalce y otros actores de la cadena productiva del maíz. En estas actividades se logra identificar la información relevante y se realimenta el trabajo desarrollado.

El 3 de septiembre de 2015 se realiza una reunión en la sede de Fenalce en el municipio de Cota (Cundinamarca), donde se expone la metodología desarrollada por la UPRA para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, a escala 1:100.000, según rangos de aptitud. Allí se presentan los criterios y las variables identificadas desde los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico), en función de validarlos con los asistentes al taller (figura 24).

Figura 24. Registro fotográfico del taller de socialización en Fenalce en Cota (Cundinamarca)

En la reunión participan algunos representantes de instituciones como el Minagricultura, Fenalce, el ICA, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Servicios Agroambientales Ecosaga S. A. S., Fenavi, la UPRA, Finagro, el Banco Agrario de Colombia, la Sociedad Fiduciaria de Desarrollo Agropecuario (Fiduagraria), Monsanto y Vecol, S. A.

El 20 de junio de 2017, en la reunión efectuada en la sede de Fenalce, en el municipio de Cota (Cundinamarca), se presenta el resultado de la zonificación de aptitud. En esta oportunidad se efectuan los ajustes definitivos a los mapas integrados semestrales.

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 maíz, se visitan las principales zonas de producción del cereal. Esto permite validar los criterios, las variables, los rangos de aptitud y las unidades cartográficas desde de los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico), mediante consulta directa con técnicos y productores. Así mismo, en los recorridos de campo, se revisan los diferentes mapas generados en el marco de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Durante la última semana de octubre de 2015, se realizaron recorridos en cuatro zonas de producción de maíz tecnificado, de importancia en el país: Meta-Casanare, Tolima-Huila, Córdoba-Sucre y Valle del Cauca-Cauca (figura 25).

Figura 25. Registro fotográfico de los recorridos de campo de la zonificación del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

En la zona de los Llanos Orientales, el recorrido se realiza por los departamentos del Meta y Casanare; se visitan los municipios de Villavicencio, Puerto López, Puerto Gaitán y Yopal. En el Tolima, el itinerario incluyó los municipios de Ibagué, El Espinal y Saldaña; mientras que en el Huila, se visitan los municipios de Neiva y Campoalegre.

En los departamentos de Córdoba y Sucre, el recorrido incluye los municipios de Montería, Cereté, Sincelejo y la región de La Mojana. En el Valle del Cauca y Cauca, la socialización se hace en los municipios de Yumbo, Palmira, El Cerrito, Buga, Andalucía, Bugalagrande, Cartago, Obando, Jamundí, Cali y Guachené.

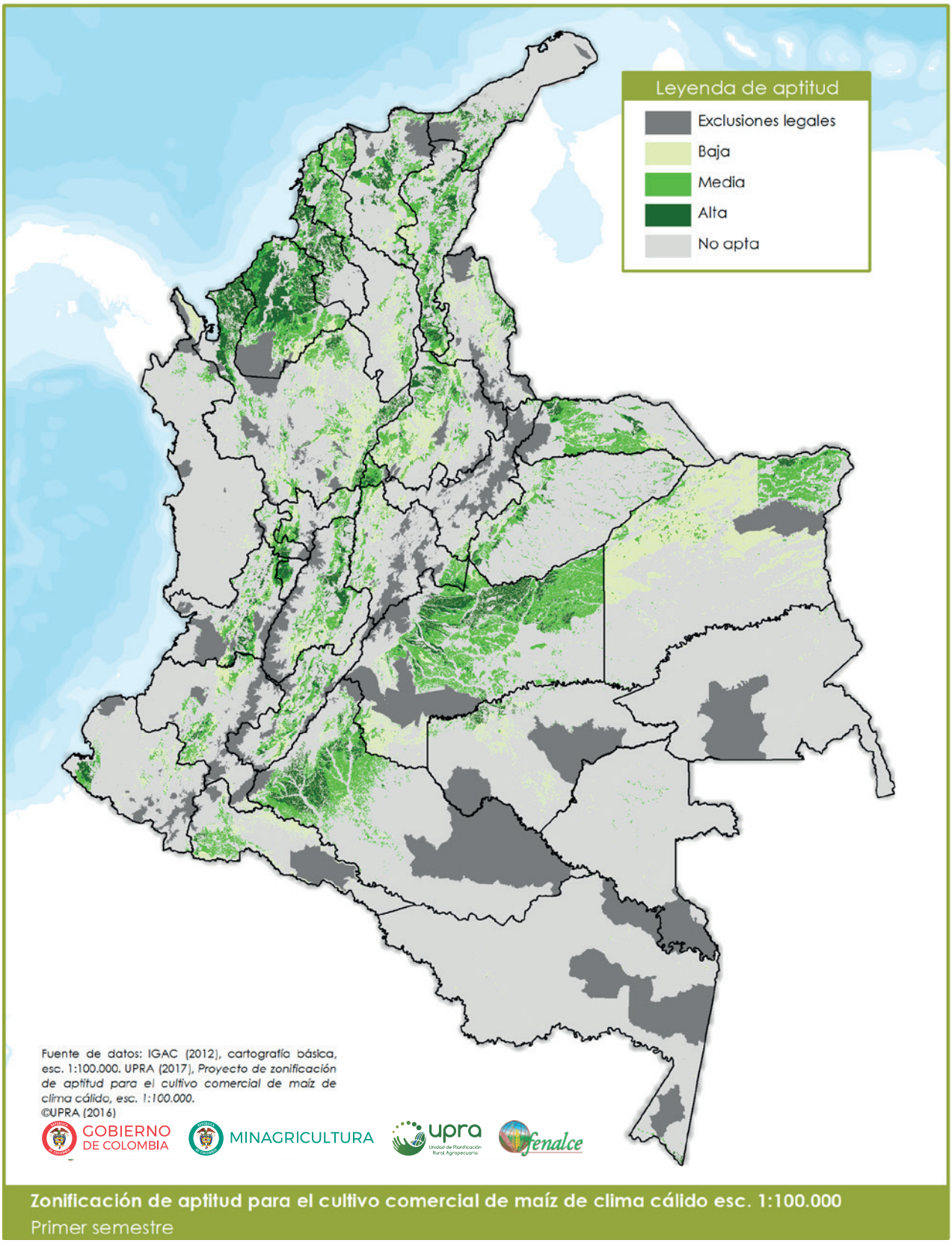
4. RESULTADOS

Teniendo en cuenta que el maíz de grano amarillo y blanco tecnificado es un cultivo transitorio, para el ejercicio de zonificación de aptitud a escala 1:100.000, se identificó e integró la variable precipitación para los dos semestres agrícolas, dentro del criterio denominado condiciones climáticas. El primer semestre agrícola comprende de marzo hasta agosto, y el segundo semestre agrícola de septiembre a febrero. De esta manera, los resultados de la zonificación de aptitud se presentan para los dos semestres agrícolas.

4.1. PRIMER SEMESTRE AGRÍCOLA

El total de áreas aptas para para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en el primer semestre agrícola asciende a 18.226.629 ha, equivalentes a 16,0 % del área continental del país (figura 26).

Figura 26. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, escala 1:100.000. Primer semestre agrícola



De las áreas aptas en el primer semestre agrícola, 4.484.808 ha corresponden a una aptitud alta (A1); 7.754.404 ha se clasifican en aptitud media (A2) y 5.987.417 ha en aptitud baja (A3). Así mismo, las áreas no aptas para desarrollar dicha actividad equivalen a 79.605.741 ha, es decir, el 69,8 % del total de área continental nacional. Por su parte, las áreas de exclusiones legales equivalen a 16.242.601 ha, correspondientes al 14,2 % del total (cuadro 30).

Cuadro 30. Áreas resultantes de la zonificación para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola

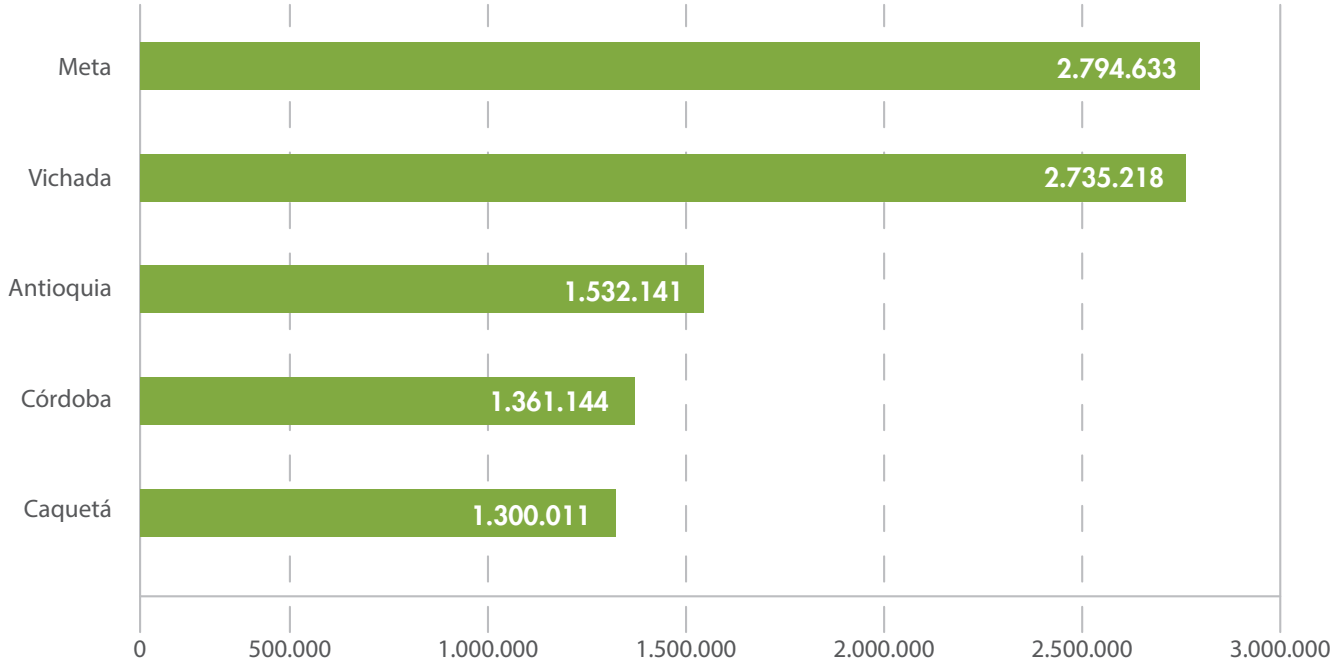
Aptitud	Área (ha)	Participación (%)
Aptitud alta (A1)	4.484.808	3,9
Aptitud media (A2)	7.754.404	6,8
Aptitud baja (A3)	5.987.417	5,2
Total área potencial	18.226.629	16,0
Área no apta (N1)	79.605.741	69,8
Exclusiones legales	16.242.601	14,2
Total área Colombia	114.074.970	100

Los departamentos con mayor área apta para el primer semestre agrícola son Meta (2.794.633 ha), Vichada (2.735.218 ha), Antioquia (1.532.141 ha), Córdoba (1.361.144 ha) y Caquetá (1.300.011 ha), con un total de 9.723.147 ha que representan el 53,3 % del total del área apta del territorio nacional (cuadro 31 y figura 27).

Cuadro 31. Áreas aptas por departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz de clima cálido. Primer semestre agrícola

Departamento	Aptitud baja (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud alta (ha)	Total apto (ha)
Meta	320.714	1.705.563	768.356	2.794.633
Vichada	2.068.978	609.362	56.878	2.735.218
Antioquia	592.796	447.229	492.116	1.532.141
Córdoba	116.119	450.198	794.826	1.361.144
Caquetá	82.117	758.496	459.398	1.300.011
Santander	447.293	335.131	97.959	880.383
Cesar	107.573	368.385	259.457	735.415
Arauca	85.388	446.116	93.042	624.546
Bolívar	196.407	306.381	112.208	614.996
Tolima	161.528	245.956	151.251	558.735
Magdalena	108.114	197.323	192.827	498.264
Casanare	77.515	245.413	83.664	406.591
Huila	122.190	191.429	82.439	396.058
Norte de Santander	254.683	103.494	32.499	390.676
Valle del Cauca	101.920	150.505	120.949	373.374
Cundinamarca	143.554	190.396	36.040	369.990
Cauca	174.439	153.698	36.249	364.386
Putumayo	191.331	148.838	14.780	354.948
Sucre	1215	68.305	248.211	317.731
Guaviare	215.107	41.438	50.155	306.700
Nariño	92.838	74.215	50.713	217.766
La Guajira	16.767	91.080	88.768	196.615
Caldas	63.929	95.524	31.797	191.249
Boyacá	45.778	88.545	34.909	169.232
Atlántico	17.945	113.117	20.907	151.969
Chocó	99.288	40.835	8599	148.721
Risaralda	23.144	47.486	19.823	90.453
Quindío	1839	23.207	39.282	64.328
Guainía	26.745	1531		28.276
Vaupés	15.310	11.372		26.682
Amazonas	14.850	3836	6710	25.397
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
Total nacional	5.987.417	7.754.404	4.484.808	18.226.629

Figura 27. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola



Los departamentos que mostraron la mayor superficie con aptitud alta (A1) para el primer semestre agrícola son Córdoba (794.826 ha), Meta (768.356 ha), Antioquia (492.116 ha), Caquetá (459.398 ha) y Cesar (259.457 ha); en tanto que los departamentos de Meta (1.705.563 ha), Caquetá (758.496 ha), Vichada (609.362 ha), Córdoba (450.198 ha) y Antioquia (447.229 ha) presentaron la mayor superficie con aptitud media (A2).

Por otra parte, en el primer semestre agrícola, los principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido corresponden a La Primavera y Cumaribo, en el departamento de Vichada (1.085.403 ha y 876.512 ha, respectivamente); Puerto Gaitán, en el departamento del Meta (828.667 ha); Puerto Carreño, en el departamento de Vichada (531.592 ha); y Puerto López, en el departamento del Meta (403.214 ha) (figura 28).

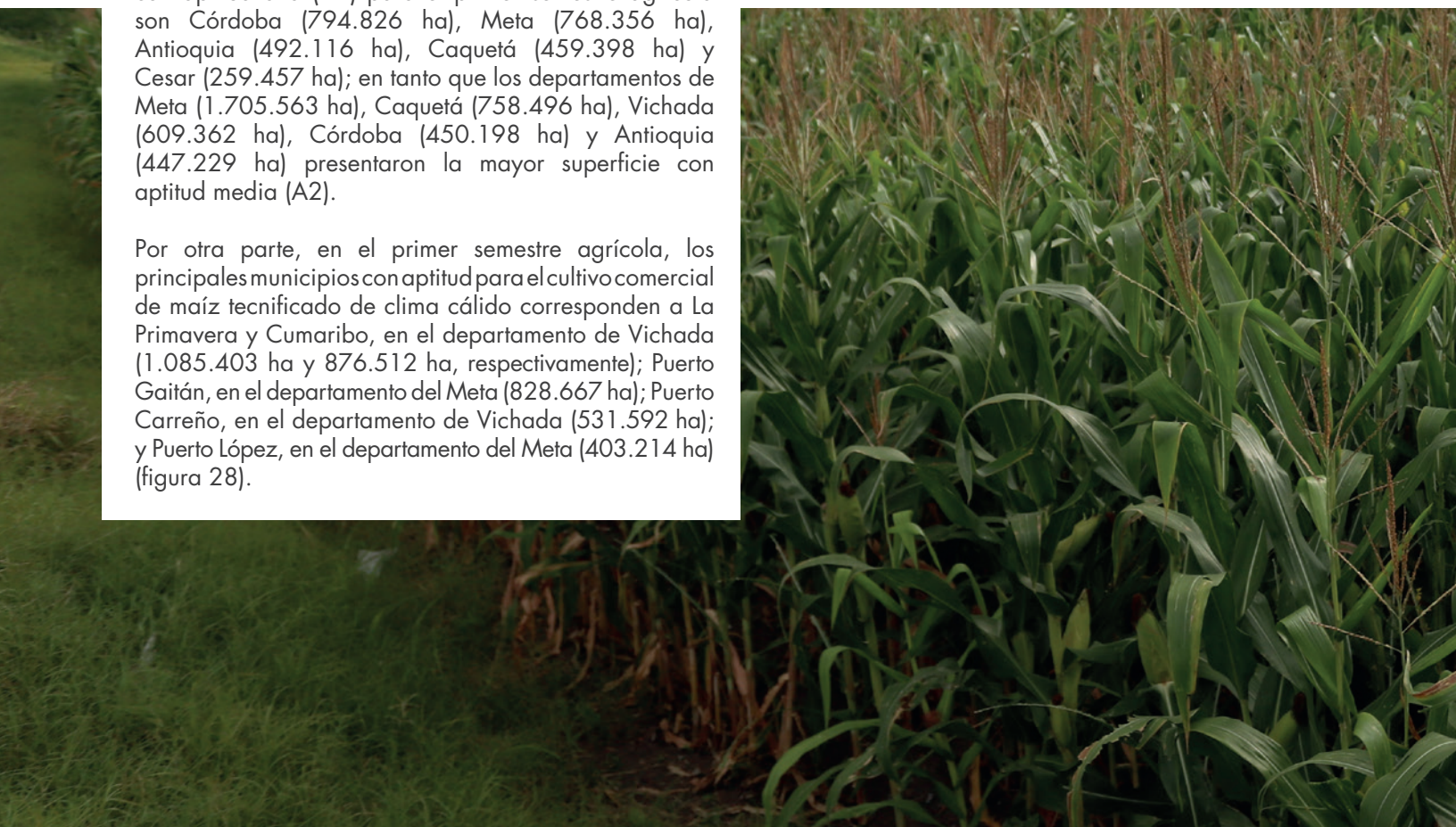
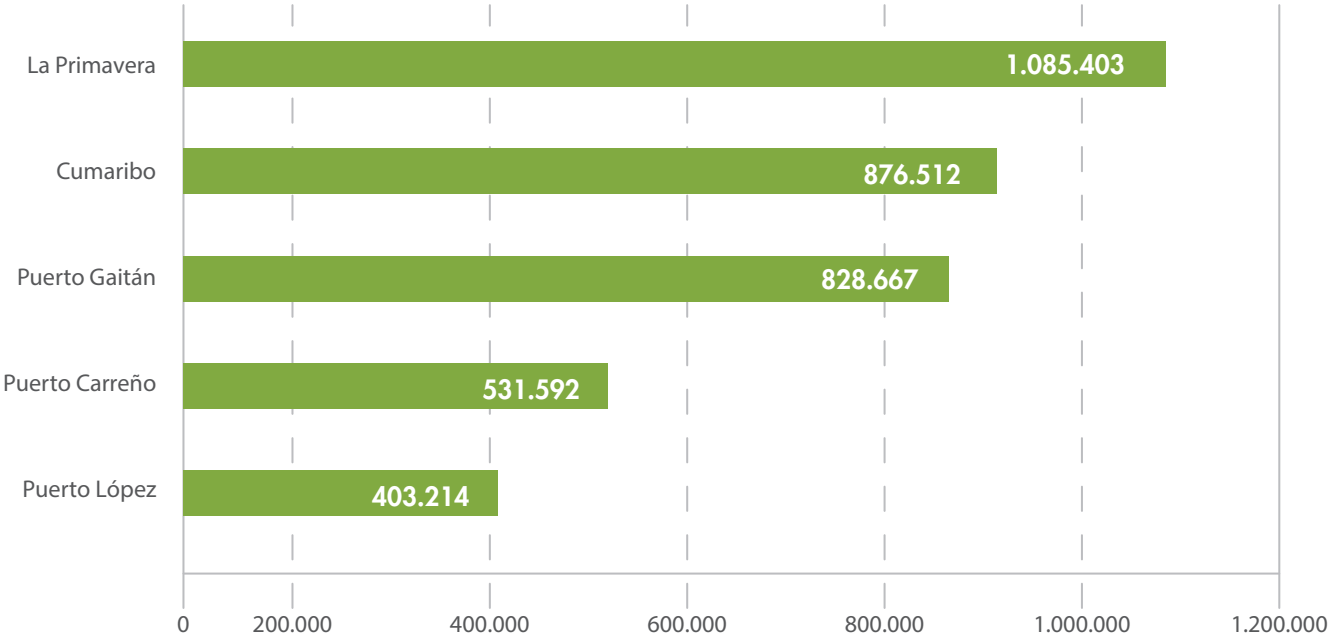


Figura 28. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Primer semestre agrícola

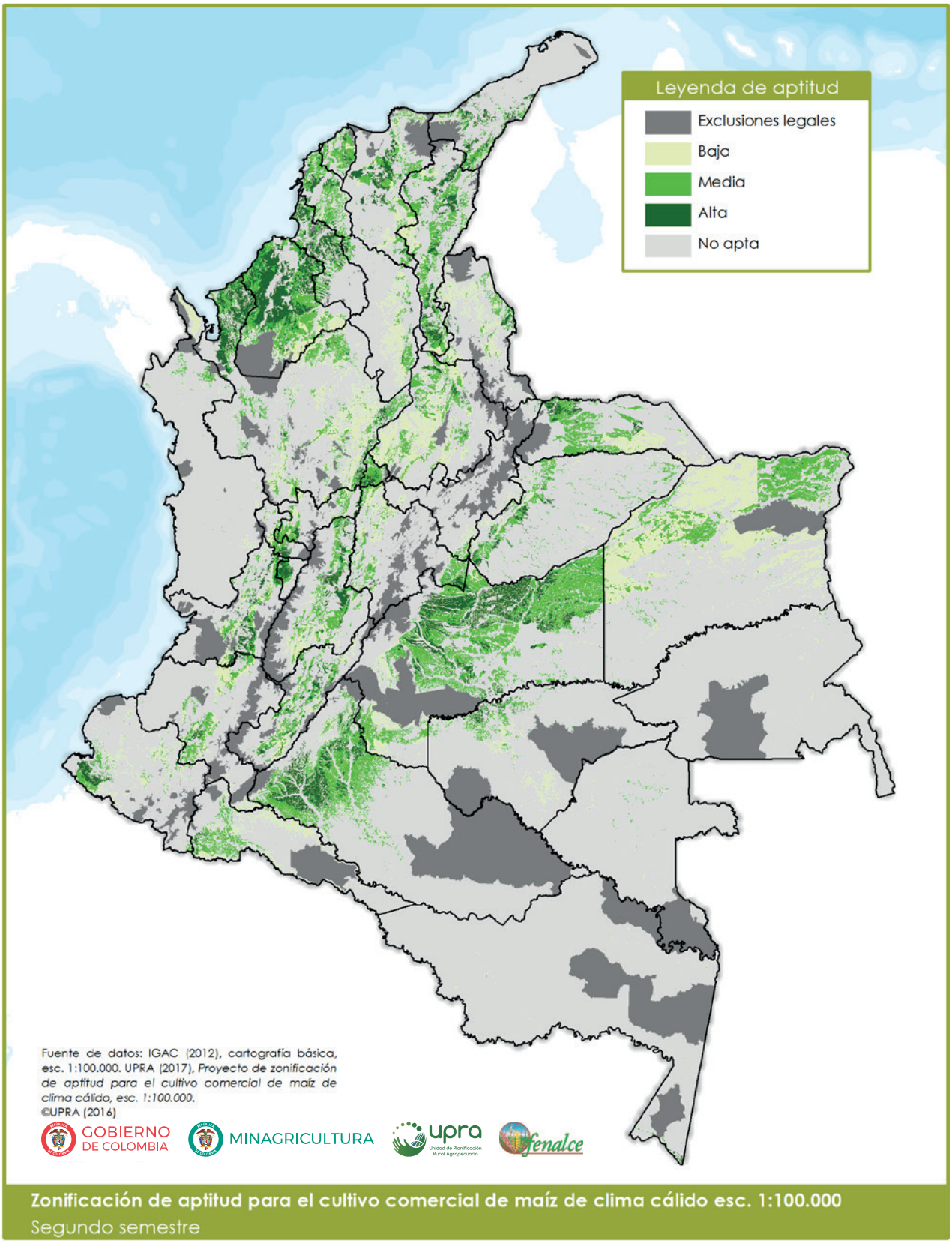


4.2. SEGUNDO SEMESTRE AGRÍCOLA

El total de áreas aptas para para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en el segundo semestre agrícola, asciende a 18.169.599 ha, equivalentes al 15,9 % del área continental del país.

De las áreas aptas en el segundo semestre agrícola, 4.388.333 ha corresponden a una aptitud alta (A1); 7.825.987 ha se clasifican en aptitud media (A2) y 5.955.279 ha tienen aptitud baja (A3). Así mismo, las áreas no aptas para desarrollar dicha actividad equivalen a 79.662.771 ha, es decir, el 69,8 % del total de área nacional. Por otra parte, las áreas de exclusiones legales equivalen a 16.242.601 ha, correspondientes al 14,2 % del total continental nacional (figura 29 y cuadro 32).

Figura 29. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia, escala 1:100.000. Segundo semestre agrícola



Cuadro 32. Áreas resultantes de la zonificación para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola

Aptitud	Área (ha)	Participación (%)
Aptitud alta (A1)	4.388.333	3,8
Aptitud media (A2)	7.825.987	6,9
Aptitud baja (A3)	5.955.279	5,2
Total área potencial	18.169.599	15,9
Área no apta (N1)	79.662.771	69,8
Exclusiones legales	16.242.601	14,2
Total área Colombia	114.074.970	100

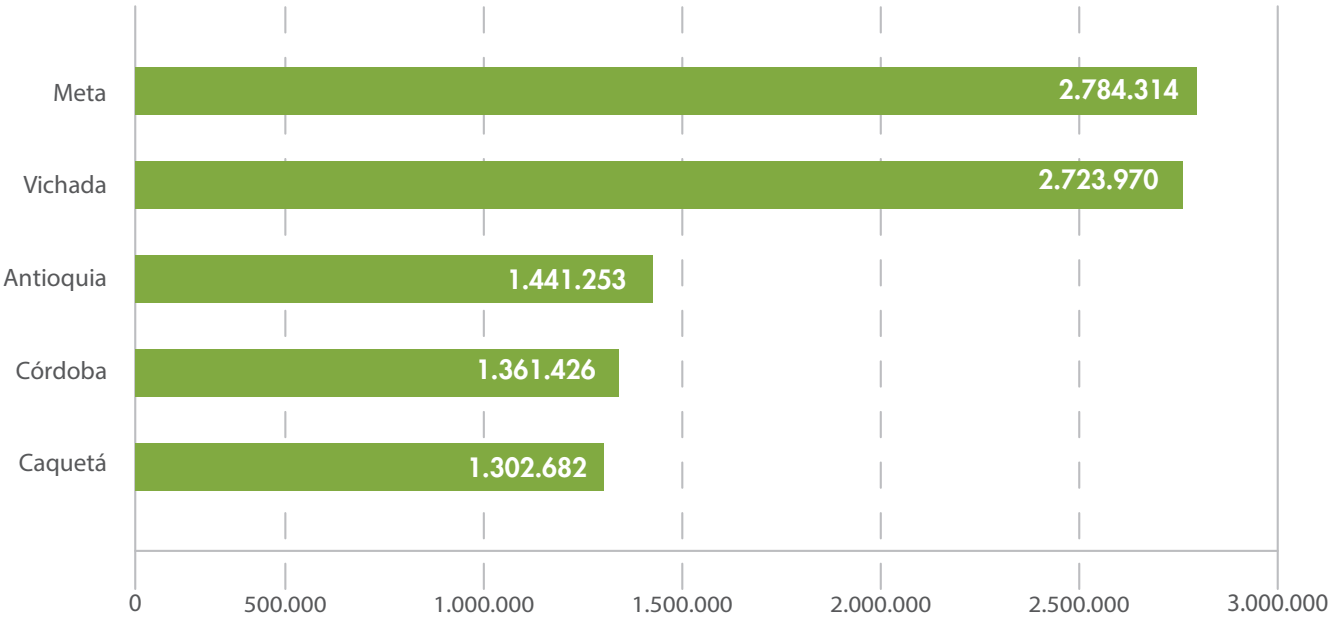
Los departamentos con mayor área apta para el segundo semestre agrícola son Meta (2.784.314 ha), Vichada (2.723.970 ha), Antioquia (1.441.253 ha), Córdoba (1.361.426 ha) y Caquetá (1.302.682 ha), con un total de 9.613.646 ha, que representan el 52,9 % del total del área apta del territorio continental nacional (cuadro 33 y figura 30).

Cuadro 33. Áreas aptas por departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de maíz de clima cálido. Segundo semestre agrícola

Departamento	Aptitud baja (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud alta (ha)	Total apto (ha)
Meta	179.377	1.620.469	984.468	2.784.314
Vichada	1.851.719	858.557	13.694	2.723.970
Antioquia	592.892	453.256	395.106	1.441.253
Córdoba	193.241	471.799	696.387	1.361.426
Caquetá	56.950	745.162	500.571	1.302.682
Santander	554.523	291.384	35.987	881.893
Cesar	123.738	382.154	228.533	734.425
Arauca	198.562	344.204	81.710	624.476

Departamento	Aptitud baja (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud alta (ha)	Total apto (ha)
Bolívar	235.306	273.113	88.732	597.151
Tolima	156.569	245.755	156.210	558.533
Magdalena	123.799	208.976	166.647	499.422
Casanare	80.002	245.597	80.431	406.029
Huila	114.443	183.654	97.714	395.811
Valle del Cauca	104.862	136.611	131.190	372.663
Putumayo	198.124	154.733	17.528	370.385
Cauca	179.523	147.845	40.109	367.477
Cundinamarca	147.452	173.822	45.915	367.189
Norte de Santander	243.621	84.607	24.697	352.925
Nariño	150.248	91.835	74.536	316.619
Sucre	2435	104.158	209.916	316.509
Guaviare	141.868	105.181	55.658	302.706
La Guajira	19.275	93.426	100.321	213.022
Caldas	64.384	92.283	33.269	189.935
Boyacá	47.980	83.920	32.862	164.763
Atlántico	21.277	113.073	22.045	156.395
Chocó	90.521	36.529	8545	135.595
Risaralda	23.650	43.709	20.092	87.451
Quindío	2261	23.286	38.750	64.297
Guainía	26.518	1687	–	28.205
Vaupés	15.310	11.372	–	26.682
Amazonas	14.850	3834	6710	25.395
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	–	–	–	–
Total nacional	5.955.279	7.825.987	4.388.333	18.169.599

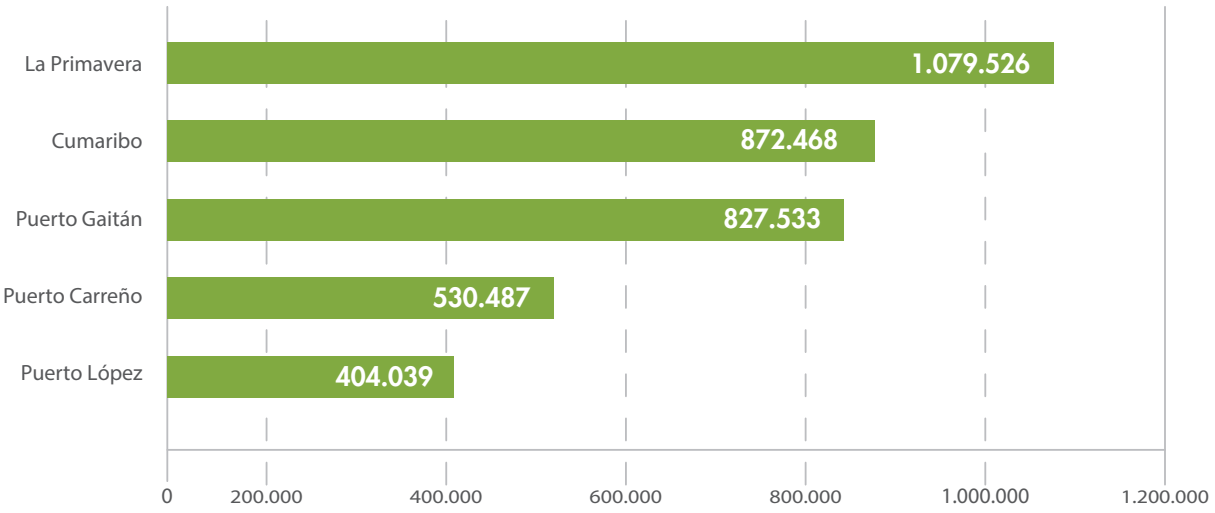
Figura 30. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola



Los departamentos que mostraron la mayor superficie con aptitud alta (A1) para el segundo semestre agrícola son Meta (984.468 ha), Córdoba (696.387 ha), Caquetá (500.571 ha), Antioquia (395.106 ha) y Cesar (228.533 ha); en tanto que los departamentos de Meta (1.620.469 ha), Vichada (858.557 ha), Caquetá (745.162 ha), Córdoba (471.799 ha) y Antioquia (453.256 ha) presentaron la mayor superficie con aptitud media (A2).

En el segundo semestre agrícola, los principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido corresponden a La Primavera y Cumaribo, en el departamento de Vichada (1.079.526 ha y 872.468 ha, respectivamente); Puerto Gaitán, en el departamento del Meta (827.533 ha); Puerto Carreño, en el departamento de Vichada (530.487 ha); y Puerto López, en el departamento del Meta (404.039 ha) (figura 31).

Figura 31. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Segundo semestre agrícola



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, a escala 1:100.000, permite identificar las áreas geográficas que presentan condiciones apropiadas para desarrollar esta actividad. 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, Fenalce y los demás actores de la cadena productiva del maíz. El ejercicio parte de un modelo conceptual basado en la integración de criterios físicos, socioecosistémicos 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 específicos 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 relacionadas con fincas o predios particulares.

Mediante el análisis multicriterio, se determinó que el componente físico tuvo un peso relativo del 51,9 %, seguido del componente socioeconómico con 30,1 % y el socioecosistémico con 18,0 %.

Los criterios de mayor importancia dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido a escala 1:100.000 son condiciones climáticas (11,8 %), apropiación de agua (10,5 %), capacidad de laboreo (10,0 %), infraestructura y logística (9,2 %), condiciones de enraizamiento (7,5 %) y mercado laboral (6,6 %).

Dentro del componente físico, en los resultados de la zonificación de aptitud se destaca que el criterio de condiciones climáticas —compuesto por las variables precipitación total semestral, temperatura media 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 maíz tecnificado de clima cálido.

Por otra parte, desde el subcomponente edáfico, la capacidad de laboreo y las condiciones de enraizamiento presentan una destacada importancia para el desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Dentro de los criterios socioecosistémicos, la apropiación de agua es el más importante, ya que muestra que la disponibilidad hídrica es una limitante para los cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido: tanto el exceso como la deficiencia de este recurso tienen implicaciones para su normal desarrollo.

Con relación a la información socioeconómica, el criterio infraestructura y logística presenta la mayor importancia, ya que se relaciona con las posibilidades de intercambio comercial de bienes y servicios del aparato productivo. Algunas variables como existencia de cultivos, accesibilidad a centros de servicios y cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA) inciden en el conocimiento de los agentes económicos de la presencia de núcleos relacionados con la cadena y, por consiguiente, en una mayor probabilidad de la existencia de infraestructura productiva y logística especializada.

La construcción de las variables que definen la aptitud por isócronas es un proceso de análisis cuyo aporte a la zonificación de aptitud se traduce en la identificación de las características de competitividad, por su accesibilidad a la oferta de infraestructura para el movimiento del aparato productivo que exige la cadena.

Respecto a los resultados, en los mapas se identificó que, para el primer semestre agrícola, se tienen 18.226.629 ha aptas; de las cuales, 4.484.808 ha (3,9 %) corresponden a una aptitud alta (A1); 7.754.404 ha (6,8 %) a aptitud media (A2) y 5.987.741 ha (5,2 %) a aptitud baja (A3). Para el segundo semestre, se identificaron 18.169.599 ha aptas; de las cuales, 4.388.333 ha (3,8 %) corresponden a una aptitud alta (A1), 7.825.987 ha (6,9 %) a aptitud media (A2) y 5.955.279 ha (5,2 %) a aptitud baja (A3), lo que indica que no existen diferencias importantes en los resultados de la aptitud para los dos semestres agrícolas, en relación con la superficie apta. Así mismo, para los principales departamentos y municipios con aptitud para este cultivo, tampoco existen grandes diferencias en el total de área apta entre los dos semestres.

Dada la dinámica de las variables, así como la construcción de criterios, se evidencia la necesidad de actualizar periódicamente los mapas semestrales de aptitud para el cultivo comercial de maíz de clima cálido tecnificado, a escala 1:100.000, en particular por el acceso a nueva información y la posibilidad de generar los mapas de zonificación de aptitud a escala 1:25.000.

Con base en el resultado de áreas aptas, se evidencia una amplia posibilidad de desarrollo de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia. La diversidad de ambientes y las condiciones socioeconómicas y socioecosistémicas permiten llevar a cabo esta actividad agrícola.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2014). *Áreas en producción y exploración*.*

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* (pp. 393-396). Calatayud: Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Recuperado de <www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>

Arévalo, D. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica.* Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Bogotá. Recuperado de <http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf>

Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. (2011). «Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia Sector Agrícola». *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo,* 101-126. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11915/101-126%20Arevalo_Huella%20Hidrica.pdf>

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (s.f.). *La salinidad y su influencia en suelos y plantas.* Recuperado de sitio web de la Autoridad Nacional del Agua (ANA): <www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>

Brown, S. y Lugo, A. (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>

Cabrera, E., Vargas, D. M., Galindo, G., García, M., Ordóñez, M., Vergara, L., . . . 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-f2fbefd6d006>

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/s004420050201>

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>

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.

Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA); Good Stuff International Latinoamérica y Caribe (GSI-LAC); Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (Cosude); Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (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. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH_ENA2014.pdf>

Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica). (s.f). *Corpoica MÁS*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/movil/corpoica-mas>

—. (2005). *Plan nacional de investigación, desarrollo y fomento del cultivo del maíz tecnificado en Colombia (2006-2020)*. Recuperado del sitio web de Fenalce: <http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Corp2005MT.pdf>

—. (2014). *Centros Corpoica*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/menu/nc/>

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

Decreto 663 de 1993. [Presidencia de la República]. Por medio del cual se actualiza el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero y se modifica su titulación y numeración. *Diario Oficial* 40.820, del 5 de abril de 1993. Colombia. Recuperado de < http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1348>

Decreto 2811 de 1974. [Presidencia de la República]. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974.

Decreto 622 de 1977. [Presidencia de la República]. Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto- Ley número 2811 de 1974 sobre «sistema de parques nacionales»; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2ª de 1959. 16 de marzo de 1977.

Decreto 1449 de 1977. [Ministerio de Agricultura]. 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 No. 2811 de 1974. 27 de junio de 1977.

Decreto 626 de 1994. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 101 de 1993 y se dictan algunas disposiciones sobre el Incentivo a la Capitalización Rural. *Diario Oficial* 41.281, del 24 de marzo de 1994. Colombia.

Decreto 1840 de 1994. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por el cual se reglamenta el Artículo 65 de la Ley 101 de 1993. *Diario Oficial* 41.473, del 3 de agosto de 1994. Colombia.

Decreto 2164 de 1995. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo XIV de la Ley 160 de 1994 en lo relacionado con la dotación y titulación de tierras a las comunidades indígenas para la constitución, reestructuración, ampliación y saneamiento de los Resguardos Indígenas en el territorio nacional. *Diario Oficial* 42.140, del 7 de diciembre de 1995. Colombia.

Decreto 1996 de 1999. [Ministerio de Medio Ambiente]. Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil. *Diario Oficial* 43.751, del 21 de octubre de 1999. Colombia.

Decreto 2372 de 2010. [Presidencia de la República]. Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. Colombia. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col96046.pdf>.

Decreto 4145 de 2011. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por el cual se crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios - UPRA y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* 48.242, del 3 de noviembre de 2011. Colombia.

Decreto 1640 de 2012. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* 48.510, del 2 de agosto de 2012. Colombia.

Decreto 1076 de 2015. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Diario Oficial* 49.523, del 26 de mayo de 2015. Colombia.

Decreto 1080 de 2015. [Ministerio de Cultura]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura. *Diario Oficial* 49.523, del 26 de mayo de 2015. Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2004). *Maíz tecnificado en Colombia.* Recuperado del sitio web del DANE: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/maiz_tecnificado.pdf>

—. (2005). *Censo general de población.* Bogotá: DANE. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>

—. (2007a). *Estimaciones y proyecciones de población 1985-2020.* Recuperado de Geoportal DANE: <https://geoportal.dane.gov.co/laboratorio/estimaciones/indicador1.html>

—. (2007b). *Proyecciones de población 2005-2020.* Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

—. (2014). *Series de población 1985-2020.* Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/series-de-poblacion>

—. (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). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-social/pol%C3%ADticas-sociales-transversales/Paginas/promoci%C3%B3n-de-la-equidad-y-reducci%C3%B3n-de-la-pobreza.aspx>

—. (2011). *Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-Colombia) 1997-2008 y meta del PND.* Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/%C3%8Dndice%20de%20Pobreza%20Multidimensional%20(IPM-Colombia)%201997-2008.pdf>

—. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013.*

Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>

—. (2015a). *Cálculos IPM con datos del Censo General 2005**. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.

—. (2015b). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: «Todos por un nuevo país».* Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.

Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra: conceptos de clasificación y manual para el usuario.* Roma: FAO.

Dirección para la Acción Integral Contra Minas Antipersonal. (2015). *Eventos minas antipersonal en Colombia* [base de datos]. Recuperado del sitio web de Datos abiertos: <https://www.datos.gov.co/Inclusi-n-Social-y-Reconciliaci-n/Eventos-Minas-Antipersonal-en-Colombia/xjwj-j6bq>

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>

Federación Nacional de Avicultores de Colombia (Fenavi). (2015). Plantas de transformación de ABA*.

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce). (2010). «El cultivo del maíz, historia e importancia». *El cerealista*, 10-19. Recuperado de <http://studylib.es/doc/5512052/el-cultivo-del-ma%C3%ADz–historia-e-importancia>

—. (2014). *Situación actual y perspectivas de los cultivos de maíz amarillo y blanco.* Recuperado de Sitio web de Fenalce: <http://www.fenalce.org/archivos/situacmaiz2015.pdf>

—. (2015). *Oficinas regionales a 2015**.

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>

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro). (2014). *ISA - Incentivo al Seguro Agropecuario.* Recuperado de sitio web de Finagro: <https://www.finagro.com.co/productos-y-servicios/isa-incentivo-al-seguro-agropecuario>

Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson y Í. Yépez (Eds.), *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation* (C. Devenish, Í. Y. Zabala y A. Pérez-Leroux, Trads., pp. 135-148). Quito, Ecuador: BirdLife International. Recuperado de <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia.pdf>

García-Márquez, J., Moreno, M. y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia.* Bogotá: SELVA.

Gobernación de Antioquia. (2015). *Manual Técnico del Cultivo de Maíz bajo Buenas Prácticas Agrícolas.* Medellín. Recuperado de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20%20MAIZ.pdf>

Gómez, J. (2012). *Caracterización agroclimática del Tolima y Huila y análisis de amenazas en la zona maicera* [Documento inédito]. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) Subdirección de Meteorología, Bogotá.

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)* (pp. 170-228). Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

Grande, C. y Orozco, B. (2013). «Producción y procesamiento del maíz en Colombia». *Guillermo de Ockham, 11*(1), 97-110. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105327548008>

Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento.* Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales, Bogotá.

Instituto Alexander von Humboldt (IAVH). (2014). *Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000.*

—. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000.* IAVH: Bogotá.

—. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, escala 1:100.000**.

Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000.* Bogotá: IAVH.

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>

—. (2014). *Directorio por seccionales.* Recuperado de <http://www.ica.gov.co/El-ICA/Directorio-por-departamentos.aspx>

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas* [capa]*.

—. (2015b). *Parques arqueológicos* [capa]*.

Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder). (2007). Distritos de riego [información de tipo documental y espacial].

—. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993* [capa]*.

—. (2015a). *Comunidades negras* [capa]*.

—. (2015b). *Resguardos indígenas* [capa]*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.

—. (2010a). «Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000». *Estudio nacional del agua (ENA).* Bogotá: Ideam.

—. (2010b). E*studio nacional del agua (ENA) 2010.* Bogotá: Ideam.

—. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762>

—. (2010d). *Resumen ejecutivo de la memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica.* Bogotá.

—. (2011). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.

—. (2014a). «Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000». *Atlas climatológico de Colombia.* Bogotá: Ideam.

—. (2014b). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

—. (2014c). *Mapa de distribución de la humedad relativa media anual (%), escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

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

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

—. (2014f). *Valores medios multianuales de precipitación total en mm: periodo 1981-2010* [tabla]. Bogotá: Ideam.

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

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2010). *Protocolo para la identificación y evaluación de los procesos de degradación de suelos y tierras por desertificación.* (C. Gómez, E. Ojeda, C. Álvarez, R. Sánchez, J. Otero, H. Carrillo, . . . M. Camacho, Eds.) Recuperado del sitio web de Gestión del riesgo: <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/24976/Protocolo-desertificacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para*

Colombia, escala 1:100.000, periodo 2005-2009. Bogotá: Ideam.

Ideam, IGAC, IAVH, Sinchi, Invemar, IIAP, . . . MADS. (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 (versión 1)*. Bogotá: Ideam.

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.

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

—. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.

—. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2.ª ed.). (H. Villota, Ed.) Bogotá: IGAC.

—. (2007). *Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIG-OT)*. Recuperado de <www.sigotn.igac.gov.co>

—. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.

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

—. (2012b). «Zonas de reserva campesina». En *Conflictos de uso del territorio colombiano**.

—. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

—. (2014a). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional (registros 1 y 2, vigencia 2014)*. Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>

—. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

—.(2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

—.(2014d). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) *et al.* (2012). «Mapa de susceptibilidad de los suelos a inundaciones». *Conflictos de uso del territorio colombiano*. Bogotá: IGAC.

Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (1987). *Manual de taludes*. Madrid, España: IGME.

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2015). *Forensis: datos para la vida*. Recuperado de <http://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>

Intergovernmental Panel on Climate Change (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, Eds., y 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>

International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) World Soil Information. (s.f.). Porcentaje de carbono orgánico, densidad aparente, profundidad y porcentaje de fragmentos gruesos [Datos y capas de suelos]. Recuperado de Sitio web de SoilGrids: <www.soilgrids.org>

Lambin, E. y Geist, H. (Eds.). (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>

Leiva, F. (2008). *Agricultura de precisión en cultivos transitorios*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ley 2 de 1959. [Congreso de Colombia]. Sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables. 16 de diciembre de 1959.

Ley 69 de 1993. [Congreso de Colombia]. Por la cual se establece el Seguro Agropecuario en Colombia, se crea el Fondo Nacional de Riesgos Agropecuarios y se dictan otras disposiciones en materia de crédito agropecuario. 24 de agosto de 1993. D.O. No. 41.003.

Ley 70 de 1993. [Congreso de Colombia]. Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política. 27 de agosto de 1993.

Ley 99 de 1993. [Congreso de Colombia]. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el

Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. D.O. No. 41.146.

Ley 101 de 1993. [Congreso de Colombia]. Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. 23 de diciembre de 1993. D.O. No. 41.149.

Ley 160 de 1994. [Congreso de Colombia]. Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones. 5 de agosto de 1994. D.O. No. 41.479.

Ley 143 de 1994. [Congreso de Colombia]. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. 12 de julio de 1994. D.O. No. 41.434.

Ley 357 de 1997. Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar el dos (2) de febrero de mil novecientos setenta y uno (1971). 27 de enero de 1997. D.O. No. 42.967.

Ley 387 de 1997. [Congreso de Colombia]. Por la cual se adoptan medidas para la prevención del desplazamiento forzado; la atención, protección, consolidación y esta estabilización socioeconómica de los desplazados internos por la violencia en la República de Colombia. 24 de julio de 1997. D.O. No. 43.091.

Ley 388 de 1997. [Congreso de Colombia]. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones. 12 de septiembre de 1997. D.O. No. 43.127.

Ley 397 de 1997. [Congreso de Colombia]. Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias. 7 de agosto de 1997. D.O. No. 43102.

Ley 811 de 2003. [Congreso de Colombia]. Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones. 2 de julio de 2003. D.O. No. 45.236.

Ley 1185 de 2008. [Congreso de Colombia]. Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 Ley General de Cultura y se dictan otras disposiciones. 12 de marzo de 2008. D. O. No. 46.929.

Ley 1753 de 2015. [Congreso de Colombia]. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 «Todos por un nuevo país». 6 de septiembre de 2015. D.O. No. 49.538.

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* (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV. Recuperado de <http://earthcharter.org/invent/images/uploads/Mackey.pdf>

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

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>

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). (2012). Cartilla de política agropecuaria 2010-2014. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/capacitacion/Paginas/DocumentosPolitica/CARTILLA-DE-POL%C3%8DTICA-AGROPECUARIA-2010-%E2%80%93-2014.aspx>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2014). *Estadísticas por cultivos.* Recuperado del Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas (SIOC): <www.minagricultura.gov.co>

—. (2015a). *Área sembrada en maíz tecnificado 2007-2014, con base en las evaluaciones agropecuarias*

municipales (EVA). Recuperado del sitio web de Agronet: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Ma%C3%ADz%20Tecnificado.pdf>

—. (2015b). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria (Epsagro)* [tabla]. Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria.

—. (2015c). *Tabla de créditos otorgados al sector maicero (2010-2014).*

—.(2015d). *Tabla de incentivos a la capitalización rural otorgados al sector maicero (2010-2014).*

—. (2017). *Sector maíz tecnificado: indicadores e instrumentos (cifras sectoriales).* Recuperado de Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas (SIOC): <https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202017%20Diciembre%20Ma%C3%ADz%20Tecnificado.pptx>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012). *Política para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE).* Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/images/pdf/PNGIBSE_espa%C3%B1ol_web.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2007a). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* Bogotá: MAVDT.

—. (2007b). *Mapa nacional de susceptibilidad de incendios de las coberturas vegetales, escala 1:500.000.* Bogotá: MAVDT.

Ministerio de Cultura (Mincultura). (2014). *Paisaje cultural cafetero* [capas].

Ministerio de Educación Nacional de Colombia (Mineducación). (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014.* Bogotá: Mineducación.

Ministerio de Transporte de Colombia (Mintransporte). (2014a). *Información portuaria* [capas].

—. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G**.

—. (2014c). *Tramos red vial nacional* [capa].
Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2012a). Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC). Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/469-plantilla-cambio-climatico-25#estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono>

—. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000**.

—. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000**.

—. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta**.

—. (2014b). *Sitios Ramsar**.

—. (2015). *Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente* [capa]. Mapa de otras categorías Sinap.

Ministerio del Medio Ambiente (Minambiente) y Sociedad de Agricultores del Colombia (SAC). (2010). *Guía ambiental para los cultivos de cereales y leguminosas.* Recuperado del sitio web del Sistema de Información Ambiental Minero Energético (Siame): <http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%20Y%20PECUARIO/Gu%C3%ADa%20ambiental%20para%20el%20subsector%20cerealista.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. *Boletín de suelos*(73). Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>

—. (2000). *New Dimensions in Water Security: water, society and ecosystem services in the 21st century.* Recuperado del sitio web de la FAO: <http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/misc25.pdf>

—. (2003). *Evaluación de tierras con metodologías de FAO: documento de trabajo*. Proyecto regional

«Ordenamiento Territorial Rural Sostenible», Santiago de Chile.

—. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

—. (2007). «Land evaluation: towards a 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>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1972). *Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.* Recuperado de <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>

—. (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar).* Recuperado de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf>

Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional.* Ginebra, Suiza. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002218/221862M.pdf>

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

Osorio, J., Gómez de Enciso, C., Guevara, E., Arrieta, J., Romero, J., Enciso, J. y Gómez, B. (2005). *Principales plagas, enfermedades y malezas del cultivo de maíz en la altillanura y la costa atlántica colombianas.* Recuperado del sitio web de Corpoica: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/56242/56242.pdf>

Ospina, J. (1999). *Tecnología del cultivo del maíz.* Bogotá: Fenalce, Fondo Nacional Cerealista.

Paliwal, R. (2001). «Introducción al maíz y su importancia». En R. Paliwal, G. Granados, H. Lafitte y A. Violic, *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción.* Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm#P0_0>

Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.**

—. (2016b). *Límites de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016**.

—. (2016c). *Límites de reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1 de 2016* [capa].

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, Eds.) Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022167/EstimacionCarbono2005.pdf>

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.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2015). *Qué es el desarrollo humano**.

Resolución 1602 de 1995. [Ministerio del Medio Ambiente]. Por medio de la cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia. 21 de diciembre de 1995. Colombia.

Resolución 5 de 2011. [Comisión Nacional de Crédito Agropecuario]. Por la cual se define una Línea Especial de Crédito con Tasa Subsidiada para financiar proyectos en el marco del Programa "Agro, Ingreso Seguro". *Diario Oficial* 48.052, del 6 de abril de 2011. Colombia.

Resolución 70 de 2011. [Instituto Geográfico Agustín Codazzi]. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral. *Diario Oficial* 47.968, del 17 de febrero de 2011. Colombia. Recuperado de < http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41638>

Resolución 2079 de 2011. [Ministerio de Cultura]. Por la cual se reconoce al Paisaje Cultural Cafetero de

Colombia como Patrimonio Cultural de la Nación. *Diario Oficial* 48.226, del 18 de octubre de 2011. Colombia.

Resolución 130 de 2014. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por la cual se establece la cobertura, los cultivos, los programas del Seguro Agropecuario y los lineamientos para los estudios previstos en la Resolución No. 1 de 2013 de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario sobre Seguro Agropecuario para la vigencia 2014. Colombia. Recuperado de <https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/madr._resolucion_no._130_del_14_feb_de_2014.pdf>

Resolución 1468 de 2014. [Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. Por medio de la cual se actualiza la metodología de elaboración del Indicador de Importancia Económica Relativa Municipal y los grados de importancia económica municipal 2015. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/acerca/Normatividad/resoluciones/Resolucion1468_2014.pdf>

Resolución 1628 de 2015. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.574, del 13 de julio de 2015. Colombia.

Resolución 1814 de 2015. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.675, del 12 de agosto de 2015. Colombia.

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

Rossiter, D. (1996). «A Theoretical framework for land evaluation». *Geoderma, 72*, 165-202. Recuperado de <http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/pubs/TheoryLE.pdf>

Salgar, L. (2005). «El cultivo de maíz en Colombia». *Revista Semillas.* Recuperado de <http://www.semillas.org.co/es/el-cultivo-de-maz-en-colombia>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2013). *Objetivos y funciones.* Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/objetivosFunciones.aspx>

—. (2014). *Regionales.* Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/Paginas/default.aspx>

Sentencia C-035 de 2016. [Corte Constitucional]. Normas sobre creación y ampliación de áreas de reservas estratégicas mineras. Recuperado de <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/c-035-16.htm>. Colombia.

Singer, M. y Munns, D. (1996). *Soils: An introduction* (3.a ed.). Pearson Prentice Hall.

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.

Sistema de información eléctrico colombiano (SIEL). (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013.* Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>

Stern, N. (2007). *Stern Review: The Economics of Climate Change.* Reino Unido: Cambridge University Press.

Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). (2012). *Cadena Productiva del Maíz: Industrias de Alimentos Balanceados y Harina de Maíz.* Recuperado del sitio web de Fenalce: <http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf>

Superintendencia Financiera de Colombia (Superfinanciera). (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio: bancos.* Recuperado del sitio web de la Superfinanciera: <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10084297>

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>

—. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos* (12.ª 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>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2012). *Metodología para la estimación del índice*

de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE). Recuperado del sitio web de la UPME: <http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Anexo3_MetodologiaCalculoCoberturaEE_2012.pdf>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000**. Bogotá: UPRA.

—. (2017). *Fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras a nivel nacional*. Recuperado de: <http://www.upra.gov.co/documents/10184/75586/Ok-+BPIN+USO+2018+V1+%2830122017%29.pdf/fa852cb9-b39e-4bfd-9d5b-3e36d0fa4d0c>

Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas (UARIV). (2014a). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*. Recuperado de <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/irv/>

—. (2014b). *Índice de riesgo de victimización 2010-2014*. Recuperado de <http://repository.oim.org.co/bitstream/handle/20.500.11788/806/COL-OIM%200340.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

—. (2014c). *Interpretación y análisis sobre las cifras del Registro Único de Víctimas*. Recuperado de <https://desaparicionforzada.co/wp-content/uploads/2018/01/INTERPRETACION%20CIFRAS%20RUV.pdf>

—. (2014d). *Red nacional de información: desplazamiento forzado*. Recuperado de Visor geográfico de víctimas: <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/>

Universidad de Concepción. (2012). «Necesidades de agua en los cultivos». *Boletín técnico 1*. Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento de Recursos Hídricos. Centro del Agua para la Agricultura

Van Eimern, J. (1998). *Protección de suelos, plantas y animales contra el viento*. República Federal de Alemania: Servicio Agrometeorológico.

Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Eds.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>

World Wildlife Fund (WWF). (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica (anexos)*. Recuperado de <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>

Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio (ensayo técnico)*. (A. Figueroa, Ed.) Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/pendiente_compleja.pdf>

7. ANEXOS

Fichas metodológicas de criterios y variables para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido en colombia, escala 1:100.000.

Anexos
TABLA DE CONTENIDO

1. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE FÍSICO. 146
1.1. CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS 147
1.1.1. Variable temperatura media anual 152
1.1.2. Variable precipitación total semestral. 156
1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual 160
1.2. CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO 162
1.2.1. Variable pendiente 167
1.2.2. Variable textura 171
1.2.3. Variable pedregosidad 174
1.3. CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO 178
1.3.1. Variable profundidad efectiva 182
1.3.2. Variable textura 185
1.3.3. Variable pedregosidad 188
1.4. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD 192
1.4.1. Variable régimen de humedad. 195
1.4.2. Variable textura 198
1.5. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO. 201
1.5.1. Variable susceptibilidad a inundaciones 204
1.5.2. Variable drenaje natural 208
1.6. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. 212
1.6.1. Variable acidez (pH) 217
1.6.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) 222
1.6.3. Variable saturación de bases 226
1.6.4. Variable carbono orgánico 230
1.7. CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO 234
1.7.1. Variable salinidad o sodicidad 238
1.7.2. Variable saturación de aluminio 242
1.8. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS 246
1.8.1. Variable pendiente 251
1.8.2. Variable erosión actual 255
1.8.3. Variable susceptibilidad a deslizamientos 258

1.9. CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO 262
1.9.1. Variable temperatura 268
1.9.2. Variable precipitación 272
1.9.3. Variable humedad relativa 278
2. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECOSISTÉMICO 282
2.1. CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA 283
2.2. CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA 290
2.2.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) 302
2.2.2. Variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (Inat) 305
2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) 309
2.3. CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA 317
2.4. CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO 329
2.5. CRITERIO AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL 344
2.6. CRITERIO DEFORESTACIÓN A PARTIR DE 2010 347
3. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO 350
3.1. CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS 351
3.1.1. Variable grado de importancia económica municipal 355
3.1.2 . Variable créditos otorgados 358
3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR) 361
3.2. CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA RURAL 364
3.2.1. Variable precio de la tierra rural municipal 368
3.3. CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL 371
3.3.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales 373
3.4. CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA 376
3.4.1. Variable accesibilidad a centros de servicios 381
3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos 384
3.4.3. Variable cercanía a puertos fluviales 387
3.4.4. Variable existencia de cultivos 390
3.4.5. Variable interconexión eléctrica 393
3.4.6. Variable presencia de entidades bancarias 397
3.4.7. Variable distritos de adecuación de tierras 400

3.4.8. Variable cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA) . . . 403
3.5. CRITERIO MERCADO LABORAL. 406
3.5.1. Variable población en edad de trabajar (PET20-64). 410
3.5.2. Variable años promedio de escolaridad 414
3.5.3. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales . . 417
3.5.4. V ariable cercanía a centros petroleros. 420
3.6. CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA 423
3.6.1. Variable homicidios. 427
3.6.2. Variable riesgo de amenazas 430
3.6.3. Variable accidentes e incidentes por minas antipersonas 433
3.6.4. Variable desplazamiento forzado 436
3.7. CRITERIO INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD 440
3.7.1. Variable desempeño fiscal 445
3.7.2. Variable cercanía al SENA 449
3.7.3 Variable presencia del ICA 452
3.7.4. Variable presencia de Corpoica 455
3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial 458
3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector 461
3.8. CRITERIO CONDICIONES DE VIDA. 464
3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM) 467
4. FICHAS METODOLÓGICAS DE EXCLUSIONES LEGALES 472
4.1. CRITERIO DE EXCLUSIONES LEGALES. 473
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos) 476
4.1.2. Variable áreas protegidas. 478
4.1.3. Variable áreas urbanas y suburbanas 480
4.1.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos) 482
5. FICHAS METODOLÓGICAS DE CONDICIONANTES LEGALES 484
5.1. CRITERIO DE CONDICIONANTES LEGALES. 485
5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical). . 488
5.1.2. Variable áreas protegidas 491
5.1.3. Variable zonas de reserva forestal nacional (Ley 2 de 1959) 494
5.1.4. Variable distinciones internacionales 497
5.1.5. Variable áreas de interés cultural y social 501

1. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE FÍSICO

1.1. CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: climático.		
Criterio: condiciones climáticas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Variables asociadas al criterio

- Temperatura media anual, expresada como ºC/año.
- Precipitación total semestral, expresada como mm/semestre.
- Brillo solar medio diario anual, expresado como horas sol/día.

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 más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción del cultivo de maíz tecnificado de clima cálido: la precipitación, la temperatura y el brillo solar.

Importancia del criterio para el cultivo

Las condiciones climáticas dependen principalmente de los elementos acuosos y termodinámicos de la atmósfera, así como de las diferentes formas de la topografía. El clima influye positiva o negativamente en el desarrollo de las plantas de maíz, 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. Se recolectó información de 577 estaciones en el territorio nacional.

Valor de ponderación del criterio: 14,1 %

Metodología de evaluación

El criterio se determina teniendo en cuenta la información base de las unidades térmicas, pluviométricas y de brillo solar, las cuales presentan la distribución de la temperatura media anual, base de datos de precipitación y distribución del brillo solar medio anual para el periodo 1981-2010.

A partir de estos registros, se realiza un ejercicio de integración de estos elementos del clima mediante un árbol de decisión, bajo la consideración 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).

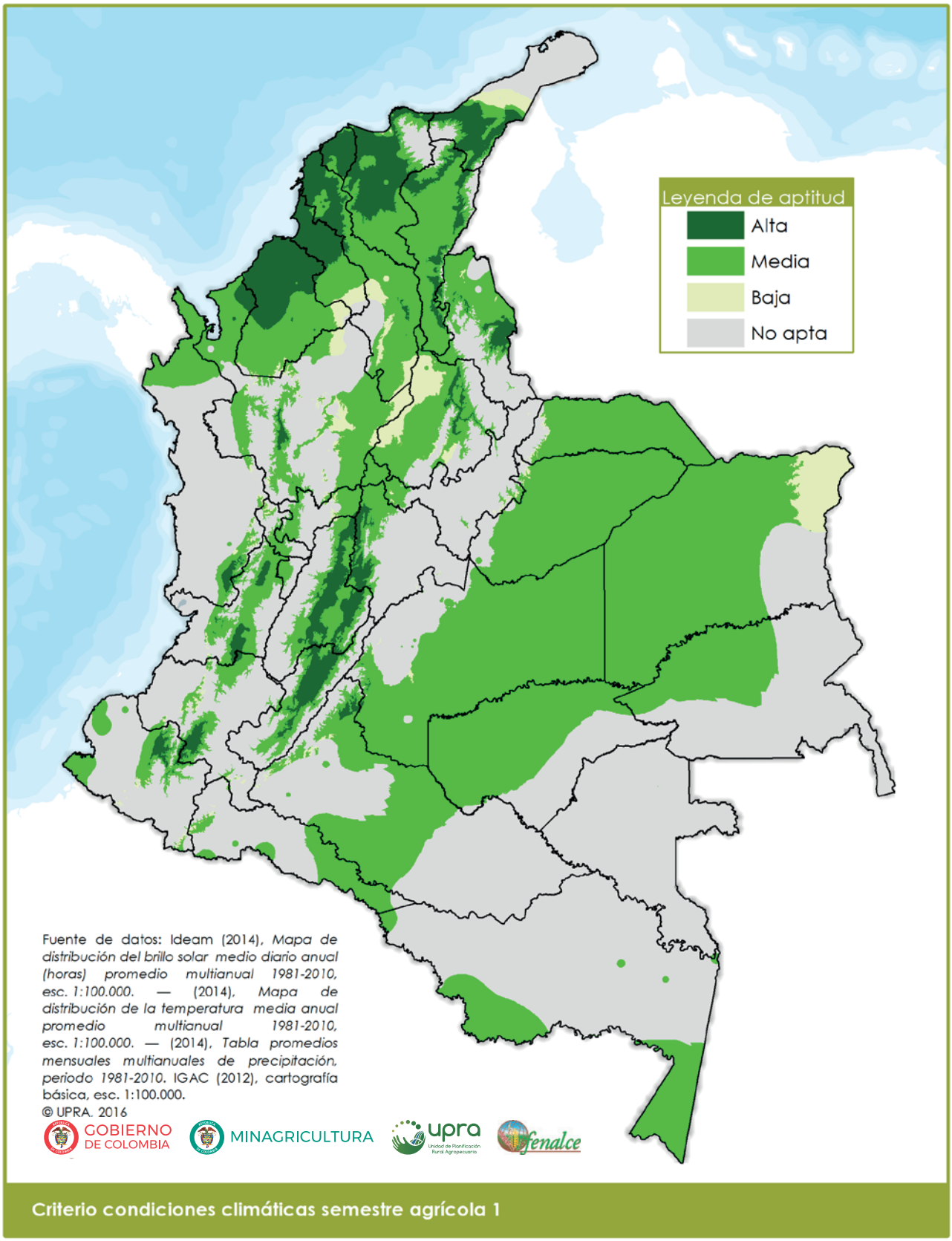
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud, para los dos semestres agrícolas:

Árbol de decisión para el criterio

Precipitación (mm/semestre)	Temperatura media anual (°C)	Brillo solar (horas/año)	Aptitud
≥ 400 - ≤ 1000	≥ 24 - ≤ 28	≥ 4	A1
		≥ 3 - < 4	A1
		< 3	A2
	≥ 22 - < 24	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A2
	≥ 20 - < 22 y > 28	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A2
> 1000 - ≤ 1500	≥ 24 - ≤ 28	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A3
	≥ 22 - < 24	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A2
	≥ 20 - < 22 y > 28	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A3
> 1500 - ≤ 2000	≥ 24 - ≤ 28	≥ 4	A2
		≥ 3 - < 4	A2
		< 3	A3
	≥ 22 - < 24	≥ 4	A3
		≥ 3 - < 4	A3
		< 3	A3
	≥ 20 - < 22 y > 28	≥ 4	A3
		≥ 3 - < 4	A3
		< 3	A3

Representación cartográfica del criterio

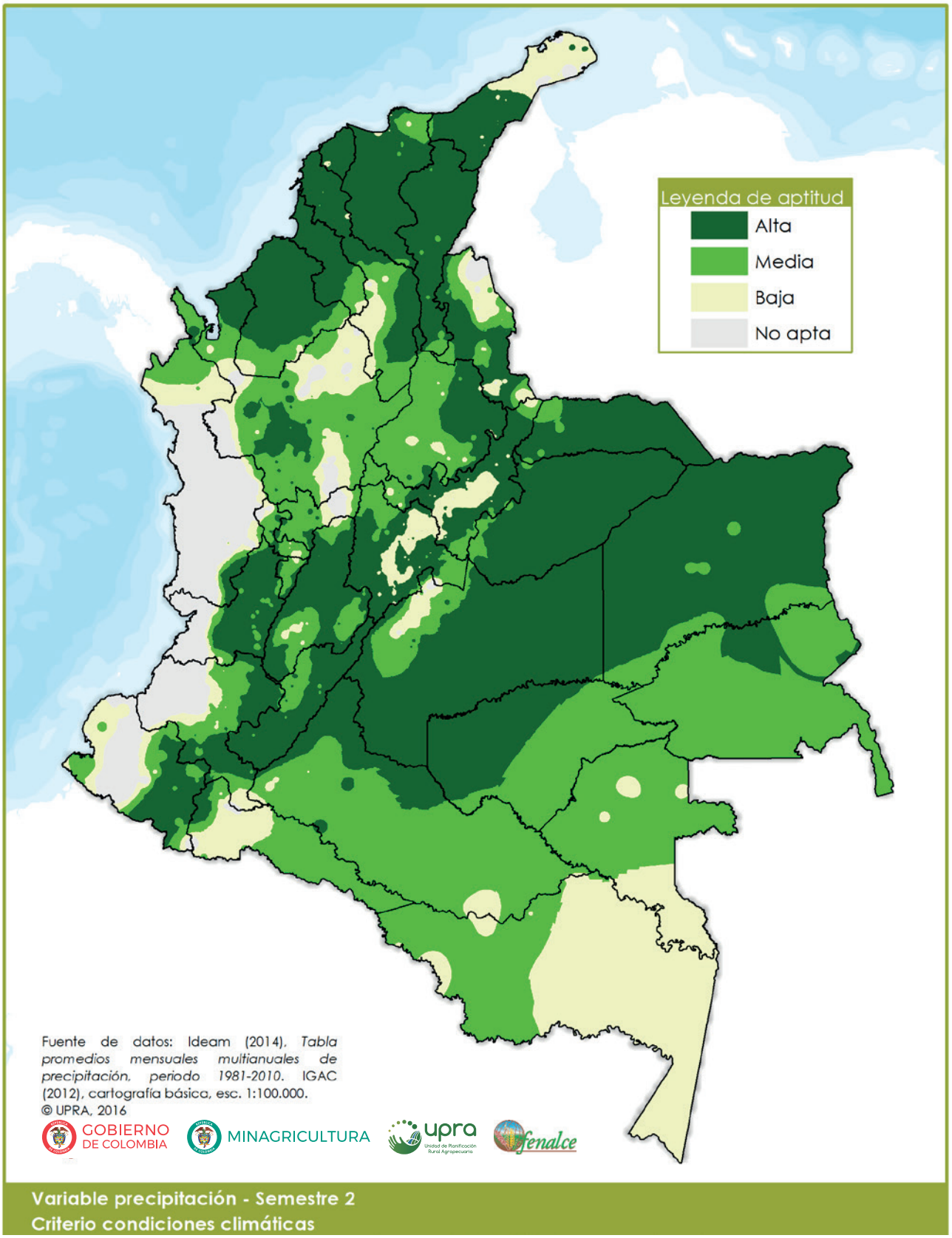


Fuente de datos: Ideam (2014), *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas) promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* — (2014), *Mapa de distribución de la temperatura media anual promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* — (2014), *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA. 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA MINAGRICULTURA upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria fenalce

Criterio condiciones climáticas semestre agrícola 1


Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
No apta
Fuente de datos: Ideam (2014), *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016
GOBIERNO DE COLOMBIA
MINAGRICULTURA
upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
fenalce
Variable precipitación - Semestre 2
Criterio condiciones climáticas

Fuentes de información

- 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.
- Ideam. (2014d). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014f). Valores medios multianuales de precipitación total en mm: periodo 1981-2010 [tabla].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Van Eimern, J. (1998). *Protección de suelos, plantas y animales contra el viento*. República Federal de Alemania: Servicio Agrometeorológico.

1.1.1. Variable temperatura media anual

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
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 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.

Importancia de la variable para el cultivo

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

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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, de acuerdo con sus requerimientos térmicos.

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

Para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se establecen como valor mínimo de exclusión (N1) las temperaturas iguales o menores a 20 °C. Por tal motivo, las zonas térmicas delimitadas por debajo de esta isoterma se consideran como no aptas.

Temperatura (°C/año)	Aptitud
≥ 24 - ≤ 28	A1
≥ 22 - < 24	A2
≥ 20 - < 22 y > 28	A3
< 20	N1

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas. Para la presente zonificación, se tomó el periodo estandarizado de 1981 a 2010; en consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

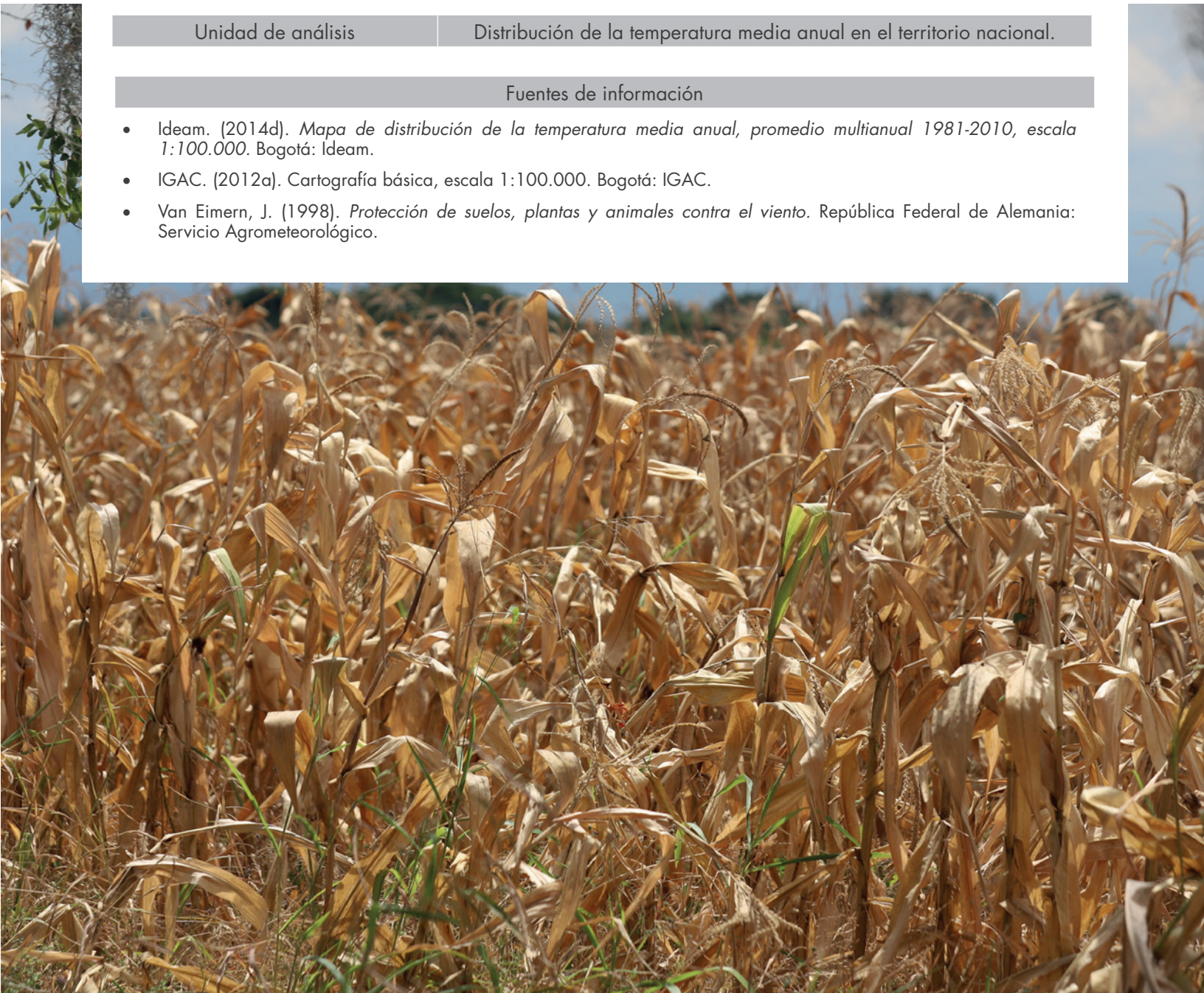
Serie histórica: la información de base para las unidades térmicas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam en 2014, a escala 1:100.000, el cual se basa en la serie histórica de 1981 a 2010.

Tratamiento de la información: se realiza un ejercicio de delimitación a nivel espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

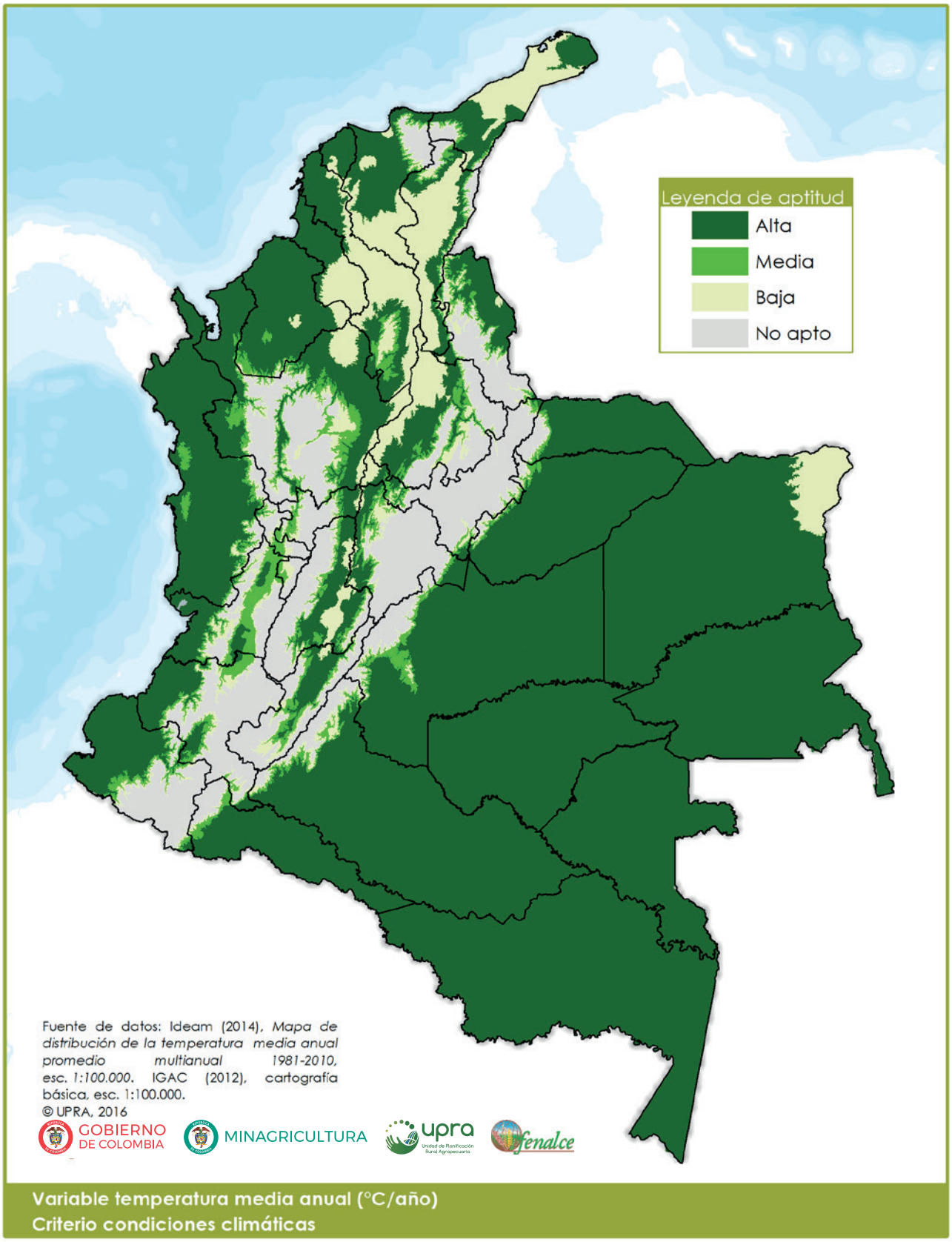
Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

- Ideam. (2014d). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Van Eimern, J. (1998). *Protección de suelos, plantas y animales contra el viento.* República Federal de Alemania: Servicio Agrometeorológico.



Representación cartográfica de la variable



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

1.1.2. Variable precipitación total semestral

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: climático.		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variable. precipitación semestral	Unidad de medida: mm/semestre	
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 y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. 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 m^3 de agua/ha).

Por tratarse de un cultivo semestral, el análisis de la información para la variable se realizó teniendo en cuenta los semestres agrícolas para las zonas maiceras: entre marzo y agosto (primer semestre agrícola), y entre septiembre y febrero (segundo semestre agrícola).

Importancia de la variable para el cultivo

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. La importancia de la lluvia radica en el suministro de agua al suelo y las plantas, lo que permite la dinámica química y biológica que facilita la absorción de nutrientes y el desarrollo vegetal.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial de la precipitación durante el ciclo del cultivo es fundamental, ya que es la base para identificar áreas con irrigaciones pluviométricas diferenciales, lo que permite establecer las zonas con aptitudes alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apta (N1) para el cultivo de maíz tecnificado de clima cálido, 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 400 y superiores 2000 mm/semestre se establecieron como valores extremos no aptos (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Los valores inferiores a 400 mm/semestre ocasionan estrés hídrico, lo que se evidencia en pobre emergencia del cultivo, disminución del desarrollo del área foliar y reducción de la capacidad de absorción de nutrientes, que se traduce en bajo rendimiento. Igualmente, los excesos de humedad provocan daños en el sistema de raíces de la planta y estrés en su parte aérea.

Precipitación (mm/semestre)	Aptitud
≥ 400 - ≤ 1000	A1
> 1000 - ≤ 1500	A2
> 1500 - ≤ 2000	A3
< 400 y > 2000	N1

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos de la información pluviométrica de todo el territorio nacional actualizada y normalizada, generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que se tomó la serie estandarizada 1981-2010. En consecuencia, el análisis espacial no refleja la condición pluviométrica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica: la información de base utilizada para las unidades pluviométricas se toma del mapa de isoyetas semestrales elaborado por UPRA, a partir de la base de datos de lluvia del Ideam a escala 1:100.000, de la serie histórica de 1981 a 2010.

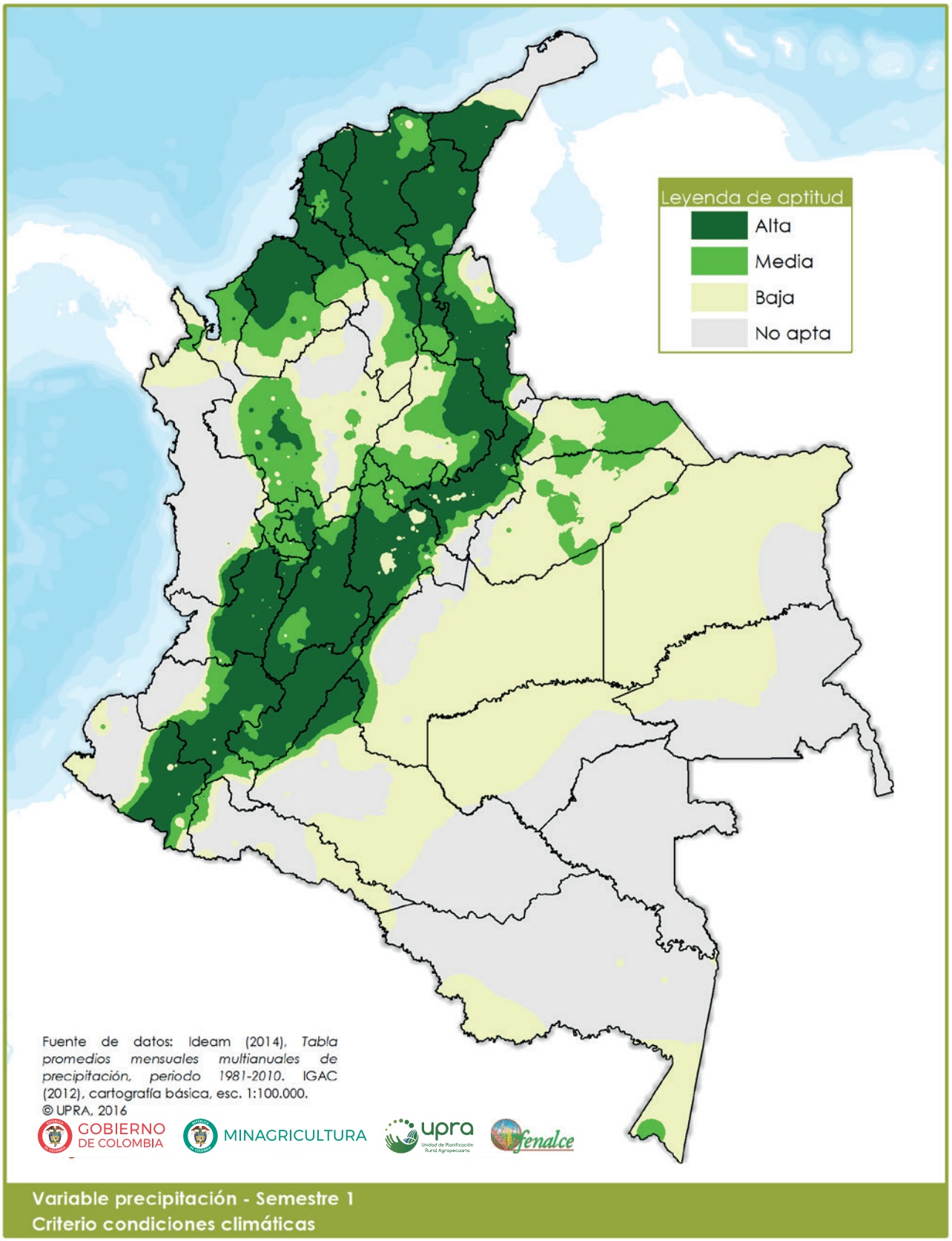
Tratamiento de la información: se realiza un ejercicio de delimitación a nivel espacial de la lluvia por semestre agrícola, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis	Distribución de la precipitación total media semestral en el territorio nacional.

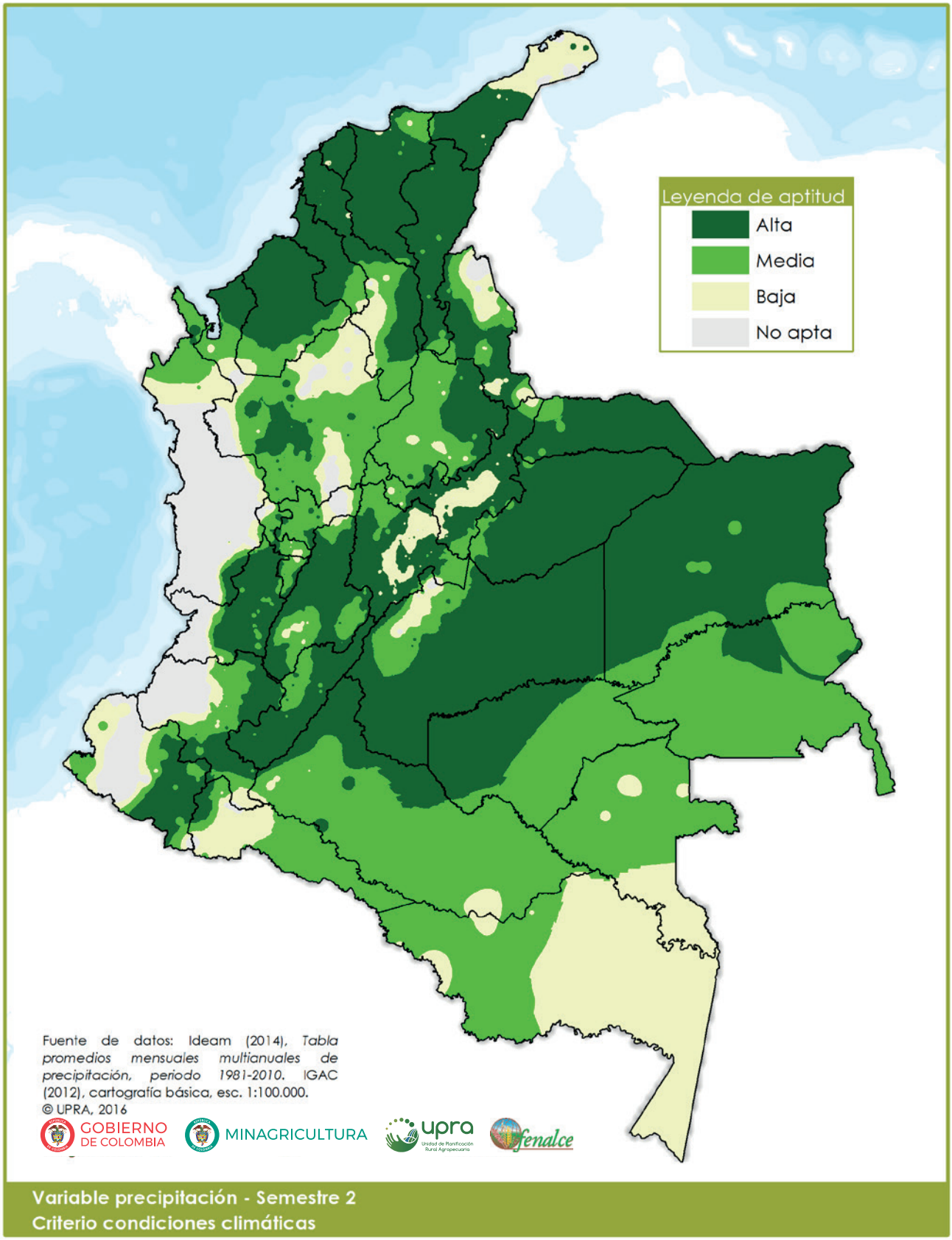
Fuentes de información

- Ideam. (2014f). Valores medios multianuales de precipitación total en mm: periodo 1981-2010 [tabla].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Variable precipitación - Semestre 1
Criterio condiciones climáticas



Variable precipitación - Semestre 2
Criterio condiciones climáticas

1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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 que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre entre el alba y el atardecer. También se denomina insolación.

Importancia de la variable para el cultivo

El brillo solar influye en varios procesos metabólicos de las plantas de maíz, como la respiración, la fotosíntesis, la transpiración y, en general, sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo. Esta variable es importante para la zonificación, dado que su disposición espacial permite establecer la distribución de insolación con aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en Colombia.

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

No hay valor de exclusión técnica (N1) por insolación; no obstante, cuando se presenta luminosidad por debajo de las tres (3) horas sol/día, se afecta considerablemente la fotosíntesis de las plantas del maíz y su producción de materia seca.

Brillo solar (horas sol/día)	Aptitud
≥ 4	A1
≥ 3 - < 4	A2
< 3	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada de la información de heliofanía de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que se tomó la serie estandarizada 1981-2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición lumínica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica: la información utilizada de base para las unidades de heliofanía se toma del mapa de isohelias anuales, elaborado por el Ideam (2014b), a escala 1:100.000, de la serie histórica de 1981 a 2010.

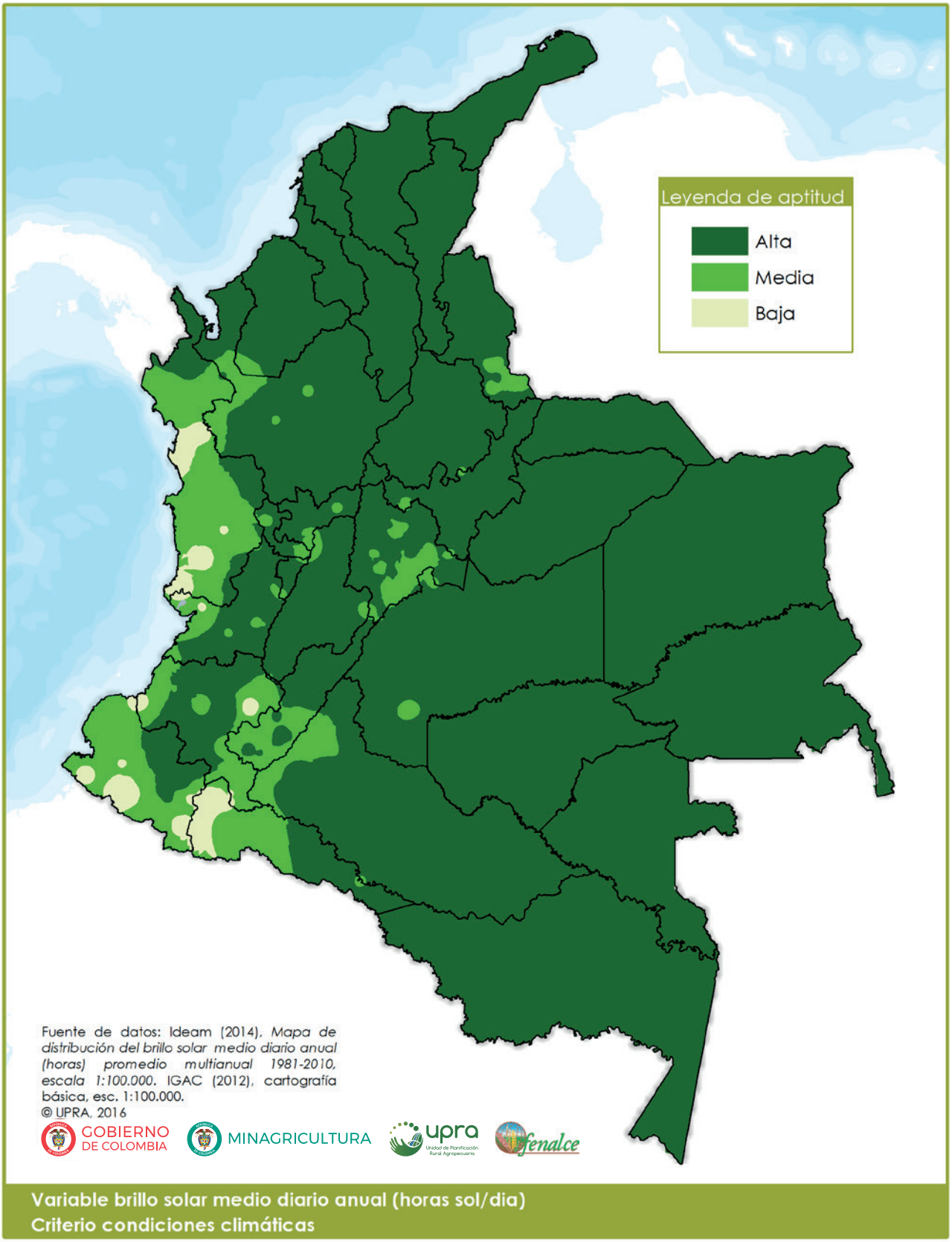
Tratamiento de la información: se realiza un ejercicio de delimitación espacial de la luminosidad, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

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

F uentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Variable brillo solar medio diario anual (horas sol/dia)
Criterio condiciones climáticas

1.2. CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO

Ficha metodológica del criterio	
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.	
Criterio: capacidad de laboreo	
Variables asociadas al criterio	

- Pendiente, expresada como porcentaje (%).
- Textura, expresada como clase textural.
- Pedregosidad, expresada como fase de pedregosidad.

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido implica el uso de maquinaria, especialmente en las actividades de preparación del terreno, siembra y cosecha.

Está en función de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en la 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 maíz tecnificado de clima cálido, puesto que integra las variables pendiente, textura y pedregosidad, cuyos límites 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 y la pedregosidad presentan límites que califican zonas como no aptas (N1): las pendientes mayores al 50 % —porque van en contra de la conservación de suelos por su movimiento a través de la pendiente, lo que limita la mecanización del terreno—, y el suelo pedregoso, porque impide el movimiento de la maquinaria y daña los implementos.

Limitantes de la evaluación del criterio

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 que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, distintos niveles de aptitud.

La pedregosidad no se encuentra discriminada en porcentajes, solamente se indica si el terreno es pedregoso o no pedregoso. La fase pedregosa implica que este tiene pedregosidad mayor al 35 %.

Valor de ponderación del criterio: 10,0 %
Metodología de procesamiento de la información

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtiene del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b) que corresponde a los límites de variación de la pendiente, pedregosidad y las clases texturales (IGAC, 2010).

Pendiente (%)		Textura (clases texturales)		Pedregosidad (%)	
≤ 7	A1	Franca (F), franco limosa (FL), franco arenosa (FA), franco arcillo arenosa (FArA), franco arcillo limosa (FArL).	A1	No pedregoso	A1
> 7 - ≤ 25	A2	Franco arcillosa (FAr), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL), limosa (L).	A2	Pedregoso	N1
> 25 - ≤ 50	A3	Arenosa (A), arenosa franca (AF), arcillosa (Ar).	A3		
> 50	N1				

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio se obtiene a partir de las tres variables (pendiente, pedregosidad y textura), y la comparación de 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 del terreno. La calificación de este criterio se realiza por medio de un árbol de decisión:

Árbol de decisión para el criterio

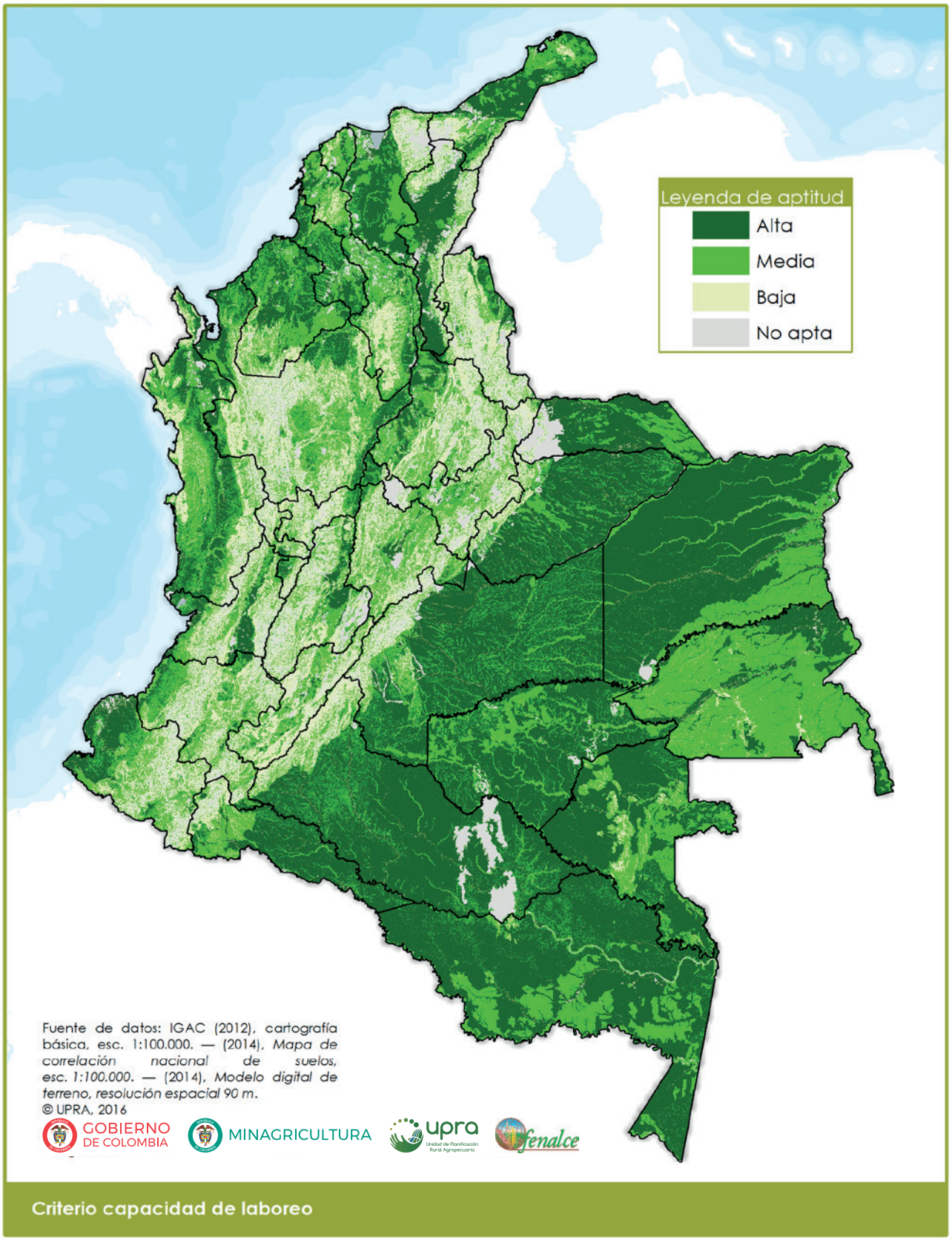
Pendiente (%)	Pedregosidad	Textura	Aptitud
≤ 7	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A1
		FAr, ArA, ArL, L	A1
		A, AF, Ar	A2
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 7 - ≤ 25	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A2
		FAr, ArA, ArL, L	A2
		A, AF, Ar	A3
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 25 - ≤ 50	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A3
		FAr, ArA, ArL, L	A3
		A, AF, Ar	A3
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 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.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014d). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio capacidad de laboreo

1.2.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
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		

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).

La siguiente tabla resume las clases de pendiente:

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 determinante en la toma de decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes hasta del 25 % sin mayores dificultades; 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 la cosecha. Se debe tener en cuenta esta variable en la zonificación de este cultivo para evitar movimientos en masa y la pérdida de suelo.

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

Las pendientes mayores al 50 % se excluyen para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, debido a que dificultan el uso de la maquinaria para todas las labores de labranza y están en contra de la conservación de los suelos.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendiente se basó en cálculos y análisis espaciales a partir del SRTM con resolución de 90 m. Este nivel de aproximación no muestra con claridad en el mapa las pendientes fuertes, especialmente las mayores al 50 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos se automatiza por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 m. Se usan los rangos 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:

Rangos de pendiente (%)	Aptitud
≤ 7	A1
> 7 - ≤ 25	A2
> 25 - ≤ 50	A3
> 50	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014d). *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 (ensayo técnico)*. 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

Variable pendiente
Criterio capacidad de laboreo

1.2.2. Variable textura

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: capacidad de laboreo		
Variable: textura	Unidad de medida: clase textural	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales se presentan 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)

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.

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 dificultan la construcción de surcos o drenajes.

Esta variable se define con base en el comportamiento de la textura para el manejo del suelo, especialmente en lo relacionado con la pegajosidad y la susceptibilidad a la compactación.

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

Debido a que los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, y el uso de la maquinaria y los implementos, no hay texturas excluyentes (N1) puesto que ninguna de ellas supone una dificultad extrema para las labores de labranza.

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, en donde se califica el componente mayor; el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales. Por consiguiente, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con diferentes texturas, que no se reflejan en la calificación de la unidad, dada la escala que se determina en la presente zonificación.

Metodología de procesamiento de la información

La información base para determinar la textura a las unidades de tierra es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b).

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 y ultisoles) se incluyeron en la aptitud moderada, por su baja pegajosidad.

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 no es eficiente en la retención de humedad y desgasta más rápidamente los implementos.

Rangos de aptitud

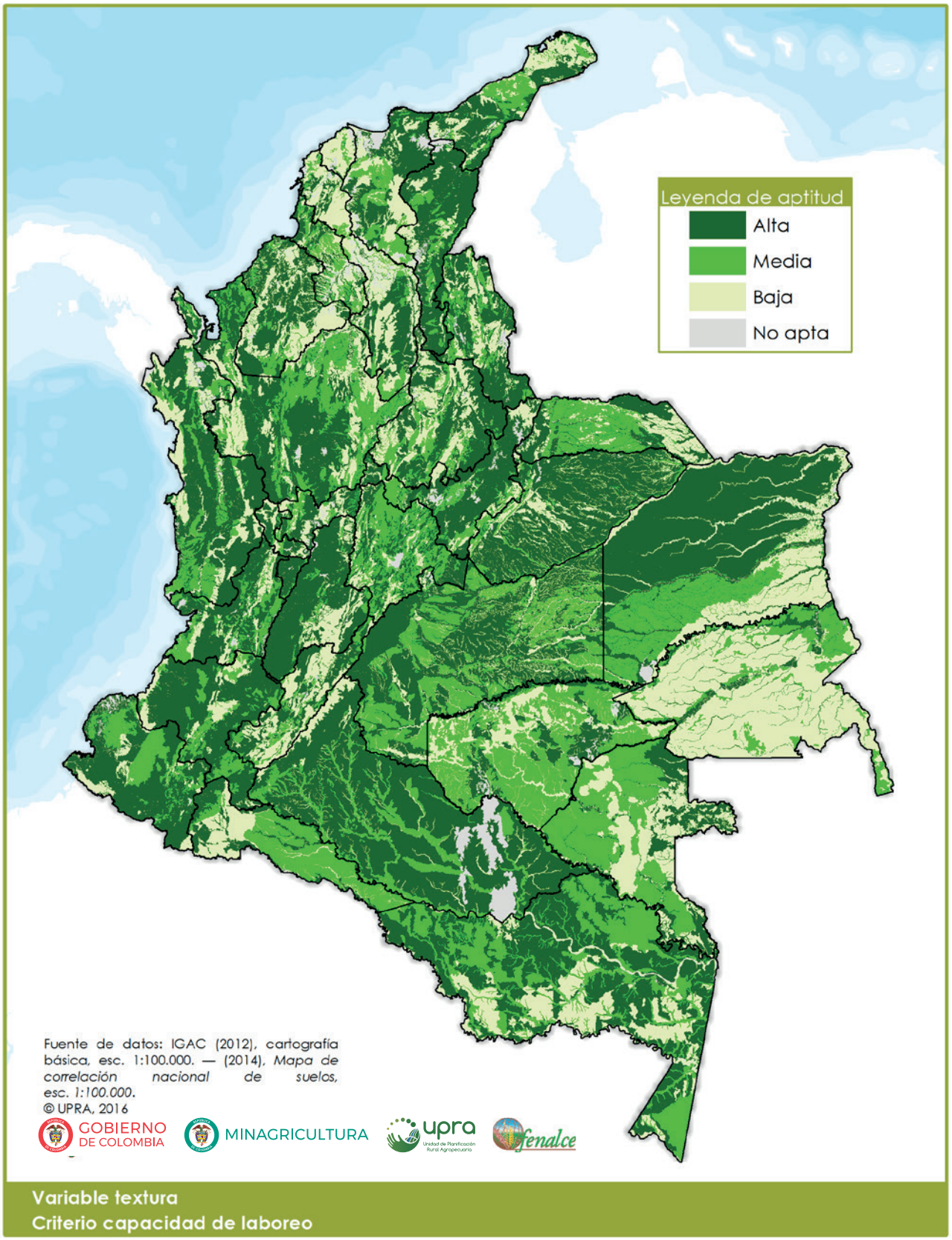
Grupos texturales	Aptitud
Franca (F), franco limosa (FL), franco arenosa (FA), franco arcillo arenosa (FArA), franco arcillo limosa (FArL)	A1
Franco arcillosa (FAr), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL), limosa (L)	A2
Arenosa (A), arenosa franca (AF), arcillosa (Ar).	A3

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

Fuentes de información

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1.100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Variable textura
Criterio capacidad de laboreo

1.2.3. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: capacidad de laboreo		
Variable: pedregosidad	Unidad de medida: fase de pedregosidad	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

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.

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 < 3 % del área.
Ligeramente pedregoso	
Piedras suficientes para interferir, pero no imposibilitar las labores requeridas para cultivos de arrancar.	Las piedras cubren entre 3 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 > 75 % del área.

Fuente: IGAC (2014b).

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 maíz tecnificado de clima cálido, porque tienen influencia en las prácticas de laboreo, las cuales implican el uso de maquinaria. La discriminación por rangos de aptitud radica en que, a medida que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se dificultan las labores de adecuación de tierras y, en general, las prácticas culturales.

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

Se ha considerado que las áreas pedregosas no son aptas (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, debido a que el porcentaje de recubrimiento es tan alto que no permite las prácticas de laboreo, principalmente en lo que se refiere al uso de maquinaria e implementos agrícolas.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base del mapa de geopedología: ya que solamente aparecen las fases pedregosa y no pedregosa, pero no se encuentra discriminada en rangos de porcentaje.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtienen a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). Es importante aclarar que la variable se toma como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa (mayor al 35 %) o no pedregosa (menor al 35 %), pero sin especificar rangos en porcentaje de pedregosidad.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas y talleres realizados con los productores, Fenalce y Minagricultura, se determinan como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin pedregosidad y se excluyen aquellos con presencia de pedregosidad (mayor al 35 % por volumen), porque esta impide las labores de labranza y el manejo del suelo.

Rangos de aptitud

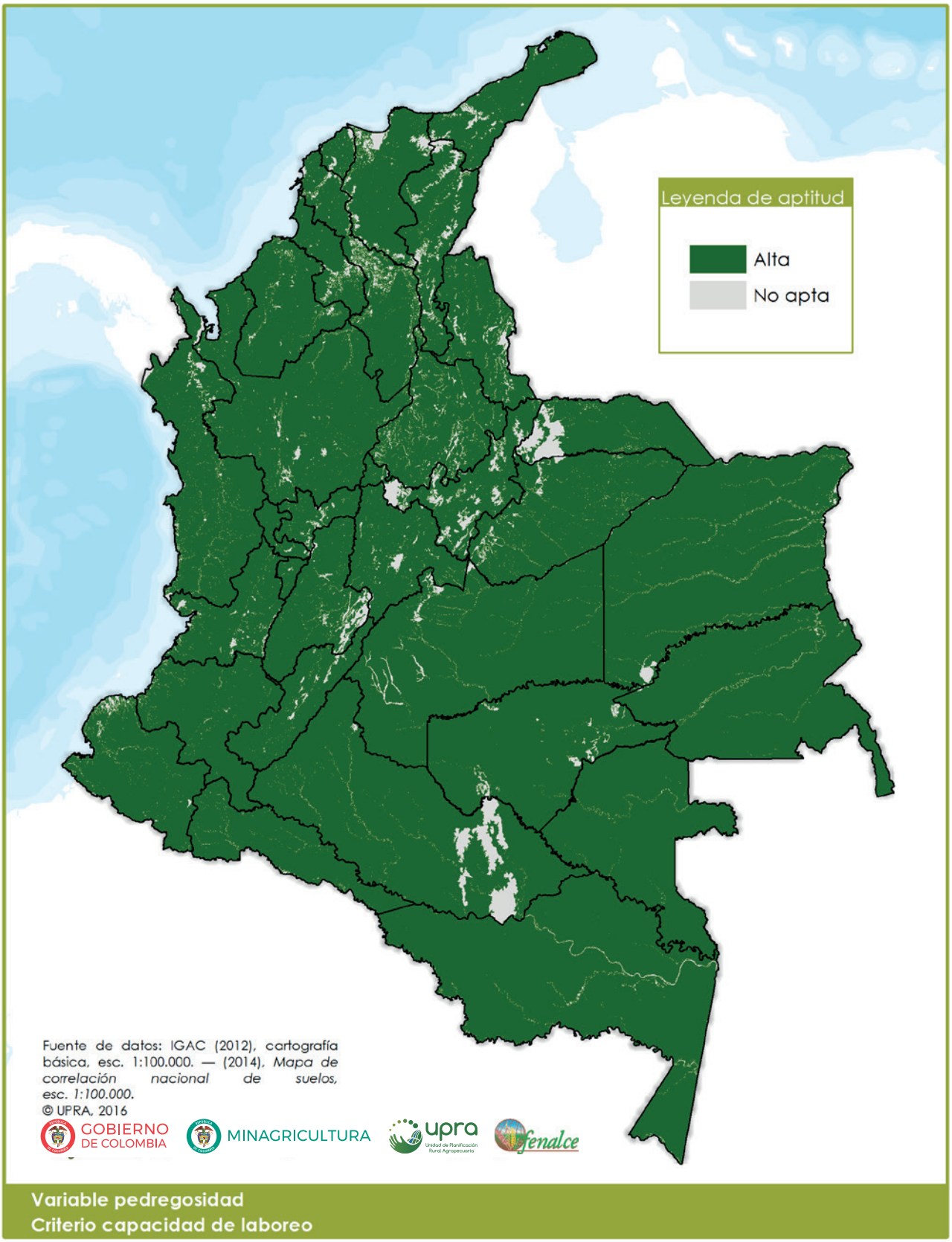
Clase de pedregosidad	Aptitud
No pedregoso	A1
Pedregoso	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Eds.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>

Representación cartográfica de la variable



1.3. CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: condiciones de enraizamiento		
Variables asociadas al criterio		

- Profundidad efectiva, expresada en cm.
- Textura, expresada como clase textural.
- Pedregosidad, expresada como fase de pedregosidad.

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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, 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 las plantas para 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 similar de partículas por tamaño, poca pedregosidad y una profundidad radicular adecuada, el crecimiento de la planta se lleva a cabo satisfactoriamente.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los límites a partir de los cuales no es posible el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido son la profundidad efectiva menor de 25 cm y los suelos pedregosos; en consecuencia, son considerados como no aptos (N1).

Limitantes de la evaluación del criterio

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 que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

Valor de ponderación del criterio: 7,5 %

Metodología de procesamiento de la información

La información de las tres variables que conforman el criterio se obtiene del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b) que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad, las clases de pedregosidad y las clases texturales (IGAC, 2010).

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud	Textura	Aptitud	Pedregosidad	Aptitud
> 50	A1	Franca (F), franco limosa (FL), franco arenosa (FA), limosa (L,) franco arcillo arenosa (FArA), franco arcillo limosa (FArL).	A1	No pedregoso	A1
≥ 25 - ≤ 50	A2	Franco arcillosa (FAr), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL), arenosa (A), arenosa franca (AF).	A2	Pedregoso	N1
< 25	N1	Arcillosa (Ar).	A3		

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para determinar la aptitud para el criterio, se toman las tres variables (profundidad efectiva, pedregosidad y textura) y se califican de acuerdo con la limitación que cada una representa para el desarrollo del sistema de raíces para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, por medio de un árbol de decisión.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud es la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo ideal del cultivo, a partir de las posibilidades de una buena formación y desarrollo de las raíces.

Árbol de decisión para el criterio

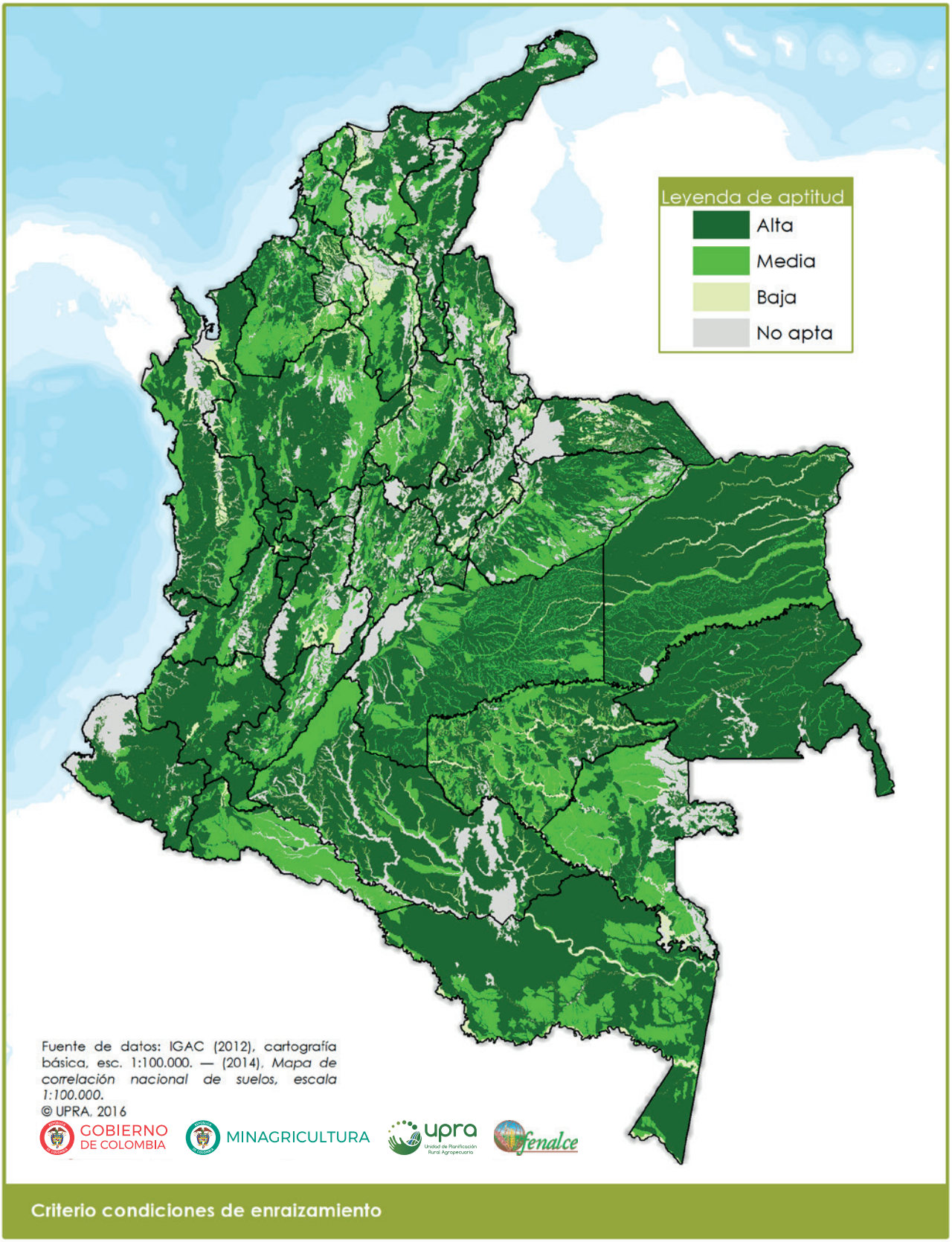
Profundidad (cm)	Textura	Pedregosidad	Aptitud
> 50	F, FL, FA, L, FArA, FArL	No pedregoso	A1
	F, FL, FA, L, FArA, FArL	Pedregoso	N1
	FAr, ArA, ArL, A, AF	No pedregoso	A1
	FAr, ArA, ArL, A, AF	Pedregoso	N1
	Ar	No pedregoso	A2
	Ar	Pedregoso	N1
≥ 25 - ≤ 50	F, FL, FA, L, FArA, FArL	No pedregoso	A2
	F, FL, FA, L, FArA, FArL	Pedregoso	N1
	FAr, ArA, ArL, A, AF	No pedregoso	A2
	FAr, ArA, ArL, A, AF	Pedregoso	N1
	Ar	No pedregoso	A3
	Ar	Pedregoso	N1
< 25	Cualquiera	Cualquiera	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Eds.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>

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 maíz tecnificado de clima cálido	
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		

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 comercial del maíz, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor de 25 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos líticos, petroférricos o petrocálcicos y presencia de horizontes argílicos o compactados 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.

Es una variable básica en la selección de las áreas para el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido, debido a que de ella depende el buen desarrollo de las plantas.

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

Las profundidades efectivas menores de 25 cm son no aptas (N1) para el establecimiento del cultivo comercial de maíz, debido a las restricciones en el área de exploración de nutrientes, el pobre arraigo de las plantas y el deficiente desarrollo de las raíces.

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 la profundidad del componente que ocupa la mayor área dentro de la unidad; esto significa que, en la unidad, existen algunos sectores con diferentes profundidades efectivas a la calificada y, por consiguiente, aptitudes diferentes.

Metodología de procesamiento de la información

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

Luego de diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce, se determinan como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con profundidad mayor de 50 cm; aptitud media (A2) aquellos con profundidad entre 25 y 50 cm; y se excluyen las profundidades menores de 25 cm (N1) por no tener espacio físico suficiente para el desarrollo del sistema de raíces y su imposibilidad de tomar agua y nutrientes para el adecuado crecimiento de las plantas de maíz.

En la determinación de los rangos de aptitud de la variable, desde el punto de vista físico, se tienen en cuenta las limitaciones absolutas —como la presencia de roca continua y compacta, los contactos petroférricos y la profundidad del nivel freático— dado que otras, como los horizontes argílicos y compactados, pueden ser mejoradas, como en efecto se hace, con el uso de subsoladores.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

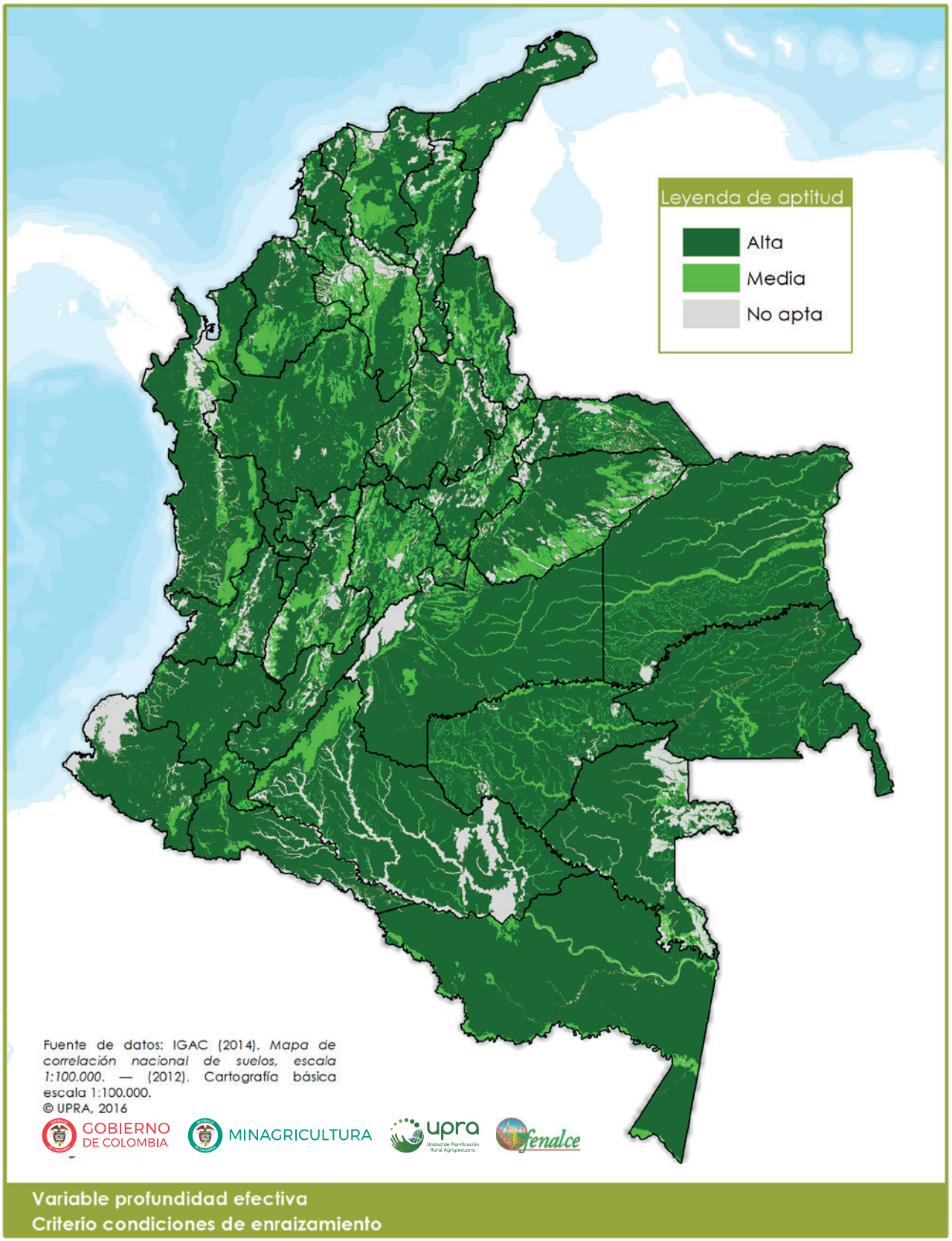
Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
> 50	A1
≥ 25 - ≤ 50	A2
< 25	N1

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.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *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



1.3.2. Variable textura

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: textura		Unidad de medida: clase textural
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales se presentan en la siguiente tabla (IGAC, 2010):

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)

La textura del suelo se relaciona estrechamente con la capacidad de intercambio catiónico (posibilidad para retener elementos nutritivos para las plantas), la permeabilidad, la capacidad para retener agua y los índices de plasticidad; en taxonomía, se usa como parámetro para clasificar los suelos y en conservación, para evaluar la cantidad de suelo perdido.

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 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.

También se relaciona con la porosidad, ya que en el espacio existente entre partículas hay posibilidad de que pueda circular el oxígeno, lo cual 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido se puede llevar a cabo en todos los tipos de textura; diferentes texturas generan niveles de aptitud diferenciales; por consiguiente, no hay rango de exclusión (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales son asociaciones o complejos de suelos, se califica el componente mayor; el argumento utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales. 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, consultados con el gremio y los productores, en relación con el crecimiento y el desarrollo del cultivo. La información base para determinar la textura de las unidades de tierra es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales que se determinan con aptitud alta (A1) tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), lo que permite al cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido obtener un mejor desarrollo, gracias al buen suministro de oxígeno y suelo suelto ideal para el crecimiento adecuado de las raíces.

Los grupos texturales con aptitud media (A2) tienen baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en el suelo y, por ende, favorecen los encharcamientos; además, presentan problemas de disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, de endurecimiento del suelo. De igual forma, las texturas gruesas representan alta permeabilidad y endurecimiento al secado.

La clase textural arcillosa se determina con aptitud baja (A3) debido a la baja macroporosidad y las posibles deficiencias de oxígeno cuando se satura con agua, lo que impide el crecimiento de las raíces.

Rangos de aptitud

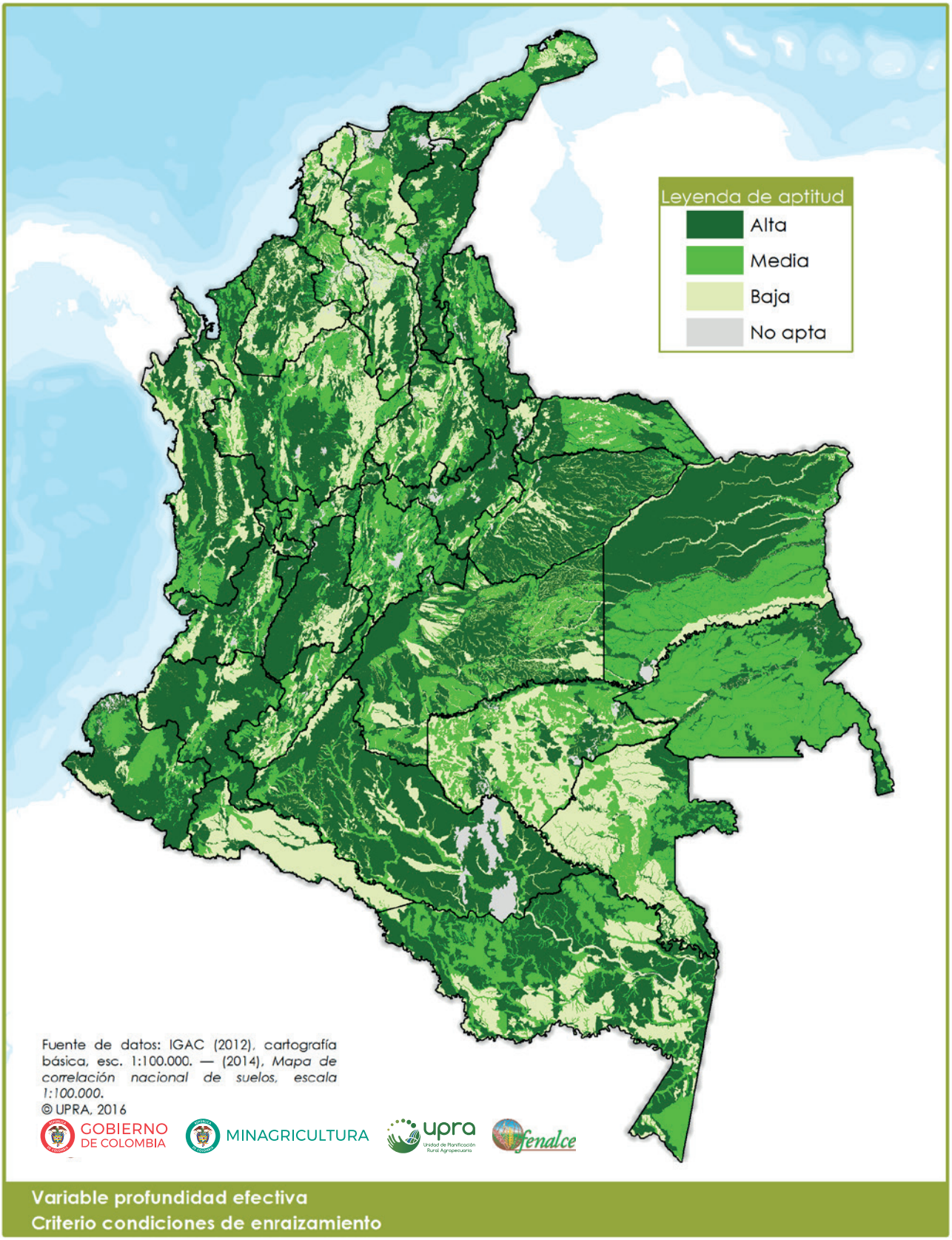
Clase textural	Aptitud
Franca (F), franco limosa (FL), franco arenosa (FA), limosa (L,) franco arcillo arenosa (FArA), franco arcillo limosa (FArL).	A1
Franco arcillosa (FAr), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL), arenosa (A), arenosa franca (AF).	A2
Arcillosa (Ar).	A3

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

Fuentes de información

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Variable profundidad efectiva
Criterio condiciones de enraizamiento

1.3.3. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: pedregosidad	Unidad de medida: fase de pedregosidad	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

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.

Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie y se puede impedir el normal desarrollo del sistema de raíces de las plantas. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fase pedregosa y fase no pedregosa.

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 cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, porque reducen el área para el almacenamiento de agua, aceleran la infiltración y disminuyen el volumen de material de suelo, necesarios para proveer de nutrientes y agua a las plantas.

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

Se ha considerado que las áreas pedregosas no son aptas (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, debido a que el volumen de material de suelo es insuficiente para proveer de nutrientes y permitir el arraigo de las plantas, y la toma de agua y de elementos nutricionales.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base del mapa de geopedología: ya que solamente aparecen las fases pedregosa y no pedregosa, pero no se encuentra discriminada en rangos de porcentaje.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtienen a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b).

Es importante aclarar que la variable se toma como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa (mayor al 35 %) o no pedregosa (menor al 35 %), pero sin especificar rangos en porcentaje de pedregosidad.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas con el gremio y los productores, y los reportes técnicos de Fenalce, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin pedregosidad. Se excluyen los suelos con fase pedregosa (presencia de más del 35 % por volumen de fragmentos), por lo cual se consideran no aptos (N1).

Rangos de aptitud

Pedregosidad	Aptitud
No pedregoso	A1
Pedregoso	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.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1.100.000.* Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Eds.). (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Washington, Estados Unidos: Soil Management Support Services (SMSS). Recuperado de <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAY544.pdf>

Representación cartográfica de la variable

Variable pedregosidad
Criterio condiciones de enraizamiento

1.4. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: disponibilidad de humedad		
Variables asociadas al criterio		

- Régimen de humedad, expresada como clase de régimen de humedad.
- Textura, expresada como clase textural.

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

El criterio se define como la interacción del régimen de humedad y la clase textural de los suelos; el régimen de humedad está definido en términos del nivel freático y por la presencia o ausencia de agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en la sección control de la humedad.

Importancia del criterio para el cultivo

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se considera que los regímenes de humedad arídico y perácuico no son aptos (N1) para desarrollar cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido. En el primer caso, no hay condiciones para el almacenamiento de la humedad, y el segundo representa ausencia de oxígeno, que se asimila a una intoxicación en las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción.

Por otra parte, la textura no presenta restricción técnica (N1) dado que, en cualquier clase textural, es posible el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, con diferentes grados de aptitud.

Limitantes de la evaluación del criterio

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 que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

Valor de ponderación del criterio: 6,5 %
Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de las dos variables involucradas se extractan del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b), lo que permite la siguiente calificación:

Régimen de humedad	Aptitud
Údico	A1
Ústico	A2
Ácuico	A3
Arídico y perácuico	N1

Textura	Aptitud
Franco arcillosa (FAr), franco arcillo arenosa (FArA), franco arcillo limosa (FArL), arcillosa (Ar), arcillo arenosa (ArA), arcillo limosa (ArL).	A1
Franco arenosa (FA), limosa (L), franca (F), franco limosa (FL).	A2
Arenosa (A), arenosa franca (AF).	A3

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de aptitud del criterio se establecieron mediante un árbol de decisión. El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada variable representa en el desarrollo ideal del cultivo, ya que se reducen las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, así:

Árbol de decisión para el criterio

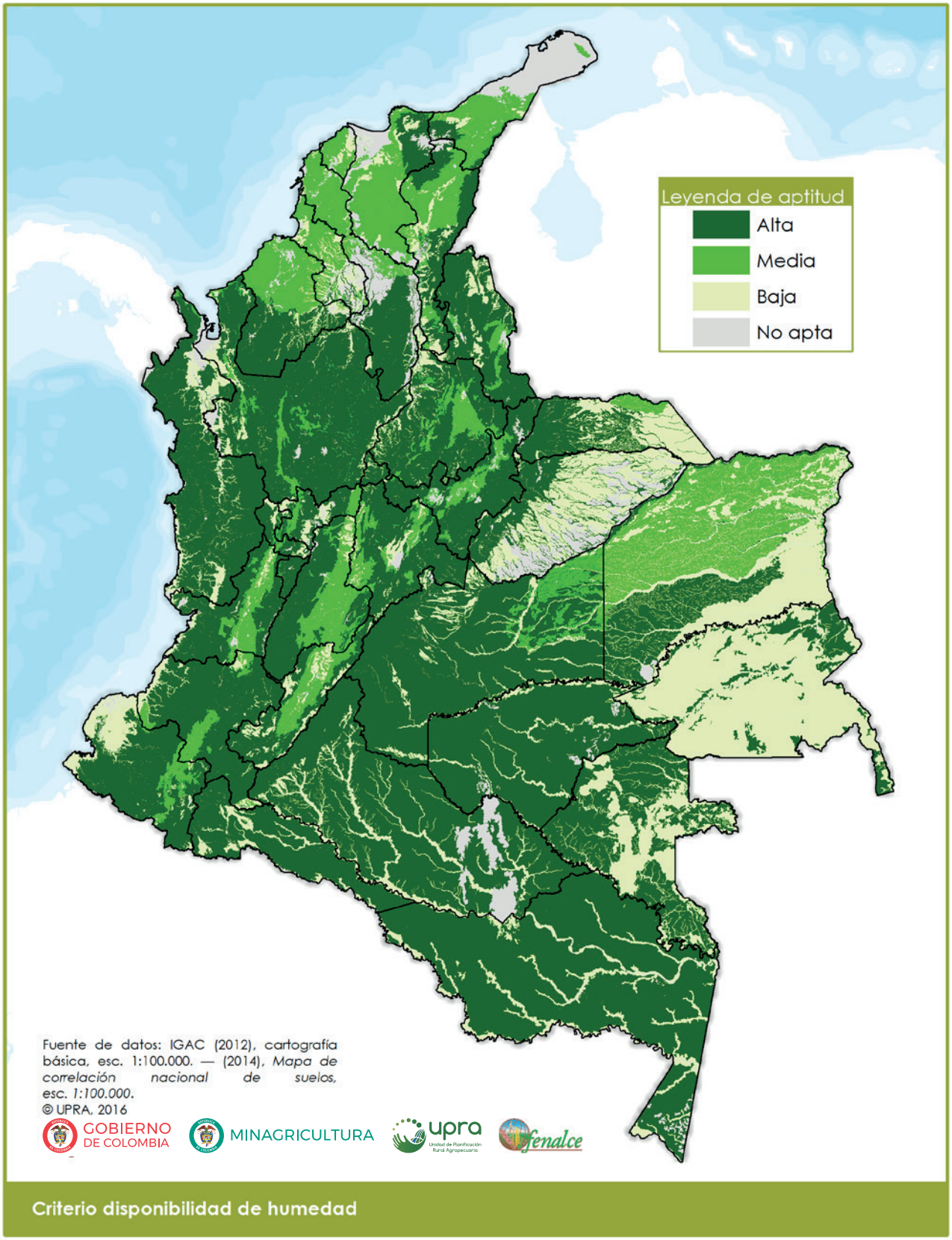
Régimen de humedad	Textura	Aptitud
Údico	FAr, FArA, FArL, Ar, ArA, ArL	A1
	FA, L, F, FL	A1
	A, AF	A3
Ústico	FAr, FArA, FArL, Ar, ArA, ArL	A2
	FA, L, F, FL	A2
	A, AF	A3
Ácuico	Cualquiera	A3
Arídico y perácuico	Cualquiera	N1

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.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



1.4.1. Variable régimen de humedad

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de humedad		
Variable: régimen de humedad	Unidad de medida: clase de régimen de humedad	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Se define 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).

Los regímenes de humedad se distinguen así:

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.

Arídico: regímenes de humedad arídico 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 arídico (tórrido), la sección de control de humedad en años normales es:

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

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

Para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, la disponibilidad natural de agua en el suelo es definitiva para el desarrollo las plantas. El déficit y el exceso no permiten el desarrollo normal de los cultivos.

Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada región y al número de días secos consecutivos durante el año. El régimen de humedad údico es el óptimo para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 arídico), 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

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, se califica el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje; esto significa que, dentro de un área determinada, existen regímenes de humedad diferentes al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

La evaluación de la variable se realiza a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). En los casos en que el régimen de humedad no está definido dentro de la capa de geopedología, se complementa por medio de la interpretación de la nemotecnia que brinda la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se consideran los siguientes rangos de aptitud:

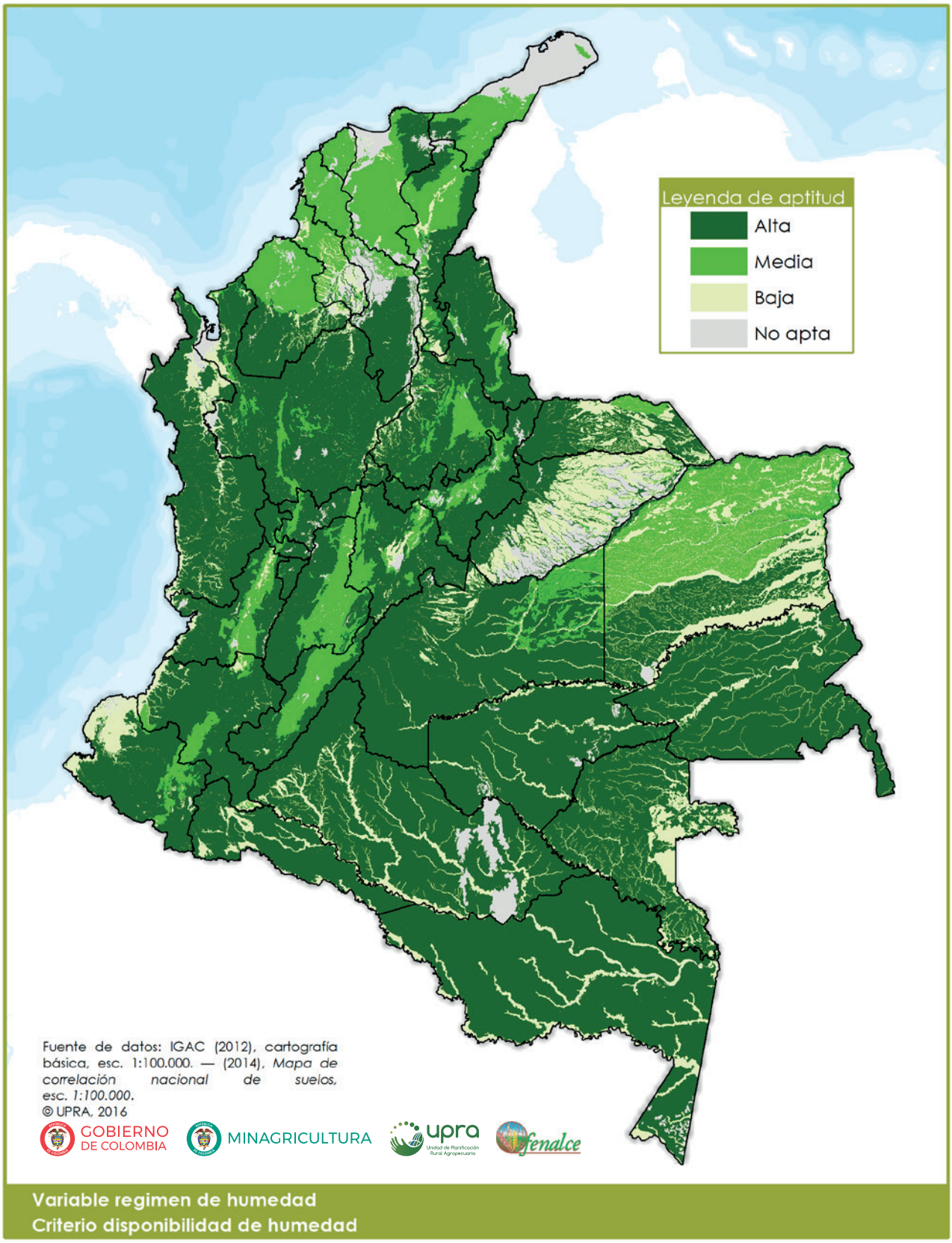
Clase de régimen de humedad	Aptitud
Údico	A1
Ústico	A2
Ácuico	A3
Perácuico y arídico	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos* (12.ª 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>

Representación cartográfica de la variable



Variable regimen de humedad
Criterio disponibilidad de humedad

1.4.2. Variable textura

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de humedad		
Variable: textura	Unidad de medida: clase textural	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Proporción relativa en que se encuentran en una masa de suelo, 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 fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales se presentan en la siguiente tabla:

Clases texturales
Arenosa (Ar)
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 (FA)
Arcillo limosa (ArL)
Arcillosa (Ar)

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 está estrechamente relacionada con otras como la capacidad de retener agua (las texturas finas retienen más agua que las texturas gruesas), la permeabilidad y los índices de plasticidad. 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.

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.

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

No hay exclusión técnica (N1). Las diferentes clases texturales presentan una amplia gama de retención de humedad en la que el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido se puede desarrollar con rendimientos diferenciales.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, lo cual dificulta su calificación; esta se realiza sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, consultados con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce. 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 de las unidades cartográficas de suelos es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales que presentan aptitud alta (A1) tienen mayores contenidos de arcilla, los cuales favorecen la retención de humedad, que permite al suelo tener reservas para la época de lluvias deficientes.

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 a que el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Los rangos de aptitud para la variable son los siguientes:

Rangos de aptitud

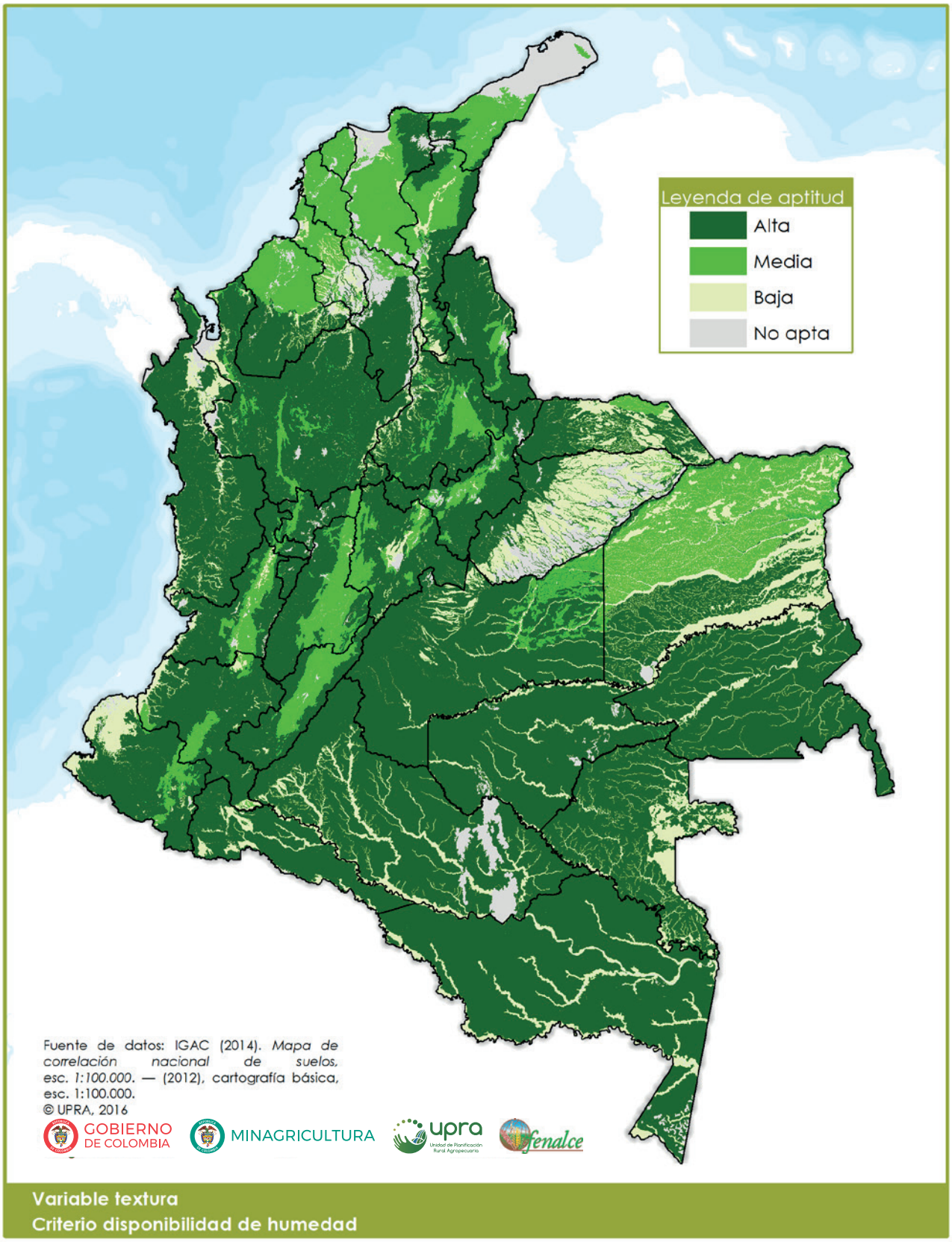
Textura	Aptitud
FAr, FArA, FArL, Ar, ArA, ArL	A1
FA, L, F, FL	A2
A, AF	A3

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

Fuentes de información

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.5. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: disponibilidad de oxígeno		
Variables asociadas al criterio		

- Susceptibilidad a inundaciones, expresada como frecuencia de inundaciones.
- Drenaje natural, expresado como clase de drenaje.

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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 CO_2 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 y, por ende, las funciones fisiológicas de las plantas que determinan altas producciones de maíz. Por otro lado, la tendencia de los terrenos planos a ser inundados y permanecer encharcados puede afectar al cultivo, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo se considera una intoxicación para las plantas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los terrenos que son susceptibles a inundaciones frecuentes y muy frecuentes se consideran no aptos (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Debido a los largos periodos de saturación de agua, se considera que los suelos con drenaje natural muy pobre no tienen aptitud (N1), porque representan ausencia de oxígeno; por consiguiente, generan intoxicación en las raíces, lo que conlleva a pérdidas en la producción del cultivo.

Limitantes de la evaluación del criterio

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 calificaciones diferentes al componente calificado, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

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

Valor de ponderación del criterio: 2,7 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de las dos variables involucradas se extractan del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b), lo que permite la siguiente calificación:

Susceptibilidad a inundaciones	Aptitud
No hay	A1
Ocasionales	A2
Frecuentes y muy frecuentes	N1

Drenaje natural	Aptitud
Bueno y excesivo	A1
Moderado	A2
Imperfecto y pobre	A3
Muy pobre	N1

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio es la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo.

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

Árbol de decisión del criterio

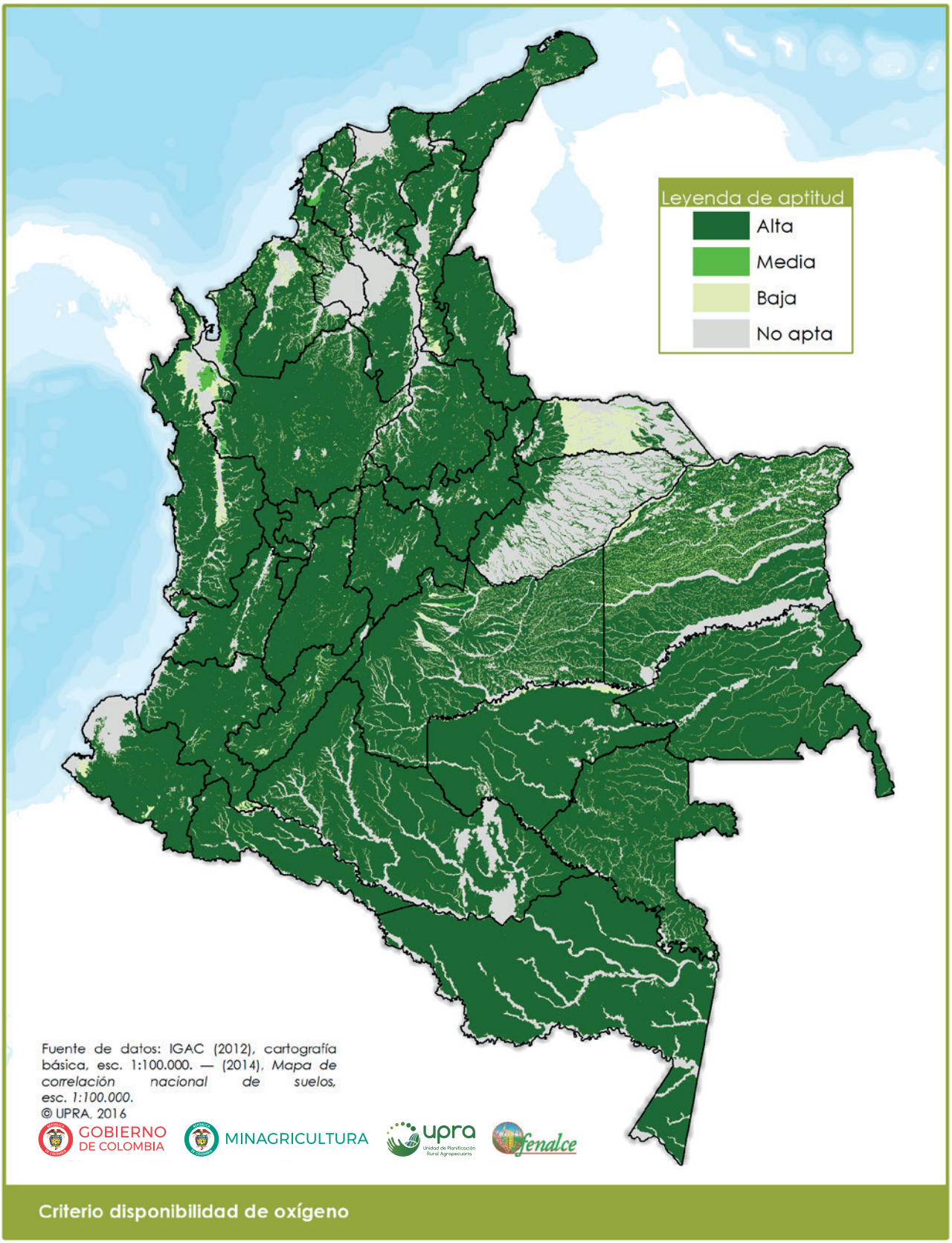
Drenaje natural	Susceptibilidad Inundaciones	Aptitud
Bueno y excesivo	No hay	A1
	Ocasionales	A1
	Frecuentes y muy frecuentes	N1
Moderado	No hay	A2
	Ocasionales	A2
	Frecuentes y muy frecuentes	N1
Imperfecto y pobre	No hay	A3
	Ocasionales	A3
	Frecuentes y muy frecuentes	N1
Muy pobre	Cualquiera	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de oxígeno		
Variable: susceptibilidad a inundaciones		Unidad de medida: frecuencia de inundaciones
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

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 tiene lugar en las zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacines o cubetas) y en las áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).

La Organización Meteorológica Mundial la define como el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o como la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (WMO y Unesco, 2012).

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 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 vegetativo de la mayor parte de las plantas, aún más cuando duran largos periodos de tiempo.

La tolerancia a las inundaciones y a encharcamientos por parte de las plantas depende de cada especie. El cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido solo tolera encharcamientos e inundaciones por periodos muy cortos; en caso contrario, se presentan alteraciones en el crecimiento aéreo, daños en raíces, enfermedades, pudriciones e incluso la muerte.

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

Se excluyen las áreas que presentan inundaciones o encharcamientos frecuentes y muy frecuentes, debido a que se reduce la disponibilidad de oxígeno en el suelo y se afecta la producción del cultivo. Por consiguiente, estas zonas son consideradas como no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b), muchas unidades cartográficas no registran información sobre fases por inundación o encharcamiento.

En consecuencia, en la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se toman como base algunas formas de terreno, los tipos de relieve, y la información de los perfiles modales y de los del régimen de humedad que proporcionan los nombres taxonómicos, sin pretender excluir el total de las zonas inundables, pues no se puede predecir la duración del evento que podría causar daños en los cultivos.

Metodología de procesamiento de la información

Se toman como base las fases por inundación y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b) y el mapa de susceptibilidad de los suelos a inundaciones, contenido en el estudio de «Conflictos de uso del territorio colombiano» (IGAC *et al.*, 2012).

Para la evaluación de esta variable se tiene en cuenta el tiempo de duración, en número de días, de las inundaciones o encharcamientos. Después, se complementa la base de datos con la presencia o no presencia de inundaciones, y se procede a inferir el tiempo de duración con las variables de paisaje, drenaje natural y nemotecnia de los nombres taxonómicos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las unidades cartográficas donde no se registra presencia de inundaciones corresponden a aptitud alta (A1); las de inundaciones ocasionales se consideran de moderada aptitud (A2); y las áreas de inundación frecuente y muy frecuente, como no aptas (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Rangos de aptitud

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

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC *et al.* (2012). *Mapa de susceptibilidad de los suelos a inundaciones.* «Conflictos de uso del territorio colombiano». 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

Variable susceptibilidad a inundaciones
Criterio disponibilidad de oxígeno

1.5.2. Variable drenaje natural

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de oxígeno		
Variable: drenaje natural	Unidad de medida: clase de drenaje	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	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).

Las clases de drenaje natural son muy pobre, pobre, imperfecto, moderado, bueno (bien), moderadamente excesivo y excesivo. El drenaje natural está en función de la pendiente, la forma de terreno y la permeabilidad.

Importancia de la variable para el cultivo

El cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido no soporta suelos pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna y la escorrentía.

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

Para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido se excluyen los suelos con drenaje natural muy pobre, puesto que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año. Por lo tanto, las zonas con este tipo de drenaje se consideran no aptas (N1).

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 la profundidad del componente que ocupa la mayor área dentro de la unidad, lo que significa que algunos sectores, que pueden ser favorables o desfavorables para el establecimiento del cultivo, no se pueden representar espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

La evaluación de la variable se realiza a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). 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 suelos bien drenados y excesivamente drenados tienen aptitud alta (A1) dado que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; el drenaje natural moderado presenta aptitud media (A2), por requerir de algunas obras de drenaje para optimizar el oxígeno disponible; los drenajes naturales pobre e imperfecto tienen aptitud baja (A3), por la falta de oxígeno disponible y, por ende, requieren de obras de mayor envergadura para adecuarlos. Por último, el drenaje muy pobre no es apto (N1) para el cultivo, por tener agua en o cerca de la superficie del suelo todo el tiempo, lo que no permite el desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

A continuación, se relacionan los rangos de aptitud para la variable:

Rangos de aptitud

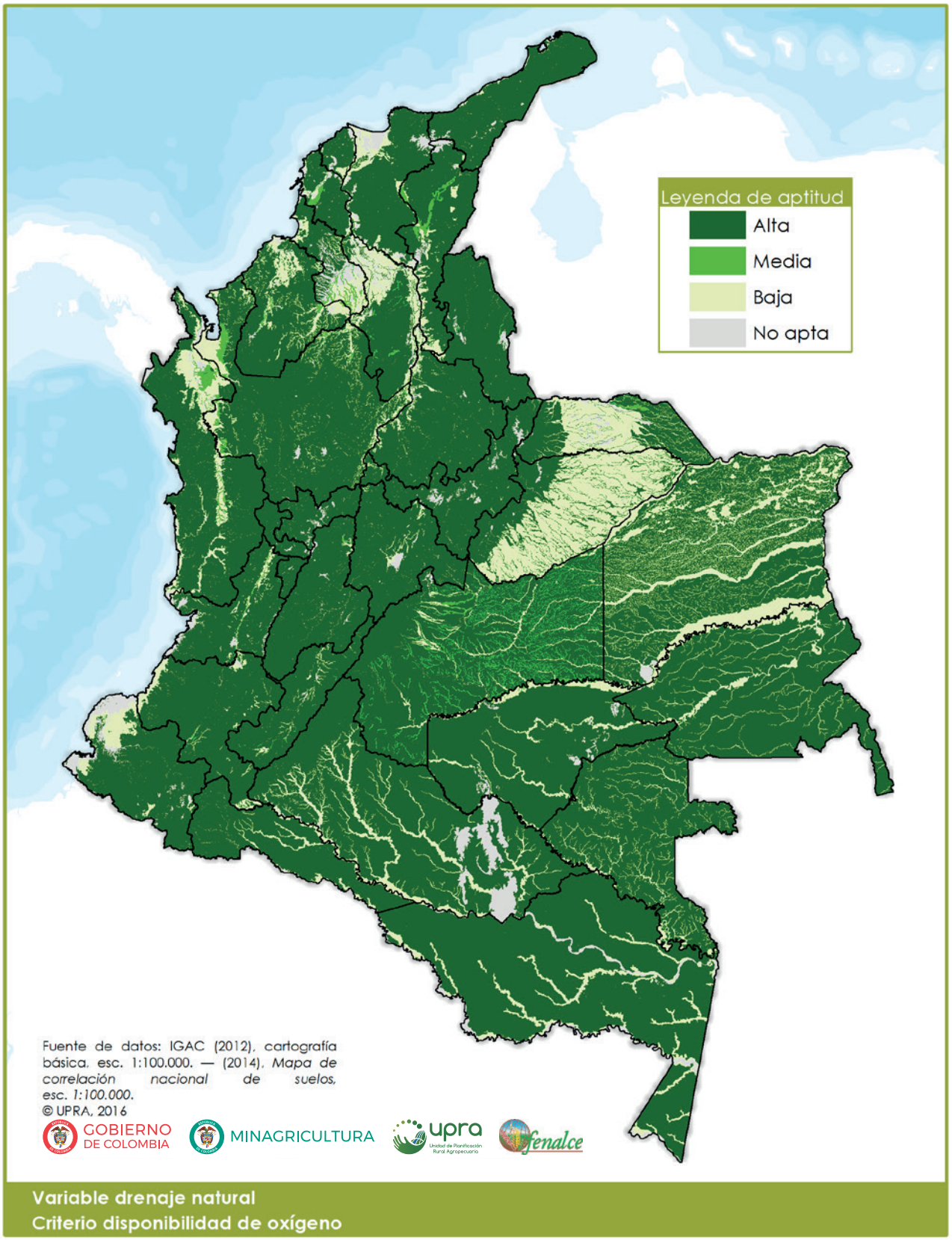
Drenaje natural	Aptitud
Bueno y excesivo	A1
Moderado	A2
Imperfecto y pobre	A3
Muy pobre	N1

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 de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *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



1.6. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

Ficha metodológica de criterio	
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.	
Criterio: disponibilidad de nutrientes	

Variables asociadas al criterio

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

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

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

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 y un pH adecuado— las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en un buen desarrollo de los cultivos y altos rendimientos.

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 en la disponibilidad y la asimilación de la mayoría de los nutrientes por parte de las plantas de maíz.

Limitantes de la evaluación del criterio

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 calificaciones diferentes al componente calificado, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

En los análisis de los estudios generales de suelos se encuentran, como factores que determinan la disponibilidad de los elementos nutricionales, los contenidos de nutrientes y las variables que son responsables de su almacenamiento, como la materia orgánica y la CIC, así como el pH.

Valor de ponderación del criterio: 4,5 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extractan del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). La calificación de cada una de las variables es la siguiente:

Acidez (pH)	
5,5-6,5	A1
5,0-5,4 y 6,6-7,8	A2
4,0-4,9 y 7,9-8,4	A3
< 4,0 y > 8,4	N1

Saturación de bases (%)	
> 35	A1
≥ 10 - ≤ 35	A2
< 10	A3

Carbono orgánico (%)	
> 1,7	A1
≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
< 0,5	A3

CIC (cmol/kg de suelo)	
> 20	A1
≥ 10 - ≤ 20	A2
< 10	A3

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio, se construye una tabla de ponderación mediante la asignación porcentual para las variables que lo conforman, de acuerdo con la limitación que cada una de ellas representa en el desarrollo del cultivo, así: 30 % para la acidez, 30 % para la CIC, 20 % para la saturación de bases y 20 % para el carbono orgánico. El árbol de decisión para la evaluación de aptitud del criterio es el siguiente:

Árbol de decisión para el criterio

Acidez (pH)	CIC (cmol/kg de suelo)	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
5,5-6,5	> 20	> 35	> 1,7	A1
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A1
			< 0,5	A1
		≥ 10 -≤ 35	> 1,7	A1
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A1
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,7	A1
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A2
	≥10 - ≤20	> 35	> 1,7	A1
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A2
		≥ 10 - ≤ 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A3
	< 10	> 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A3
		≥ 10 - ≤ 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,7	A3
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3

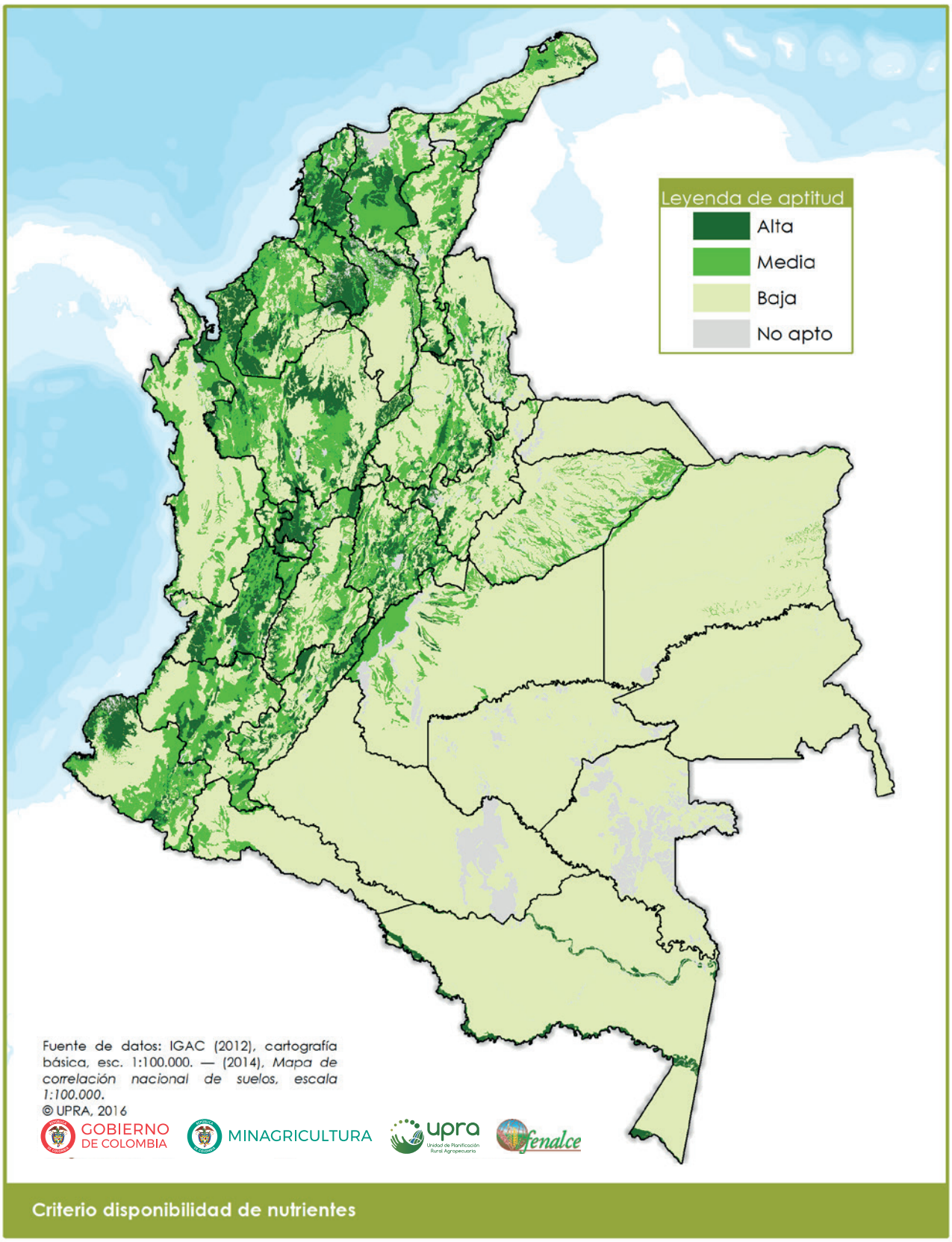
Acidez (pH)	CIC (cmol/kg de suelo)	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
5,0-5,4 y 6,6-7,8	> 20	> 35	> 1,7	A1
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A2
		≥ 10 - ≤ 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A3
	≥10 - ≤20	> 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
			< 0,5	A3
		≥ 10 - ≤ 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,7	A3
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 35	> 1,7	A2
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
		≥ 10 - ≤ 35	> 1,7	A3
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,7	A3
			≥ 0,5 - ≤ 1,7	A3
			< 0,5	A3
4,0-4,9 y 7,9-8,4	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	A3
< 4,0 y > 8,4	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	N1

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

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



1.6.1. Variable acidez (pH)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: acidez (pH)	Unidad de medida: pH	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo. Un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 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 (IGAC, 1979).

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 anterior análisis para soluciones diluidas, el pOH se define como:

$pOH = -\log(OH^-)$.

Para el agua pura a 25 °C, se tiene que:

$(H^+).(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$

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^-. Un 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.

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 de absorción de nutrientes por parte de las raíces: todas las especies vegetales presentan unos rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de estos, la absorción 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.

El pH es el factor principal que determina el suministro de los nutrientes en el suelo. Dado que las reservas de nutrientes son generalmente insuficientes para cubrir la demanda del cultivo, deben ser complementadas por medio de la fertilización o corregidas mediante la aplicación de enmiendas, con el fin de asegurar que el cultivo disponga de los elementos necesarios para alcanzar los rendimientos esperados.

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

Se considera que las áreas donde los pH sean menores a 4,0 y mayores a 8,4 no son aptas para el cultivo (N1), puesto que estos valores extremos presentan restricciones en la disponibilidad y la asimilación de la mayoría de los nutrientes por parte de las plantas de maíz.

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 unidad 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 construye 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, 2014b). Es importante aclarar que los valores de pH se toman 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, consultados con los productores y en talleres con Fenalce.

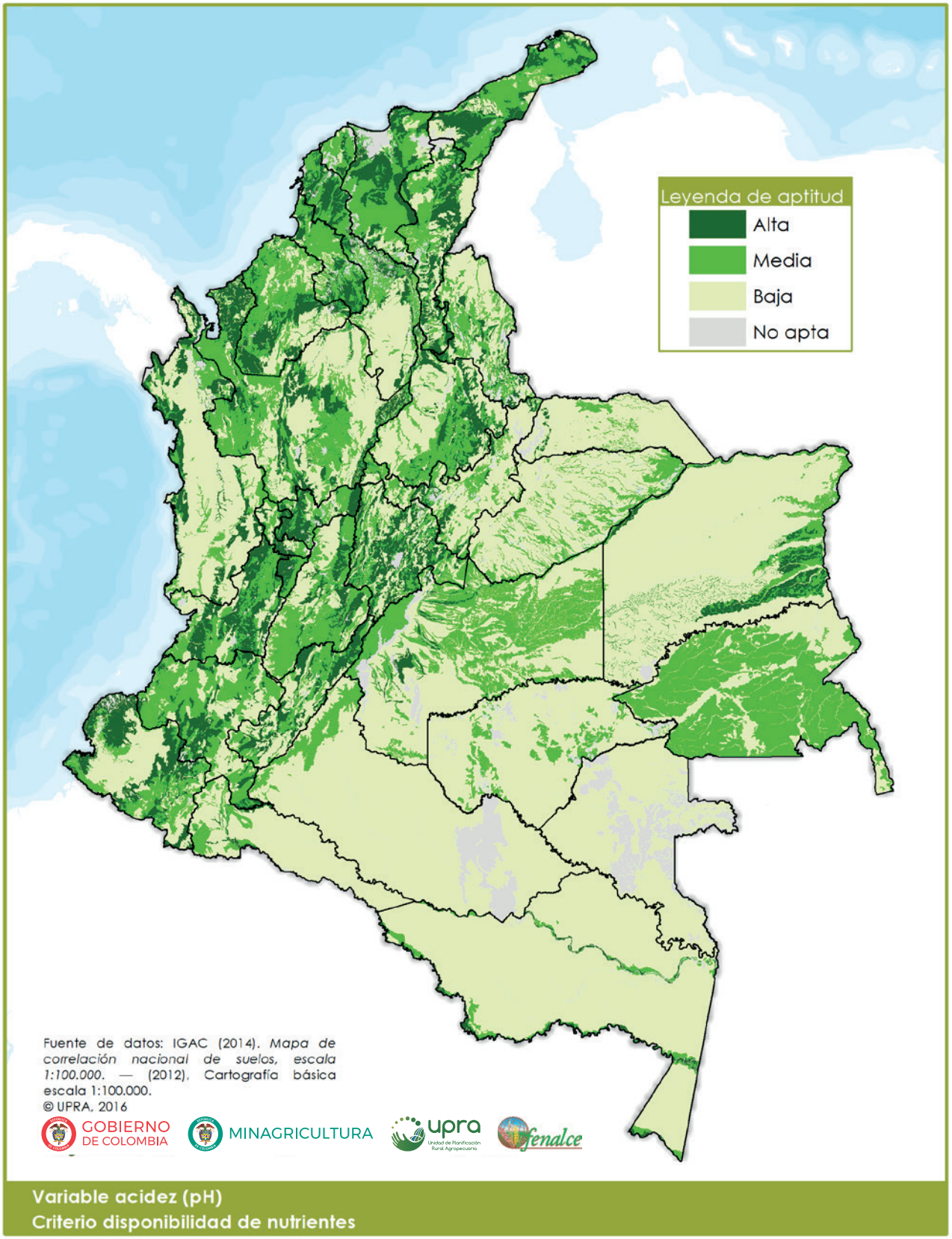
Acidez (pH)	Aptitud
5,5-6,5	A1
5,0-5,4 y 6,6-7,8	A2
4,0-4,9 y 7,9-8,4	A3
< 4,0 y > 8,4	N1

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* (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>
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.a ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.6.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Unidad de medida: cmol/kg de suelo	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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 la regularización de la disponibilidad de nutrientes. Se expresa en cmol/kg suelo.

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

Importancia de la variable para el cultivo

La CIC se ha considerado en la zonificación para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 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 estos, 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 nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio, sino otros elementos como hierro, boro, manganeso, zinc, cloro, molibdeno, cobre y níquel, necesarios para la nutrición de las plantas y es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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).

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

No se determina un área no apta (N1) para esta variable, puesto que, en las unidades de tierra con baja CIC, es posible aplicar enmiendas para regular el contenido de nutrientes.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a 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 diversos tamaños que tienen saturaciones con diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

La variable se obtiene 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, 2014b). Los valores de CIC se toman de los horizontes superficiales de los perfiles modales.

Los límites de variación se conforman reagrupando los valores de la tabla de fertilidad del instructivo para los levantamientos de suelos del IGAC (2010).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos se establecen de acuerdo con reportes técnicos consultados y socializados con el gremio y los productores, así:

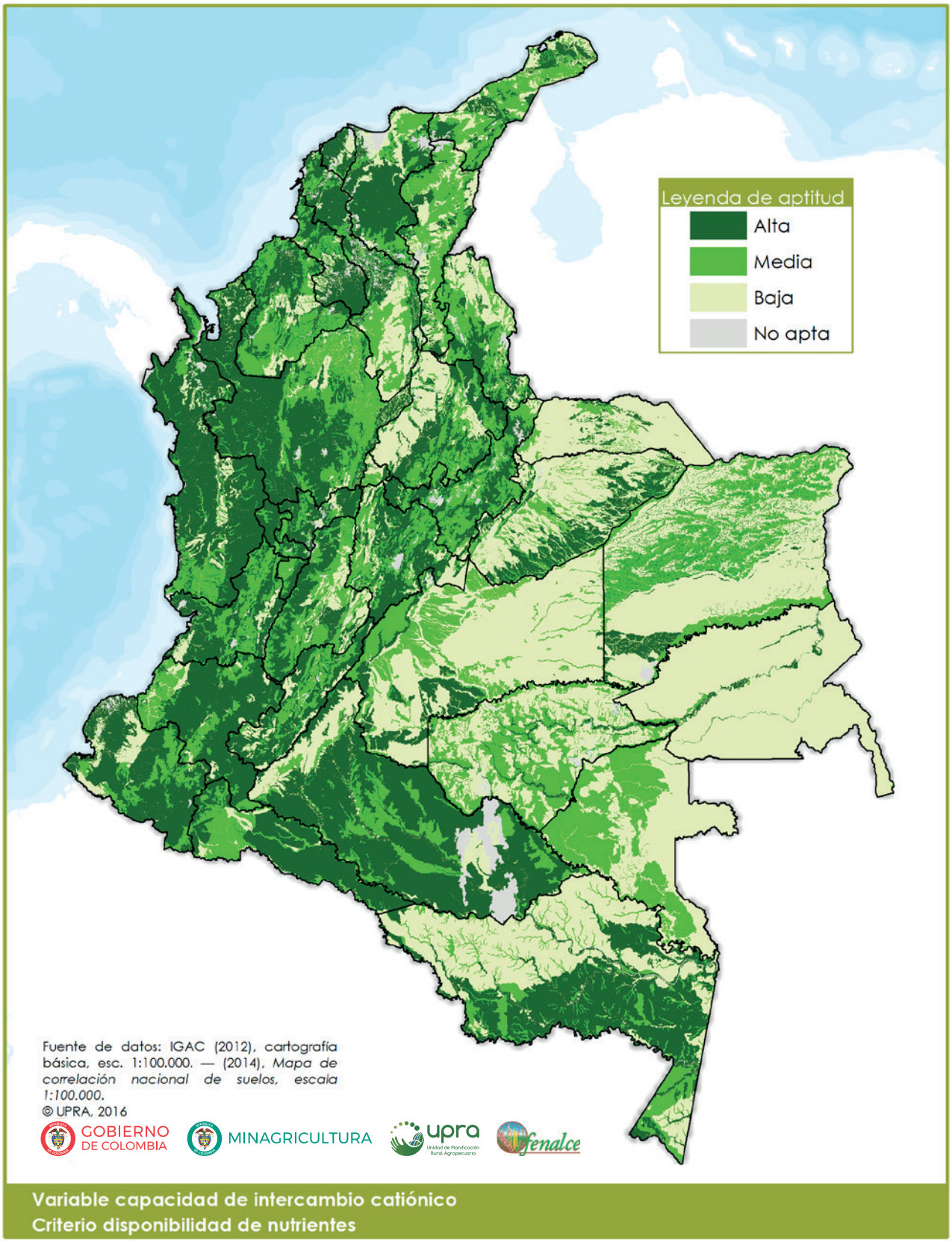
CIC (cmol/kg de suelo)	Aptitud
> 20	A1
≥ 10 - ≤ 20	A2
< 10	A3

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 de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). Mapa de correlación n*acional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.6.3. Variable saturación de bases

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: saturación de bases	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociaado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Total de cationes cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresado como un porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %.

El pH es proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender y Bornemisza, 1987).

Importancia de la variable para el cultivo

En la medida en que la saturación de bases sea mayor, el complejo de cambio está saturado con estos elementos nutritivos para las plantas de maíz. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la CIC es elevada.

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

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

No se determinan áreas no aptas (N1) para la variable, debido a que, en las unidades de tierra con baja saturación de bases, se pueden aplicar enmiendas para regular su contenido, como práctica del manejo agronómico de los suelos.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a 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 diversos tamaños que tienen saturaciones con diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

La variable se construye 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, 2014b). Es importante aclarar que los valores de saturación de bases se toman de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos seleccionados, de acuerdo con los reportes técnicos consultados y socializados con el gremio y los productores, son los siguientes:

Rangos de aptitud

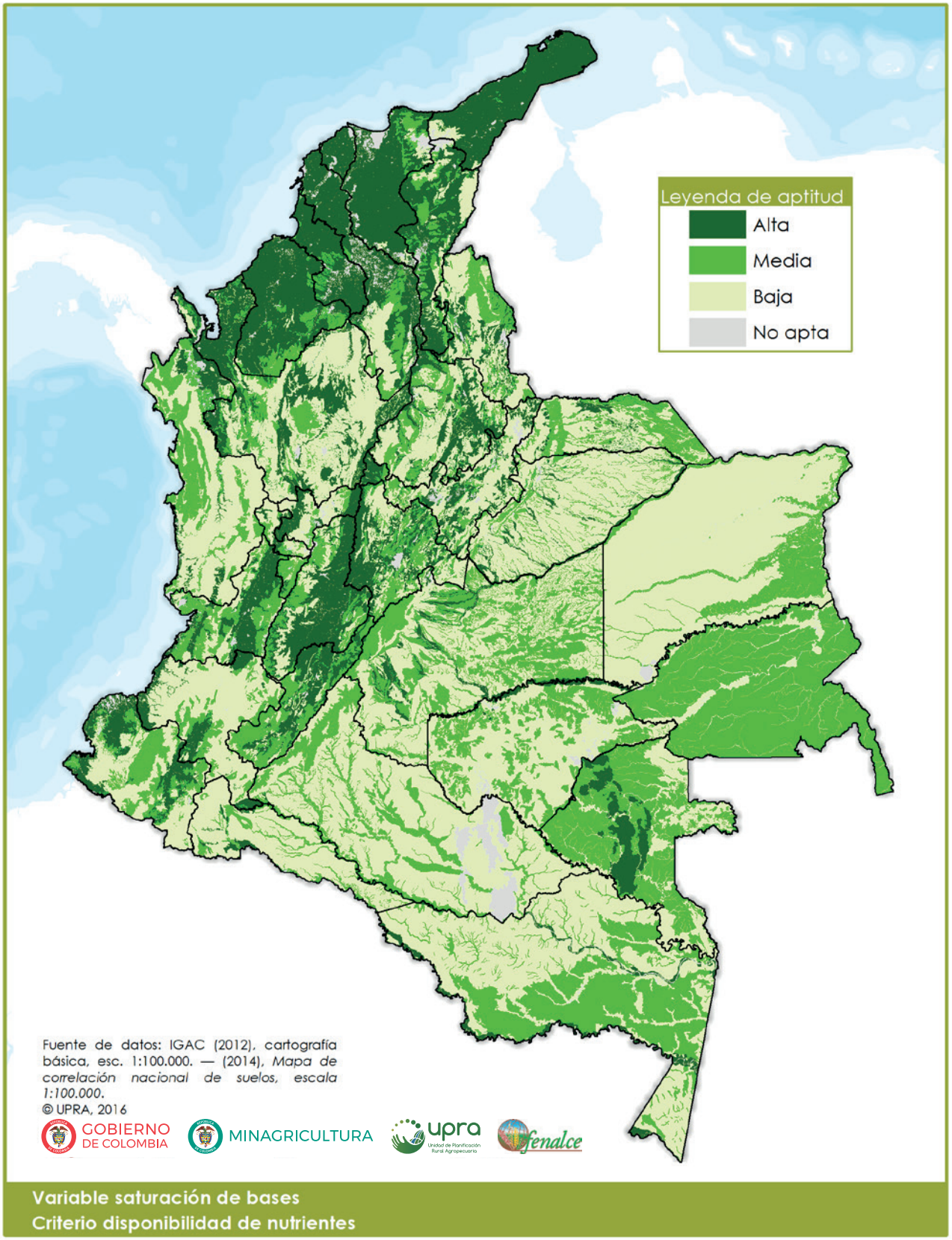
Saturación de bases (%)	Aptitud
> 35	A1
≥ 10 - ≤ 35	A2
< 10	A3

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

Fuentes de información

- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). I*nstructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.6.4. Variable carbono orgánico

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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

Principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro (Martínez *et al.*, 2008). 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).

Importancia de la variable para el cultivo

El contenido de carbono orgánico del suelo se relaciona directamente con el contenido de materia orgánica —responsable de la dinámica de nutrientes en el suelo— porque proporciona coloides de alta CIC; también modifica el pH, haciéndolo más ácido cuando aumenta su contenido en el suelo.

En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto la parte biológica, proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo, mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999; citado por Martínez *et al.*, 2008).

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

Para esta variable no se determinan unidades de tierra no aptas (N1), puesto que, en los suelos con bajos contenidos de materia orgánica, se pueden aplicar enmiendas para mejorar el contenido de carbono orgánico.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos, escala 1:100.000, son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, lo cual significa que, dentro de la misma, existen áreas de diversos 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 construye a partir del contenido de carbono orgánico registrado en los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). Los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se toman de los horizontes superficiales del perfil modal.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos seleccionados, de acuerdo con los reportes técnicos consultados y socializados con el gremio y los productores, son los siguientes:

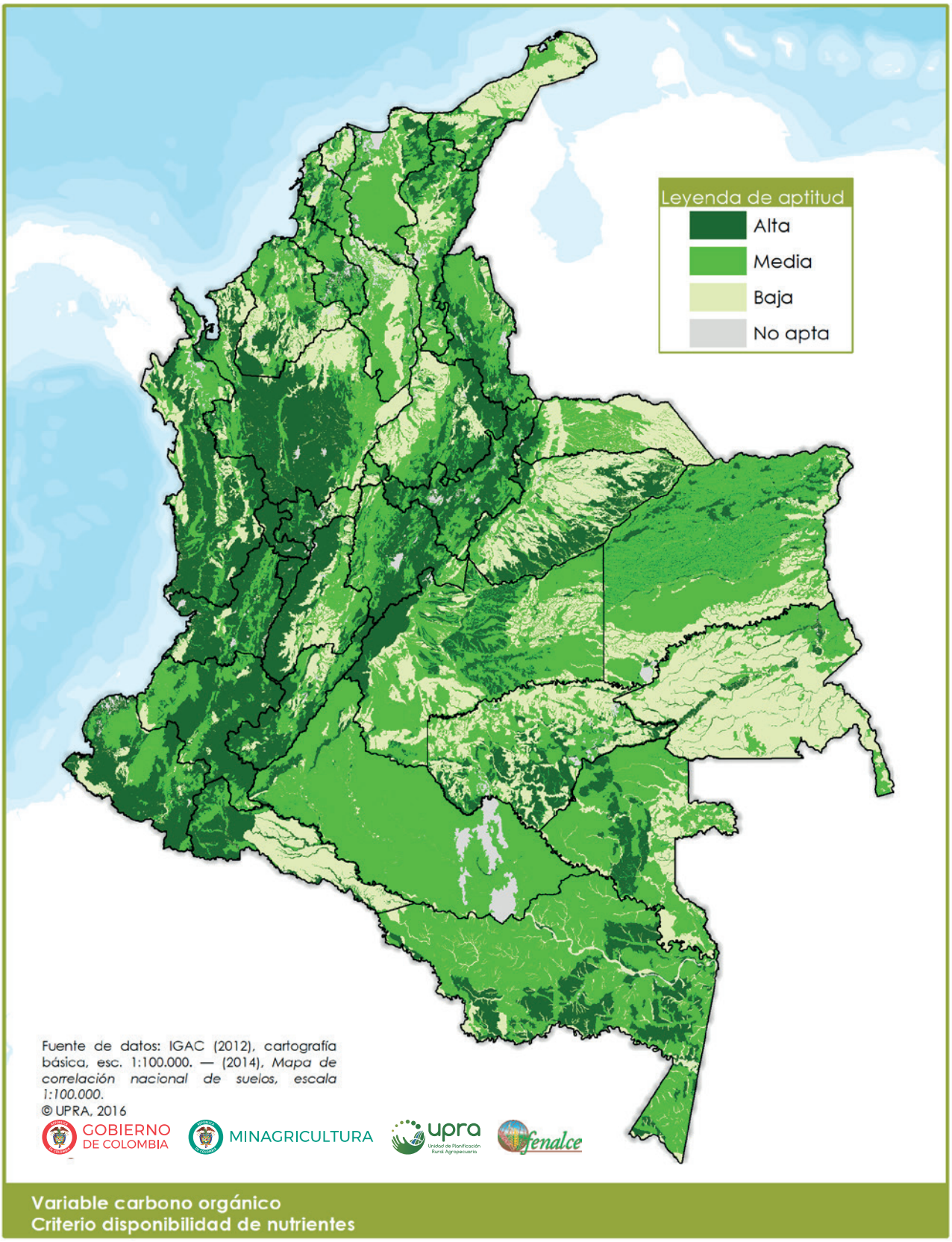
Carbono orgánico (%)	Aptitud
> 1,7	A1
≥ 0,5 - ≤ 1,7	A2
< 0,5	A3

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* (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>
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *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>

Representación cartográfica de la variable



1.7. CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO

Ficha metodológica de criterio	
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.	
Criterio: toxicidad por sales, sodio y aluminio	
Variables asociadas al criterio	

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

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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, Mg, Cl y Zn), 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 en suelos ácidos de clima húmedo, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.

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 la disminución del crecimiento de las raíces y necrosis en las hojas.

El Al es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración en el suelo especialmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y los tallos, y las hojas pueden tomar un color púrpura, similar al producido por la deficiencia de P, dado que afecta el metabolismo del fosfato, inhibe la división celular e impide la absorción de Ca, Mg y K.

Las sales aumentan el pH y afectan la absorción de otros elementos (K^+, NO_3, PO_4 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 respuesta de las plantas a las toxicidades y con base en las propiedades de los suelos colombianos, las variables incluidas en el criterio tienen rangos donde no se aconseja el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Se consideran zonas no aptas (N1), los suelos con salinidad mayor de 8 dS/m y aquellos que presenten saturación de sodio mayor de 15 %.

Limitantes de la evaluación del criterio

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a 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 calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, corresponden a aptitudes diferentes.

En cuanto a los contenidos de sales y sodio, la base geopedológica presenta una limitación relacionada con que no en todos los casos presenta valores, sino que se refiere a la presencia o no presencia. En la concentración de aluminio si existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

Valor de ponderación del criterio: 4,0 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extractan del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b).

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce.

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

Salinidad (dS/m)	Aptitud
≤ 2	A1
>2 - ≤ 4	A2
> 4 - ≤ 8	A3
> 8	N1

Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 10	A1
>10 - ≤ 15	A2
> 15	N1

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud es la limitación que cada variable representa en el desarrollo del cultivo, dado que se reducen las posibilidades de un adecuado desarrollo de las plantas.

La aptitud para el criterio se obtiene de la comparación en el siguiente árbol de decisión:

Árbol de decisión para el criterio

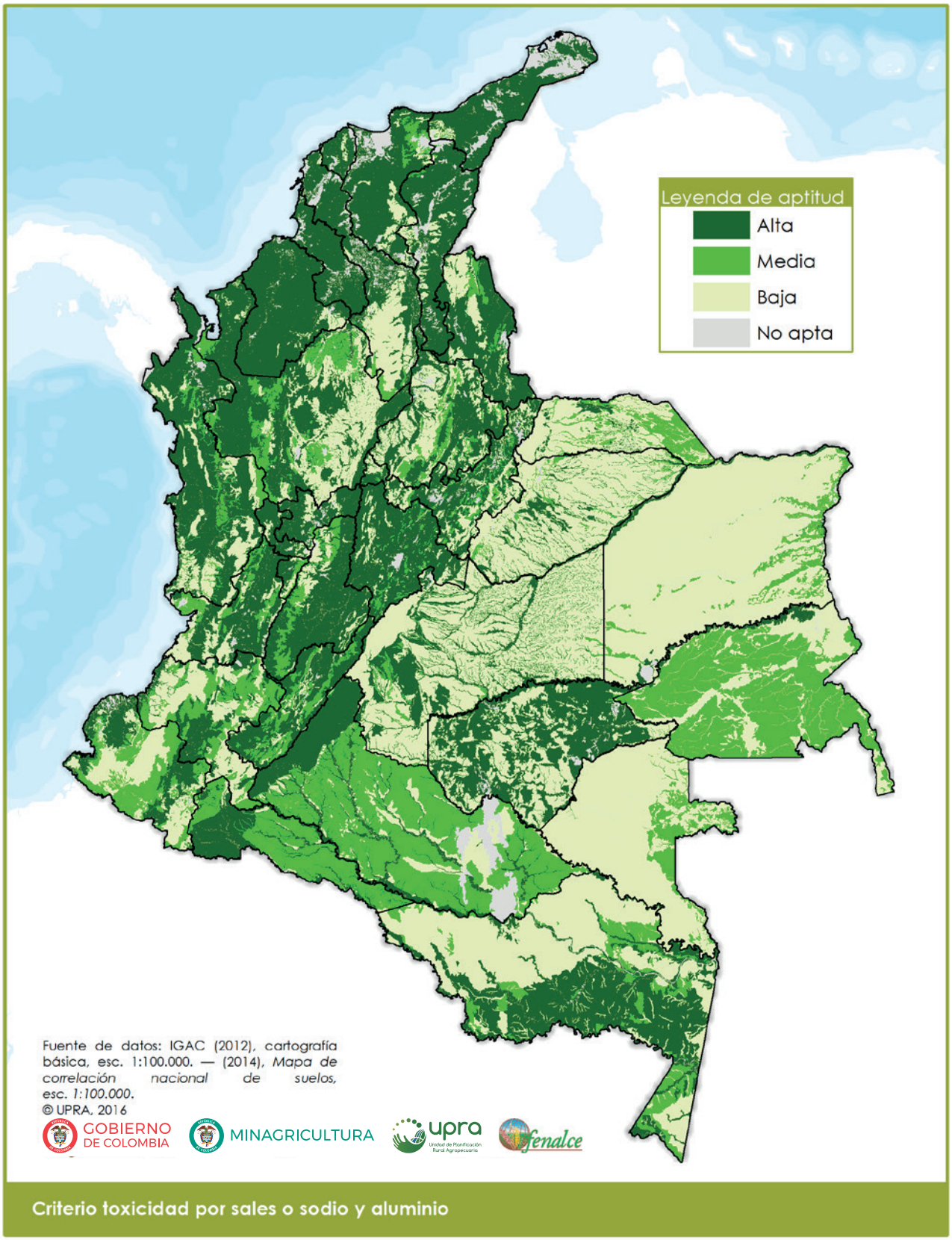
Saturación de aluminio (%)	Salinidad (dS/m)	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 30	≤ 2	≤ 10	A1
		>10 - ≤ 15	A1
		> 15	N1
	>2 - ≤ 4	≤ 10	A1
		>10 - ≤ 15	A2
		> 15	N1
	> 4 - ≤ 8	≤ 10	A3
		>10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	> 8	Cualquiera	N1
> 30 - ≤ 60	≤ 2	≤ 10	A2
		>10 - ≤ 15	A2
		> 15	N1
	>2 - ≤ 4	≤ 10	A2
		>10 - ≤ 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.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio toxicidad por sales o 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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
Variable: salinidad o sodicidad	Unidad de medida: dS/m y PSI (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

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 sodio 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 con 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 sodio es el que predomina en la solución del suelo, mientras que el Ca y el Mg, debido a su mayor fuerza de adsorción, ocupan la mayor proporción de los iones dentro de la doble capa difusa (IGAC, 1979).

Importancia de la variable para el cultivo

Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, con el riesgo de que el suelo sea susceptible a la salinización.

Los altos contenidos de sales o de sodio 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 los iones potasio (K^+), nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y calcio (Ca^{++}).
- Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
- Las raíces no se desarrollan en forma óptima (profundizan menos y hay menos ramificaciones).
- No hay división ni crecimiento celular y, por consiguiente, las plantas presentan menor desarrollo.

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

Se considera que las unidades de tierra con presencia de conductividad eléctrica mayor de 8 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 % no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, debido a la susceptibilidad que presenta la planta a estos niveles de sales y de sodio.

Limitantes de la evaluación de la variable

La principal dificultad para evaluar esta variable es la falta de información; los estudios generales de suelos, a escala 1:100.000, reportan presencia o no presencia de sales. Además, la salinidad no se presenta de manera uniforme, dado que varía tanto de forma horizontal como vertical y también en el transcurso del año.

La presencia de sales y de sodio se evidencia en forma de manchas: las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio muestra costras negras, a causa de la dispersión de la materia orgánica. Estas características dificultan la recolección de la información por parte de los edafólogos en el campo para realizar el mapeo.

Metodología de procesamiento de la información

Los suelos salinos o no salinos, y sódicos o no sódicos, se obtienen del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tienen información se infieren correlacionando otras variables, como el clima y la nemotecnia que ofrecen los nombres taxonómicos.

Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de fertilidad en la «Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales» (IGAC, 2014c).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los suelos de aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor de 2 dS/m (no salino) y menos de 10 % de Na intercambiable; con aptitud media (A2), los suelos ligeramente salinos (2 y 4 dS/m) y de 10 % a 15 % de saturación de Na; los suelos con baja aptitud (A3) son los que tienen entre 4 y 8 dS/m de salinidad. Los suelos no aptos (N1) están representados por los salinos (mayores de 8 dS/m) y los sódicos (más del 15 % de saturación de Na), así:

Salinidad o sodicidad de los suelos

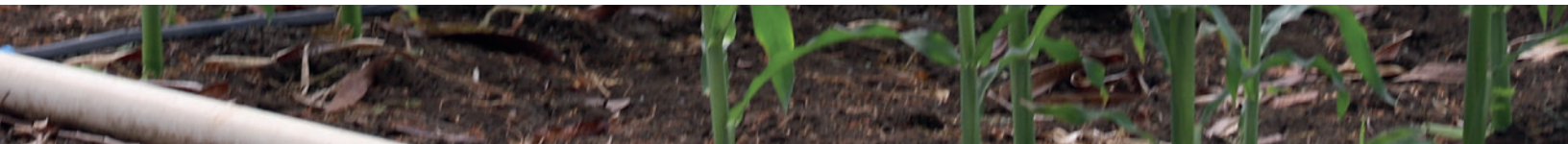
Salinidad (dS/m)	Aptitud
≤ 2	A1
>2 - ≤ 4	A2
> 4 - ≤ 8	A3
> 8	N1

Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 10	A1
> 10 - ≤ 15	A2
> 15	N1

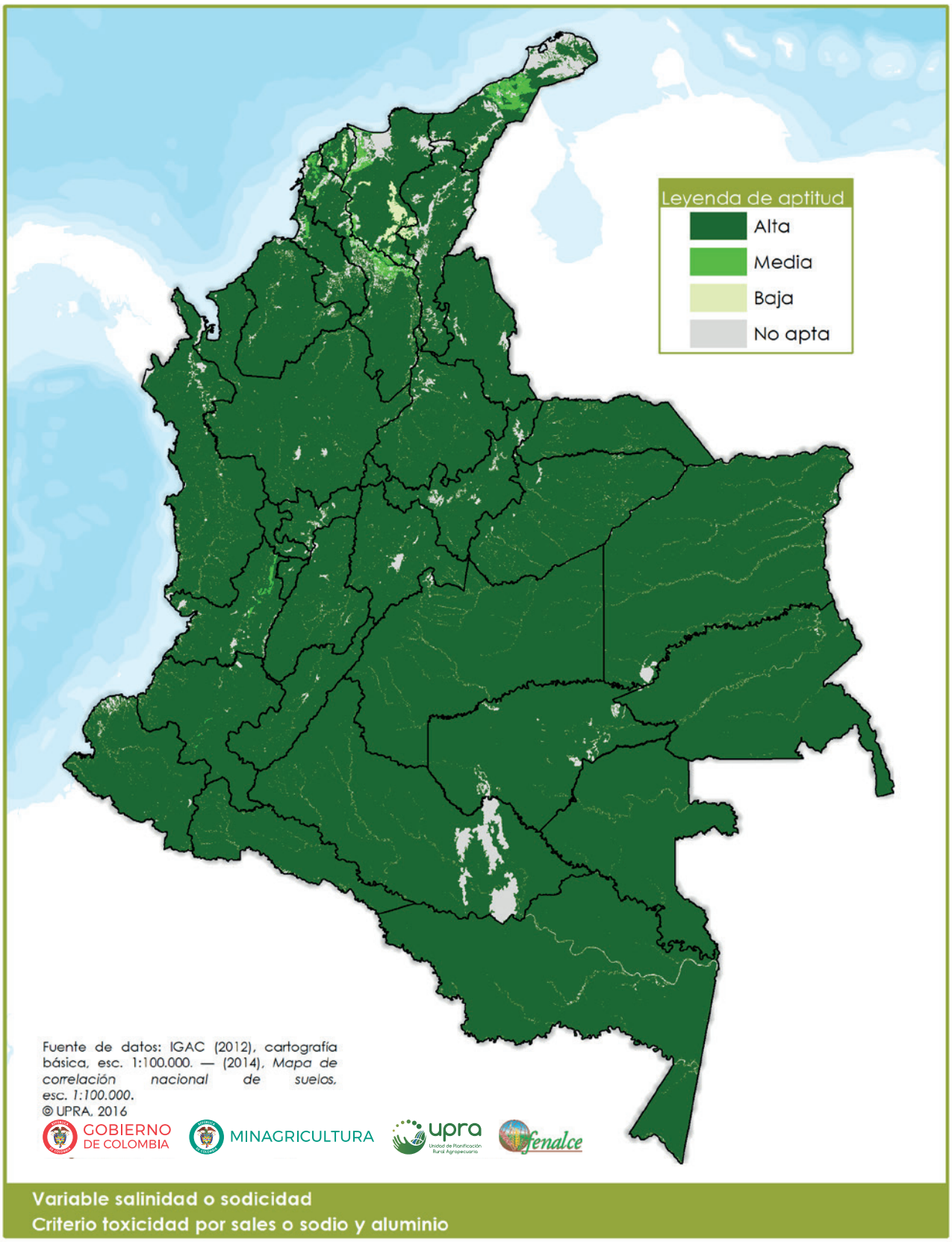
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (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>
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



Variable salinidad o sodicidad
Criterio toxicidad por sales o sodio y aluminio

1.7.2. Variable saturación de aluminio

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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

Proporción de Al^{+++} 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 Zn intercambiables (IGAC, 1979). La saturación de aluminio del suelo (SAl) hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), 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^{+++} 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 de 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.

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+++} intercambiable es necesario encalar para elevar el pH 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 (N1) para esta variable, pues una alta saturación de Al^{+++} se puede disminuir mediante el encalamiento.

No obstante, todas las unidades cartográficas con más del 60 % de saturación de aluminio fueron calificadas como aptitud baja (A3) puesto que la adecuación de estas áreas resulta costosa y demorada.

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 misma, existen áreas que tienen contenidos de aluminio diferentes al componente calificado, los cuales pueden ser o no ser restrictivos para el cultivo.

Metodología de procesamiento de la información

La calificación que se hace con los valores de aluminio (Al^{+3}) se obtiene con base en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014b). Los rangos se determinan con la tabla para el cálculo de la fertilidad en el manual de códigos del IGAC.

La calificación para estos rangos se hace a partir del mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tienen información se infieren correlacionando otras variables, como el clima y la nemotecnia que ofrecen los nombres taxonómicos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Con base en diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos con saturación de aluminio < 30 %; con aptitud moderada (A2), los suelos entre 30 y 60 % de saturación de Al; y con aptitud baja (A3), las saturaciones de aluminio mayores de 60 %.

Rangos de aptitud

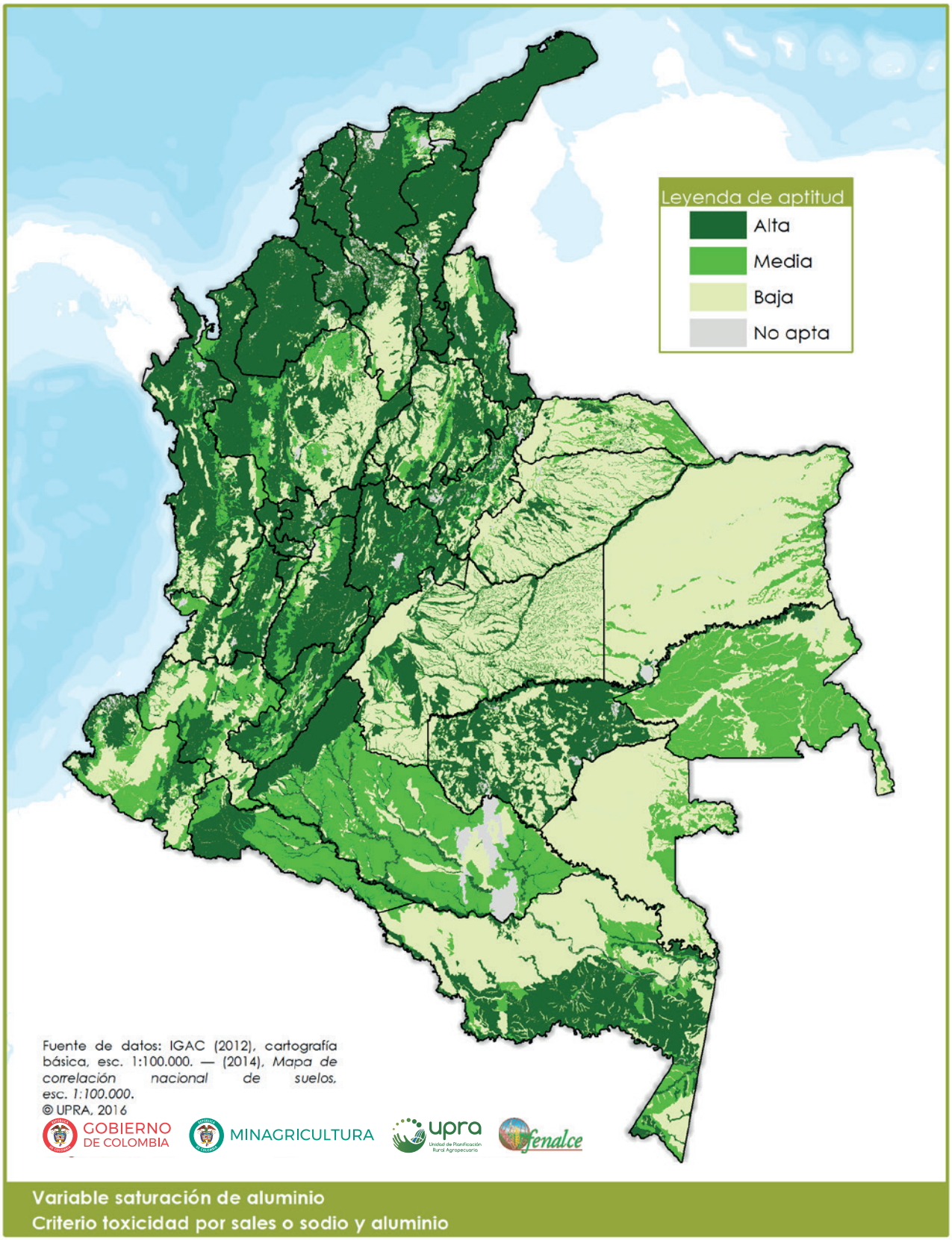
Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 30	A1
> 30 - ≤ 60	A2
> 60	A3

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.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.8. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS

Ficha metodológica de criterio	
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.	
Criterio: susceptibilidad a la pérdida de suelos	
Variables asociadas al criterio	

- Pendiente, expresada como porcentaje (%).
- Erosión actual, expresada como grado de erosión.
- Susceptibilidad a deslizamientos, expresada como grado de susceptibilidad.

Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido involucra el uso intensivo del suelo; por ende, tiene periodos que lo dejan sin cobertura vegetal, especialmente en preparación, siembra, desyerba y cosecha, aspecto que lo expone temporalmente a la erosión, principalmente por escorrentía.

Importancia del criterio para el cultivo

Para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de las variables que integran el criterio, cada una de ellas presenta límites que se califican como no aptos (N1). En primer lugar, las pendientes mayores de 50 % van en contra de la conservación de suelos, por el movimiento de las partículas de suelo a través de ella. En segundo lugar, la erosión actual en grado severo y muy severo, puesto que prácticamente no existe capa productiva. Finalmente, la susceptibilidad a deslizamientos muy alta, como un factor detrimental para el suelo.

Limitantes de la evaluación del criterio

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 que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

Valor de ponderación del criterio: 1,4 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las tres variables que conforman el criterio se obtiene de los mapas de pendientes, de susceptibilidad a los deslizamientos y de erosión, realizados por el IGAC y el Ideam; el mapa de pendientes se genera a partir del SRTM, con resolución de 90 m, utilizando los límites de variación de las pendientes (IGAC, 2010).

Los rangos de aptitud de cada una de las variables se establecen de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y los reportes técnicos de Fenalce. La calificación de este criterio se realiza mediante un árbol de decisión, y se otorga más importancia al efecto limitante de cada una de las variables.

Pendiente (%)	Aptitud
≤ 12	A1
> 12 - ≤ 25	A2
> 25 - ≤ 50	A3
> 50	N1

Susceptibilidad a deslizamientos	Aptitud
Muy baja y baja	A1
Media	A2
Alta	A3
Muy alta	N1

Erosión actual	Aptitud
No hay o es ligera	A1
Moderada	A2
Severa y muy severa	N1

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.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud es el efecto que cada variable tiene en la pérdida de suelo, puesto que reduce las posibilidades de mantener un área productiva.

Árbol de decisión para el criterio

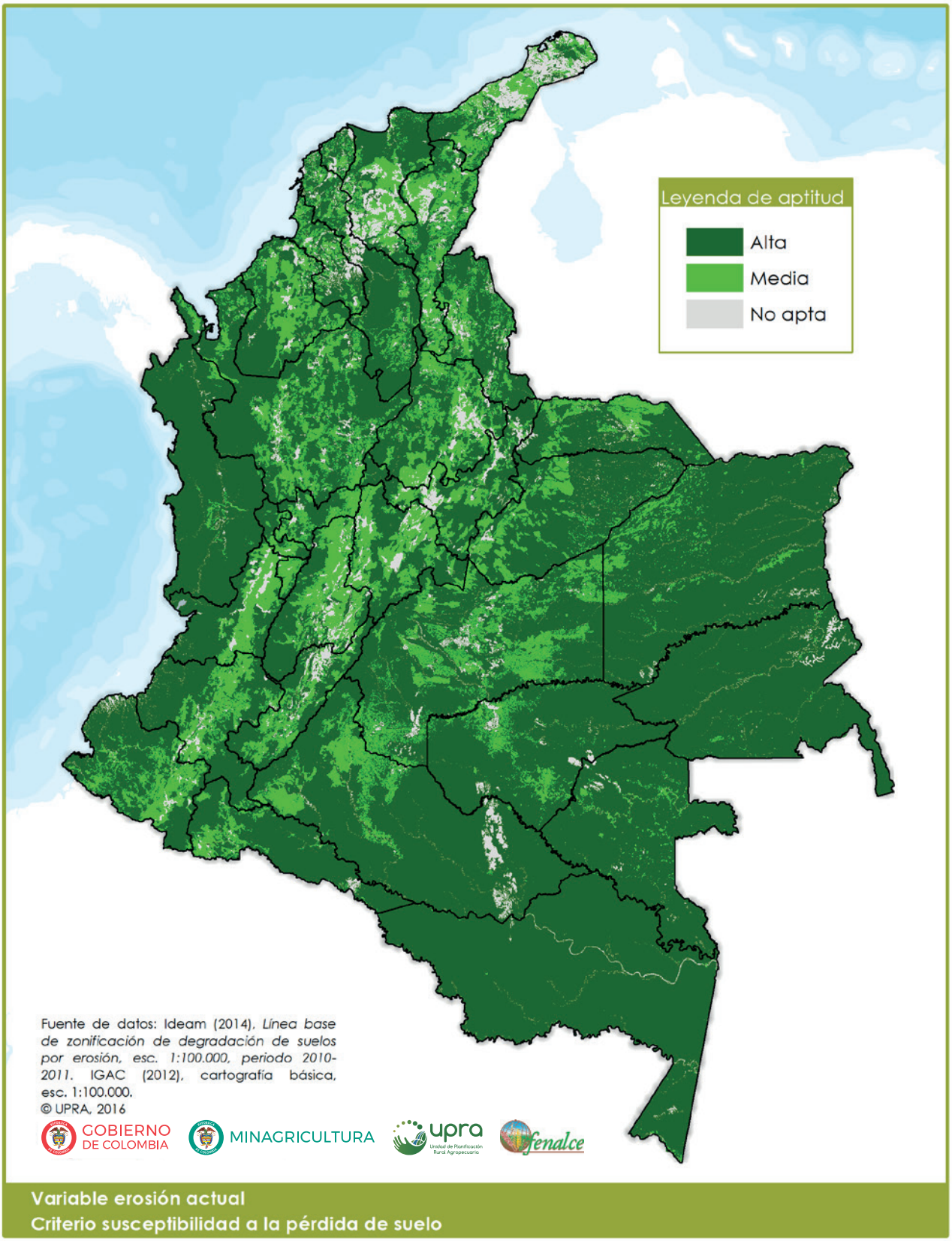
Pendiente	Susceptibilidad a deslizamientos	Erosión actual	Aptitud
≤ 12	Muy baja y baja	No hay o es ligera	A1
		Moderada	A1
		Severa y muy severa	N1
	Media	No hay o es ligera	A1
		Moderada	A2
		Severa y muy severa	N1
	Alta	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
	Muy alta	Cualquiera	N1
> 12 - ≤ 25	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	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
	Muy alta	Cualquiera	N1
> 25 - ≤ 50	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	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
	Muy alta	Cualquiera	N1
> 50	Cualquiera	Cualquiera	N1

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

Fuentes de información

- Ideam. (2014a). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam y SGC. (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014d). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



1.8.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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		

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 manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

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

Importancia de la variable para el cultivo

El cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido presenta un óptimo comportamiento hasta con el 12 % de pendiente; de ahí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales. El uso intensivo de maquinaria propicia el movimiento de suelo a favor de la pendiente, lo que genera su pérdida, más aún cuando, durante el ciclo del cultivo, no se realizan prácticas de conservación de suelos.

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

Las pendientes mayores del 50 % no son aptas (N1) para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, puesto que en ellas se aumentan las probabilidades de pérdidas de suelo por erosión hídrica, especialmente por el fenómeno de escorrentía.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendientes se basó en cálculos y análisis espaciales a partir del SRTM de 90 m y el modelo de elevación. Este modelo no genera mayor aproximación a la realidad del terreno, en particular, en pendientes superiores al 25 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos se automatiza por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 m. Se usan los rangos tradicionales utilizados por el IGAC para los estudios de suelos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con los parámetros para la conservación de los suelos, se establecen los siguientes rangos:

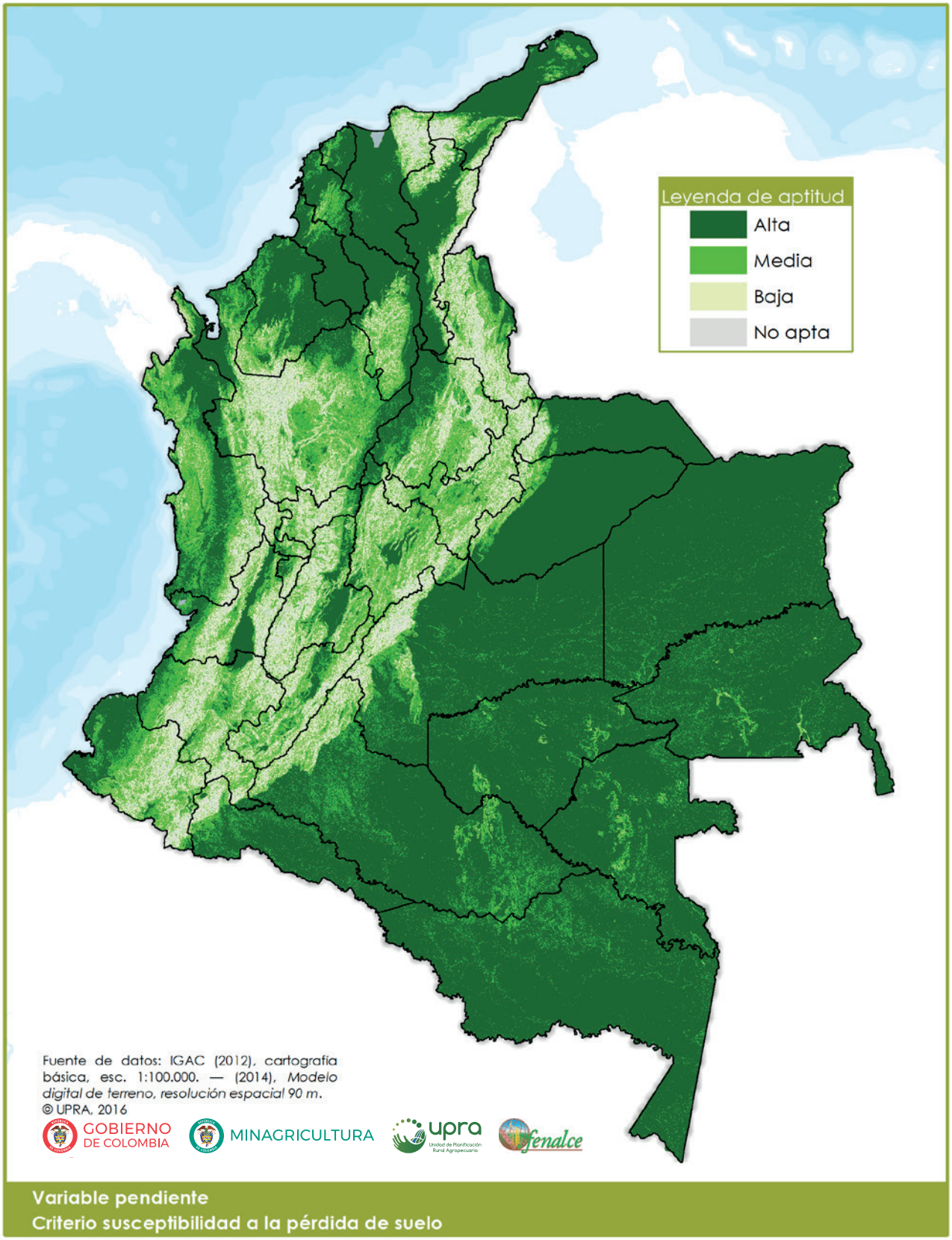
Pendiente (%)	Aptitud
≤ 12	A1
>12 - ≤ 25	A2
>25 - ≤ 50	A3
> 50	N1

Unidad de análisis	Rangos de pendientes.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014d). *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 (ensayo técnico)*. 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



Variable pendiente
Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelo

1.8.2. Variable erosión actual

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variable: erosión actual	Unidad de medida: grado de erosión	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

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.

A continuación, se presentan las distintas clases y su definición según la USDA (2010) y el Ideam (2010):

Grados de erosión

Descripción	Grado
Pérdidas no significativas de material de suelo	No hay
Pérdida del 25 % del horizonte superficial	Ligero
Pérdida del 75 % del horizonte superficial	Moderado
Pérdida de parte del horizonte B	Severo
Pérdida de la totalidad del horizonte B	Muy severo

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 maíz tecnificado de clima cálido, lo ideal es que no exista erosión o que sea ligera, porque la pérdida del suelo afecta la profundidad efectiva de raíces y el área de exploración de nutrientes y agua, con un impacto negativo en el desarrollo del cultivo.

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

En el mapa se excluyen las áreas de erosión severa y muy severa, como 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 los suelos no van a tener la mejor oferta de nutrientes, ni propiedades físicas mínimas para el normal desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Limitantes de la evaluación de la variable

Hasta 2013, la información de erosión a escala 1:100.000 solamente se tiene para la cuenca hidrográfica Magdalena-Cauca; el resto del país tiene información a escala 1:500.000 del IGAC de 1998. La zona de La Guajira requiere ajustes con interpretación de imágenes de sensores remotos.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso metodológico para la evaluación de la variable inicia con la revisión de los requerimientos del cultivo de maíz tecnificado de clima cálido, relacionados con el estado de los suelos por erosión, la susceptibilidad a la degradación y la conservación de los suelos.

A los mapas de erosión del país se les adiciona la información reciente del área hidrográfica Magdalena-Cauca, a escala 1:100.000, y de los mapas de erosión nacional, a escala 1:500.000, del IGAC de 1998. En algunas zonas, la variable se ajusta por medio de interpretación de imágenes de sensores remotos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los grados de erosión ligera o sin erosión se definen con aptitud alta (A); los de erosión moderada, con aptitud media (A2); y los de erosión severa y muy severa, como no aptos (N1).

Rangos de aptitud por erosión

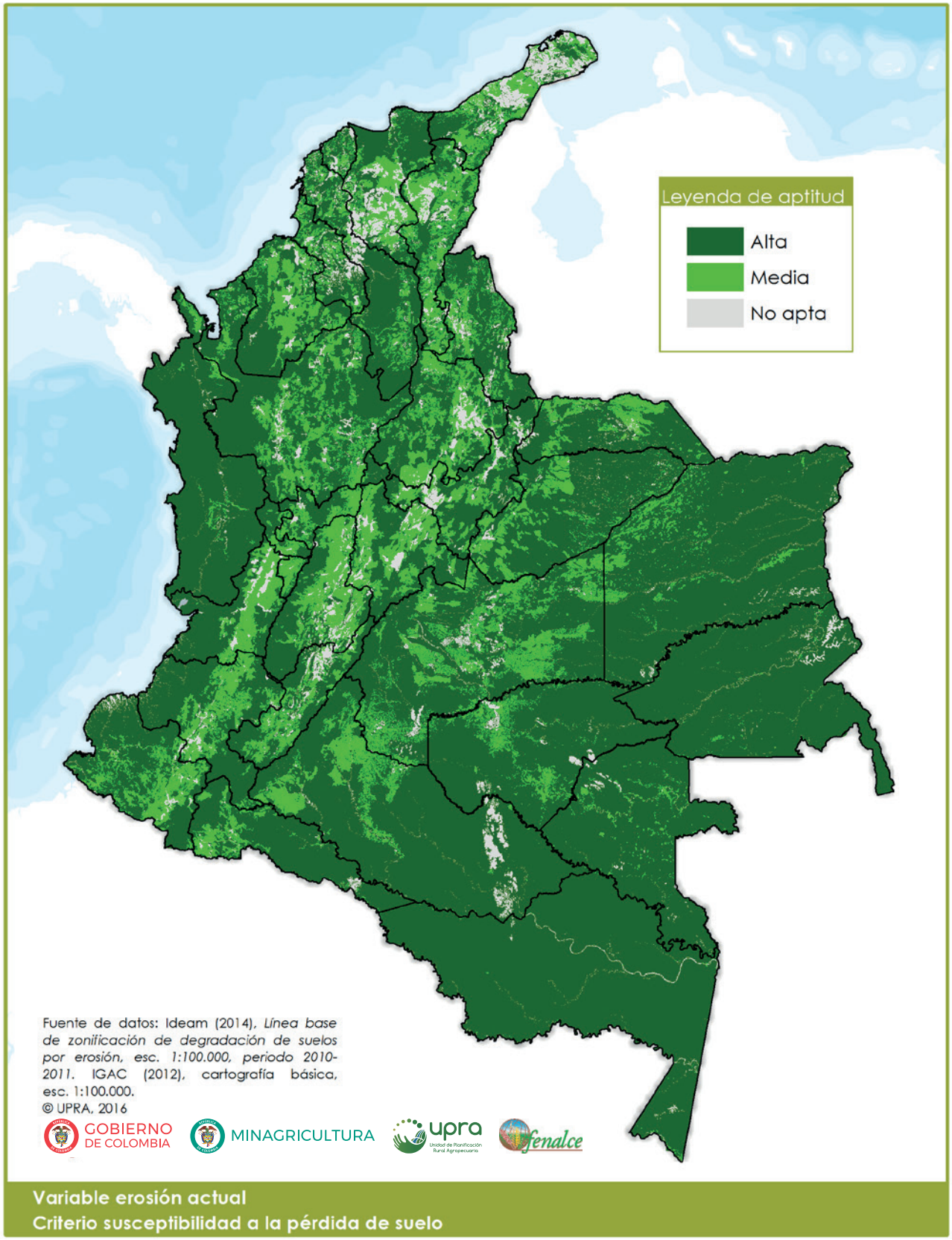
Grados de erosión	Aptitud
No hay o es ligera	A1
Moderada	A2
Severa y muy severa	N1

Unidad de análisis	Grados de erosión.

Fuentes de información

- Ideam. (2014a). *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.
- —. (2012a). 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



Variable erosión actual
Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelo

1.8.3. Variable susceptibilidad a deslizamientos

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variable: susceptibilidad a deslizamientos	Unidad de medida: grado 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 deslizamientos 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 (IGAC, 2005).

Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que se debe considerar a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Importancia de la variable para el cultivo

La variable debe ser considerada dentro de la zonificación del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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

Al ser una variable de probabilidad, solamente se tiene en cuenta el rango de erosión muy alta como exclusión técnica (N1). Los deslizamientos pueden suceder por la dinámica actual de la corteza terrestre o por efecto de sismos y terremotos relacionados con la tectónica de placas. Otros factores que podrían incidir indirectamente en los deslizamientos están considerados en las otras dos variables: pendiente y erosión actual.

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente de información tiene escala 1:500.000, con lo cual se presenta menor detalle para el análisis de la variable.

Metodología de procesamiento de la información

El mapa de susceptibilidad a los deslizamientos fue generado por el Ideam e Ingeominas —hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC)—, a partir de un modelo que involucra variables de pendiente, material geológico, tectónica, suelos y cobertura vegetal. El modelo utiliza, en general, información a escala 1:500.000; para efectos de la zonificación, se usa sin modificación.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

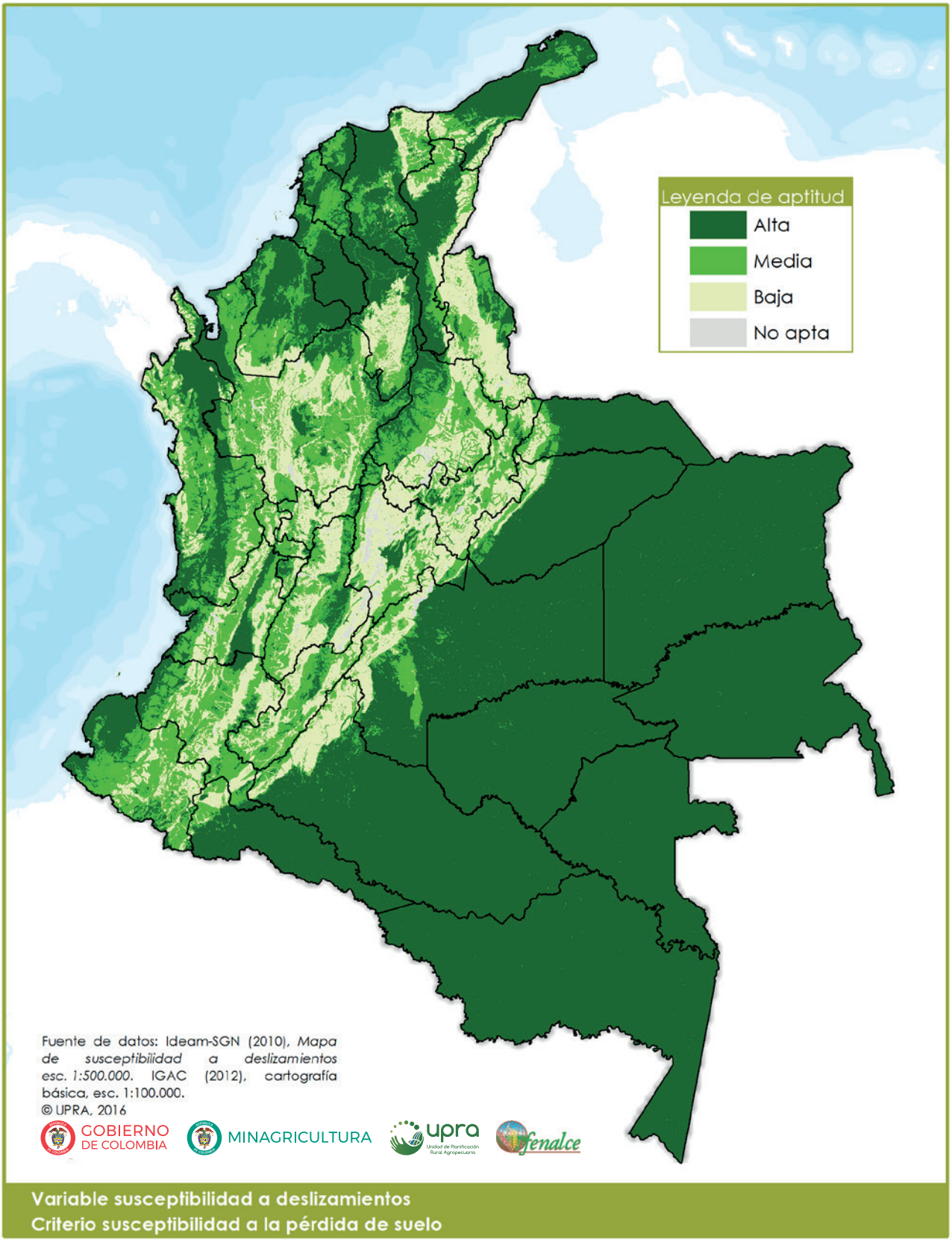
Susceptibilidad a deslizamientos	Aptitud
Baja y muy baja	A1
Moderada	A2
Alta	A3
Muy alta	N1

Unidad de análisis	Áreas susceptibles a deslizamientos.

Fuentes de información

- Ideam y SGC. (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2.ª ed.). (H. Villota, Ed.) Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



1.9. CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio: riesgo fitosanitario		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Temperatura media, expresada en °C/año.
- Precipitación, expresada en mm/semestre.
- Humedad relativa, expresada en porcentaje (%).

Definición

Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura, precipitación y humedad relativa) que aumentan la probabilidad de que se desarrollen procesos de inoculación, infección y propagación de los limitantes sanitarios en el cultivo comercial de maíz de clima cálido. Para la presente zonificación se priorizaron la mancha de asfalto y el gusano cogollero.

Importancia del criterio para el cultivo

El maíz presenta una gran cantidad de plagas y enfermedades de importancia económica debido a su alta incidencia y proliferación, lo que impacta en el desarrollo de la actividad productiva.

En las zonas donde se desarrolla la explotación comercial del cultivo se presentan condiciones ambientales y endémicas que aumentan el riesgo de desarrollo de estos limitantes fitosanitarios. La *Phyllacora maydis*, causante de la mancha de asfalto, y el insecto-plaga gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* son los de mayor relevancia por su agresividad y altos costos de control, por ende, son priorizados por la UPRA. Por lo anterior, la determinación de zonas con diferentes niveles de riesgo de aparición y desarrollo de plagas y enfermedades —basada en las condiciones ambientales que influyen directamente sobre su ciclo biológico y desarrollo— permite contemplar diversos 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

El criterio se construye con base en tres elementos climáticos que reúnen condiciones ambientales determinantes: la temperatura media anual, la precipitación por semestre agrícola y la humedad relativa; estas afectan directamente la aparición y el desarrollo de dos organismos fitopatógenos (plagas y enfermedades) que causan daños económicos en el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Los organismos fitopatógenos 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, la generación de información sobre procesos epidemiológicos solo puede analizarse dentro de un contexto de riesgo de aparición, desarrollo y daños.

La principal limitante del criterio evaluado es la consecución de información epidemiológica de las plagas que afectan el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, con seriales históricos recientes. Igualmente, la dinámica de las plagas y enfermedades limita los sistemas de vigilancia oficial, por lo que la información disponible es escasa.

Valor de ponderación del criterio: 3,5 %

Metodología de evaluación

Para el ejercicio de zonificación y determinación de zonas aptas, se utilizan las variables temperatura media, precipitación semestral y humedad relativa, cuyos rangos se establecen de acuerdo con la discusión técnica realizada por parte del grupo del componente físico y con la experiencia de los profesionales del área de sanidad vegetal, climatología y producción de maíz.

Una vez construidos los rangos, se cruzan las variables y se genera, para cada una, un peso determinado de acuerdo con el patógeno, por medio de la metodología de ponderación en porcentaje. Se priorizan *Phyllacora maydis* y *Spodoptera frugiperda* como patógenos que afectan el cultivo comercial de maíz comercial tecnificado de clima cálido.

A las variables relacionadas con la mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*) se les atribuyen valores del 40 % para temperatura, 40 % para precipitación y 20 % para humedad relativa. Para calcular la aptitud del cultivo se asignan puntajes: 1 (aptitud baja), 2 (aptitud media) y 3 (aptitud alta). Para las variables asociadas al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se atribuyen valores del 60 % para temperatura y 40 % para precipitación.

El criterio se elabora con la integración de los mapas de las plagas y enfermedades analizadas. Para tal fin, se otorgan los valores ponderados para cada patógeno, en función de su importancia (mancha de asfalto 40 % y gusano cogollero 60 %), para posteriormente obtener los mapas de riesgo fitosanitario de los semestres agrícola I y II. Finalmente, se diseña una tabla de valores para calificar la aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido por riesgo fitosanitario.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Árbol de decisión para el criterio riesgo fitosanitario asociado a mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*)

Temperatura media (°C/ año)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/semestre)	Aptitud
≥ 28	≤ 80	≤ 700	A1
		≥ 700 - ≤1000	A1
		≥ 1000	A1
	≥ 80 - ≤ 90	≤ 700	A2
		≥ 700 - ≤ 1000	A2
		≥ 1000	A2
	≥ 90	≤ 700	A2
		≥ 700 - ≤ 1000	A2
		≥ 1000	A3
≥ 22 - ≤ 28	≤ 80	≤ 700	A1
		≥ 700 - ≤ 1000	A1
		≥ 1000	A2
	≥ 80 - ≤ 90	≤ 700	A2
		≥ 700 - ≤ 1000	A3
		≥ 1000	A3
	≥ 90	≤ 700	A2
		≥700 - ≤ 1000	A3
		≥ 1000	A3
≤ 22	≤ 80	≤ 700	A1
		≥700 - ≤ 1000	A2
		≥ 1000	A2
	≥ 80 - ≤ 90	≤ 700	A2
		≥ 700 - ≤ 1000	A3
		≥ 1000	A3
	≥ 90	≤ 700	A2
		≥ 700 - ≤ 1000	A3
		≥ 1000	A3

Árbol de decisión para el criterio riesgo fitosanitario asociado a gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Temperatura media (°C/año)	Precipitación (mm/semestre)	Aptitud
≥ 28	≤ 700	A3
	≥ 700 - ≤ 1000	A3
	≥ 1000	A2
≥ 22 - ≤28	≤ 700	A3
	≥ 700 - ≤ 1000	A2
	≥ 1000	A2
≤ 22	≤ 700	A2
	≥ 700 - ≤1000	A1
	≥ 1000	A1

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de plagas y enfermedades, definidas como zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, puesto que la probabilidad de daños es muy baja e involucra, inicialmente, solo labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud moderada (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de plagas y enfermedades, definidas como zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, dado que la probabilidad de aparición de daños está relacionada con condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo del cultivo. En estas áreas se debe considerar realizar labores de manejo y control, inicialmente de carácter cultural y, como segunda opción, control químico o biológico.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de plagas y enfermedades; se definen como zonas que presentan aptitud baja para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, debido a la alta probabilidad de daños, que involucra costosas medidas de manejo cultural y control químico o biológico, con alta frecuencia y mayor regularidad que en zonas categorizadas A2. No realizar control allí conlleva a una significativa disminución en rendimiento y calidad del grano cosechado.

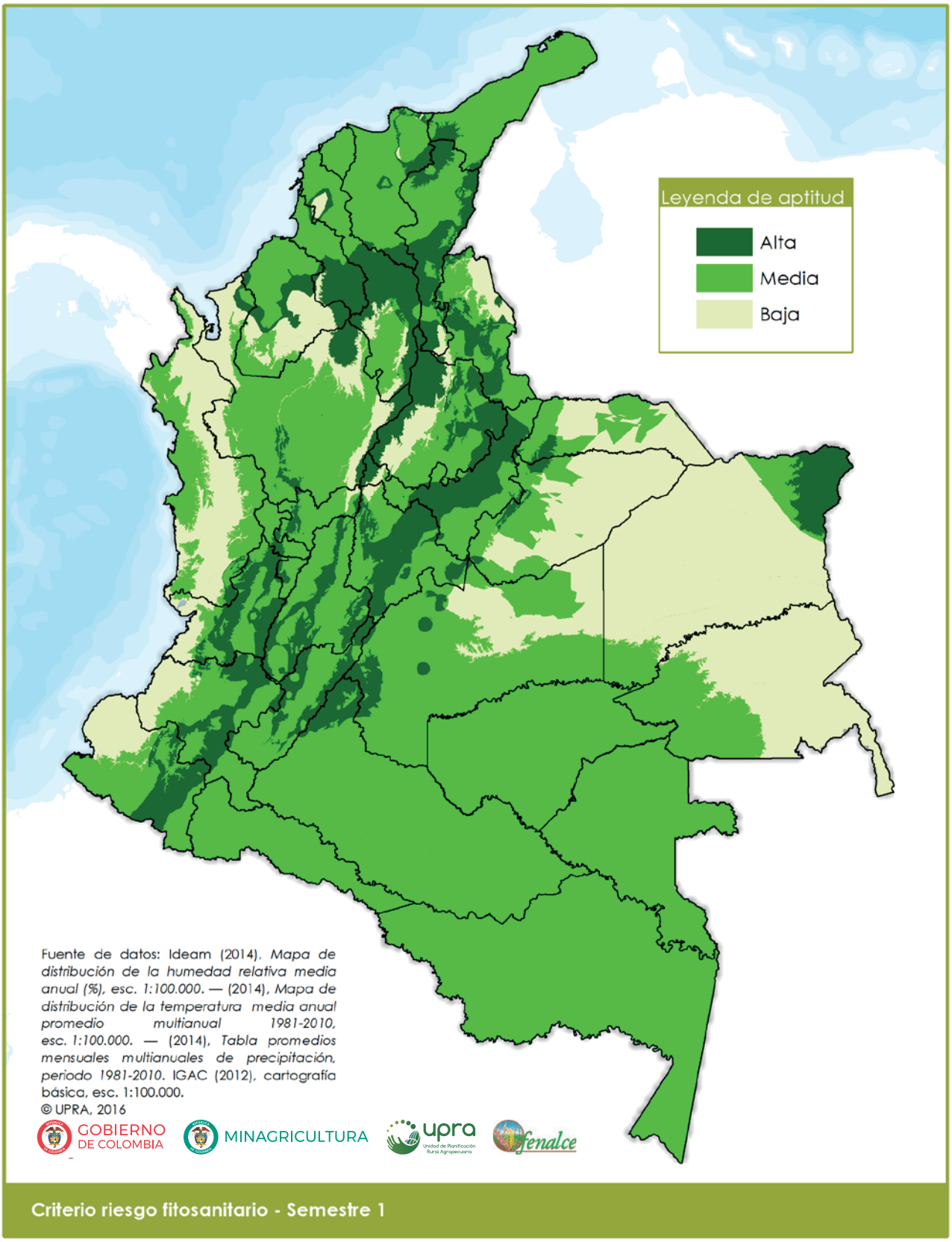
Se concluye que, a mayor riesgo fitosanitario, menor es la aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, y viceversa.

Representación cartográfica del criterio

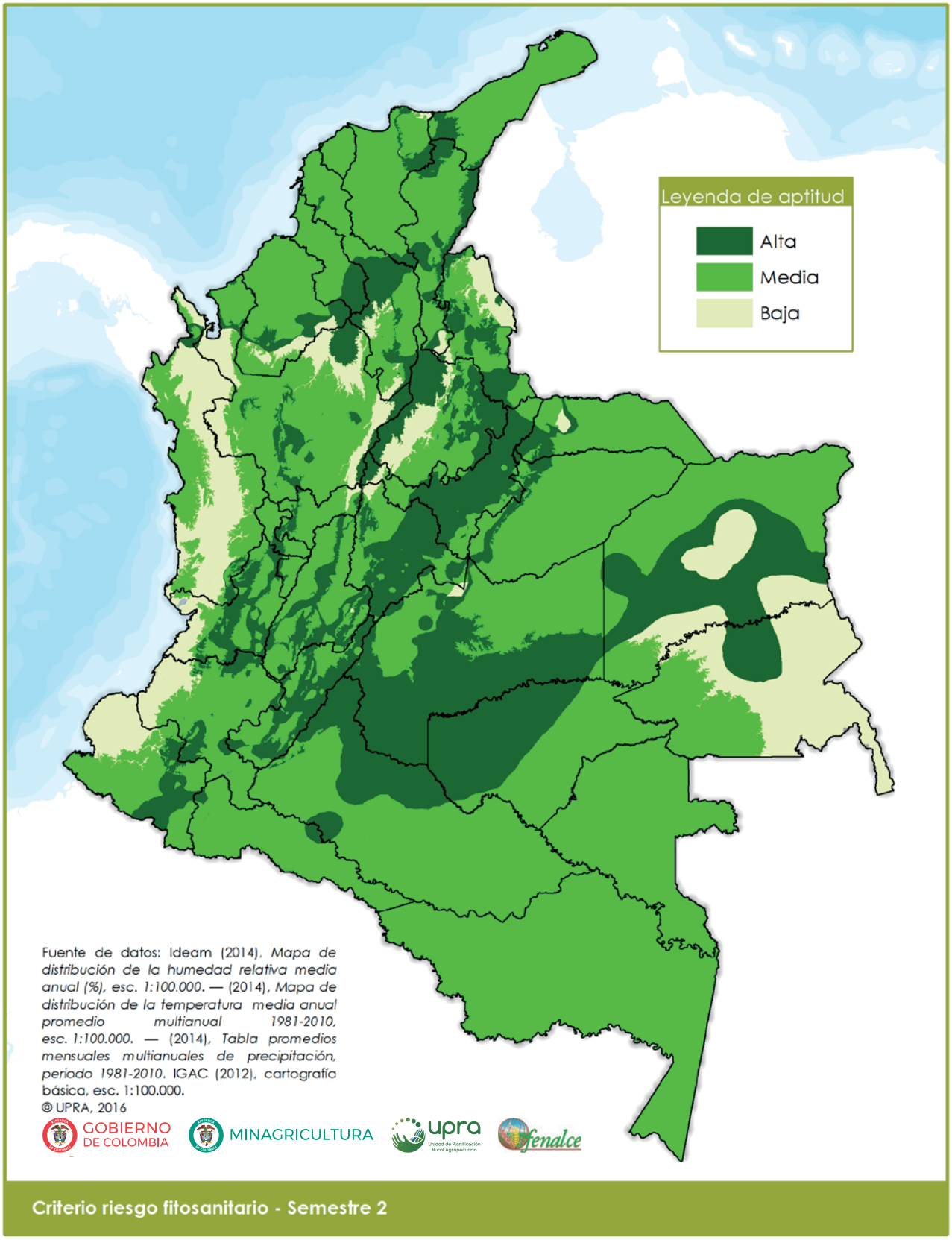
Fuentes de información

- Ideam. (2014b). *Mapa de distribución de la humedad relativa media anual promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014d). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014f). Valores medios multianuales de precipitación total en mm: periodo 1981-2010 [tabla].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Criterio riesgo fitosanitario. Primer semestre agrícola



Criterio riesgo fitosanitario. Segundo semestre agrícola



1.9.1. Variable temperatura

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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 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.

Los limitantes fitosanitarios (plagas y enfermedades) presentan una estrecha relación con la temperatura del ambiente. Generalmente, con el aumento de la temperatura, dentro de un rango, los ciclos de los organismos fitopatógenos se aceleran.

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura del aire ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y el desarrollo de las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos. La velocidad de crecimiento de estos organismos está limitada por un rango de temperatura, que comprende los valores máximos y mínimos, fuera de los cuales su aparición, crecimiento y desarrollo se detiene o se disminuye notablemente; entre estos dos valores se encuentra el óptimo.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial de la temperatura anual del aire permite establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, con base en los rangos de aptitud alta, media y baja para las plagas y enfermedades; en general, a mayor temperatura, es más rápido su ciclo biológico.

La modificación de la temperatura puede llegar a alterar la interacción entre las plagas, sus enemigos naturales y el cultivo. La temperatura se relaciona directamente con la aparición y presencia de organismos fitopatógenos: así, a mayor temperatura, mayor es el crecimiento y desarrollo de los mismos, lo que agiliza su metabolismo y, consecuentemente, acorta los ciclos de vida; esto se refleja en incrementos de población. En el caso de las enfermedades, la temperatura tiene un papel determinante en la creación de ambientes que favorecen la aparición y presencia de hongos fitopatógenos los cuales, en presencia de altos niveles de humedad relativa y precipitación, permiten la prevalencia de la mayoría de enfermedades.

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

El valor de rango de evaluación se establece de acuerdo con la información de isotermas generada por la entidad competente y disponible para el estudio de aptitud. Como valor mínimo se definió la temperatura media anual de 20 °C; igualmente, se consideró que las temperaturas por encima de este límite y hasta 28 °C son el rango para la aparición, crecimiento y desarrollo de las plagas y enfermedades priorizadas para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

No hay rangos de exclusión (N1) para la variable, debido a que los valores de temperatura incrementarán o disminuirán los niveles de prevalencia de los patógenos. Las plagas y enfermedades priorizadas se tratan de manera independiente, por sus diferencias propias en rangos de adaptación. A manera de ejemplo, las altas temperaturas favorecen el desarrollo y los niveles de daño del gusano cogollero del maíz, mientras que los descensos en temperatura propician la mancha de asfalto.

Temperatura asociada a riesgo de mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*)

Temperatura (°C/año)	Aptitud
≥ 28	A1
≥ 22 - ≤ 28	A2
≤ 22	A3

Temperatura asociada a riesgo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Temperatura (°C/año)	Aptitud
≤ 22	A1
≥ 22 - ≤ 26	A2
≥ 26	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada 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 anual no refleja la condición térmica que se ha presentado en los últimos años en Colombia.

La principal limitante para el análisis de la variable es la falta de investigación referida a las diferentes zonas del país. La bibliografía describe temperaturas promedio que favorecen la presencia de los patógenos para sitios puntuales de estudio.

Metodología de procesamiento de la información

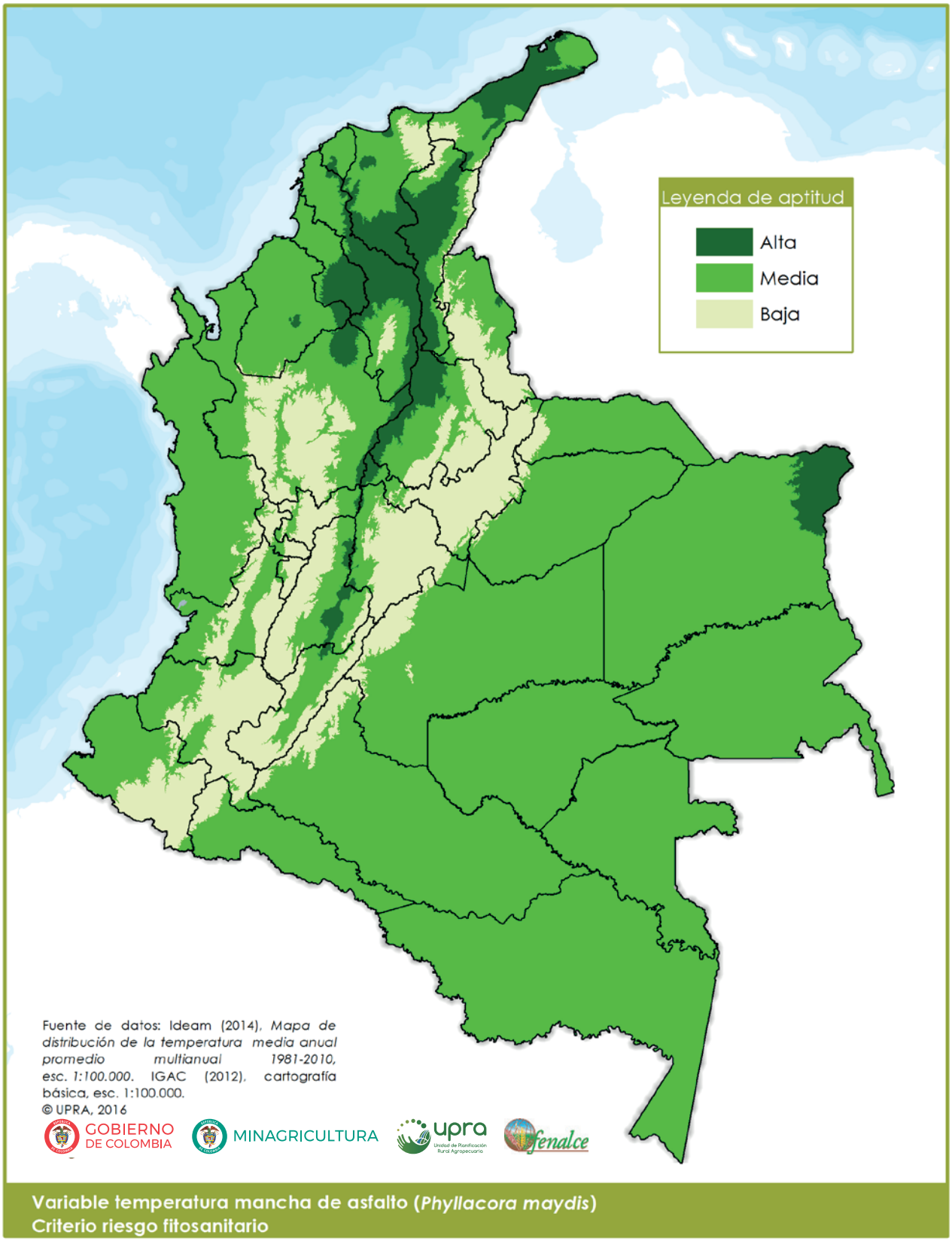
La información utilizada de base para las unidades térmicas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014c), a escala 1:100.000, el cual se basa en la serie histórica de 1981 a 2010. Para el tratamiento de la información, se realiza un ejercicio de delimitación espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Fuentes de información

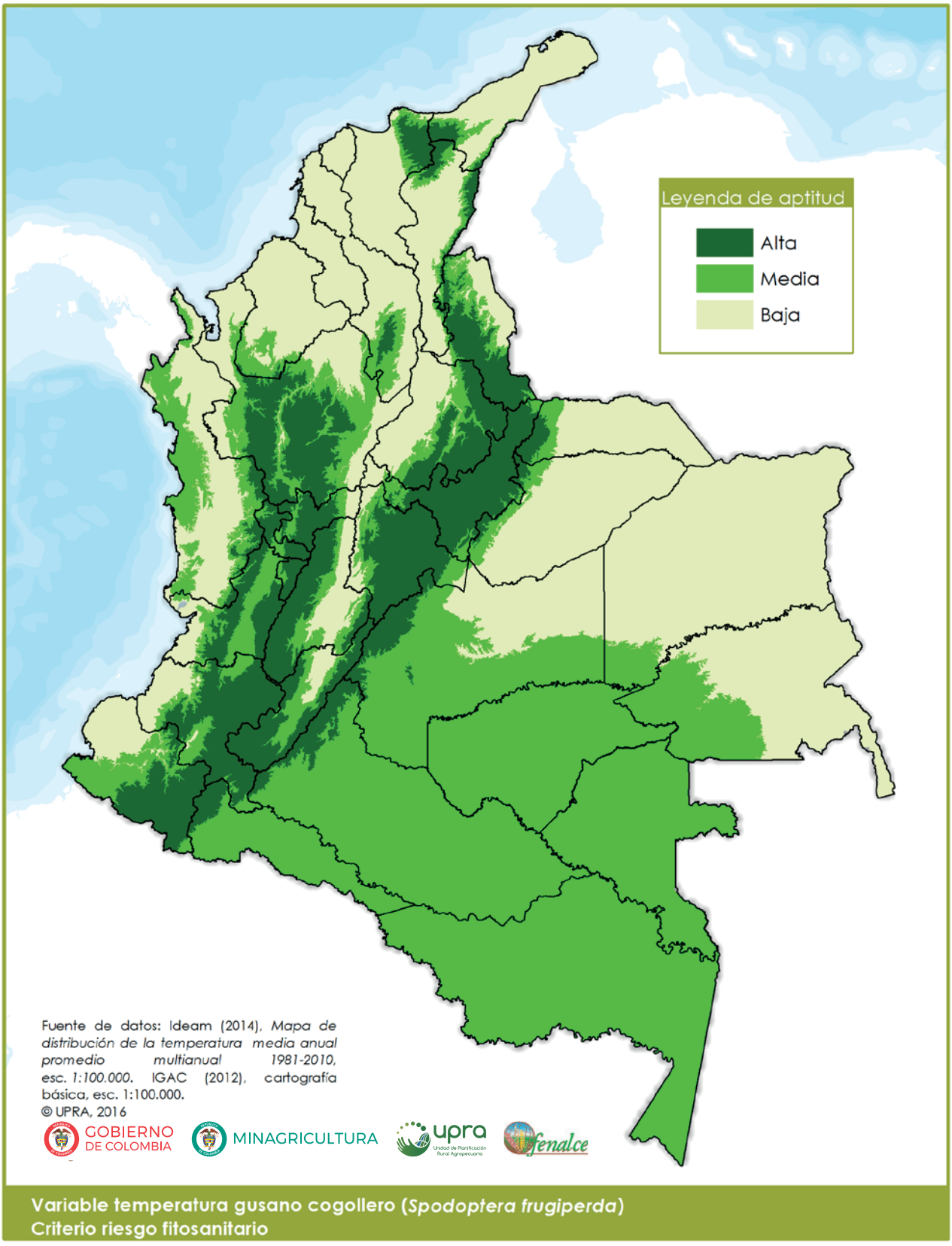
- Ideam. (2014d). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable

Subvariable temperatura asociada a mancha de asfalto



Subvariable temperatura asociada a gusano cogollero



Variable temperatura gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)
Criterio riesgo fitosanitario

1.9.2. Variable precipitación

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: precipitación	Unidad de medida: mm/semestre	
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 y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

La precipitación tiene un papel definitivo, referido principalmente a la presencia y desarrollo de hongos fitopatógenos, los cuales se presentan a humedades relativas altas relacionadas con la alta precipitación, mientras que, para los insectos, funciona como mecanismo de control mecánico.

Importancia de la variable para el cultivo

La lluvia es un elemento climático que puede llegar a generar condiciones favorables o desfavorables para la aparición, el crecimiento y el desarrollo de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz. En general, los insectos están favorecidos por las condiciones secas o de baja precipitación pluviométrica, mientras que las enfermedades causadas por hongos y bacterias se propician por la alta precipitación pluvial. Para la mancha de asfalto, una alta precipitación favorece su aparición aumentando así su diseminación y prevalencia; en el caso del gusano cogollero, una alta precipitación disminuye las poblaciones y, consecuentemente, la severidad del daño en el cultivo.

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

Los rangos de definición del nivel de riesgo fitosanitario por precipitación se definen de acuerdo con las condiciones de aparición, el crecimiento y el desarrollo de las plagas y enfermedades priorizadas.

No hay rangos de exclusión (N1) para el criterio, debido a que los valores de precipitación incrementarán o disminuirán los niveles de severidad o incidencia de las plagas y enfermedades, según sea el caso.

P. maydis y *S. frugiperda* se tratan de manera independiente para los rangos de precipitación semestral, dadas sus diferencias en rangos de desarrollo. A manera de ejemplo, una baja precipitación favorece el ataque de plagas, como es el caso del gusano cogollero, pero no el desarrollo de la mancha de asfalto.

Precipitación asociada a riesgo de mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*)

Precipitación (mm/semestre)	Aptitud
≤ 700	A1
≥ 700 - ≤ 1000	A2
≥ 1000	A3

Precipitación asociada a riesgo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Precipitación (mm/semestre)	Aptitud
≥ 1000	A1
≥ 700 - ≤ 1000	A2
≤ 700	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada 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 anual no refleja la condición pluviométrica de los últimos años en el país.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada de base para las unidades pluviométricas se toma del mapa de isoyetas semestrales elaborado por la UPRA, a partir de la base de datos de lluvia del Ideam (2014e), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 a 2010.

Tratamiento de la información: por tratarse de un cultivo semestral, se realiza un ejercicio de delimitación espacial de la lluvia por semestre agrícola (de marzo hasta agosto, primer semestre agrícola, y de septiembre hasta febrero, segundo semestre agrícola), de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

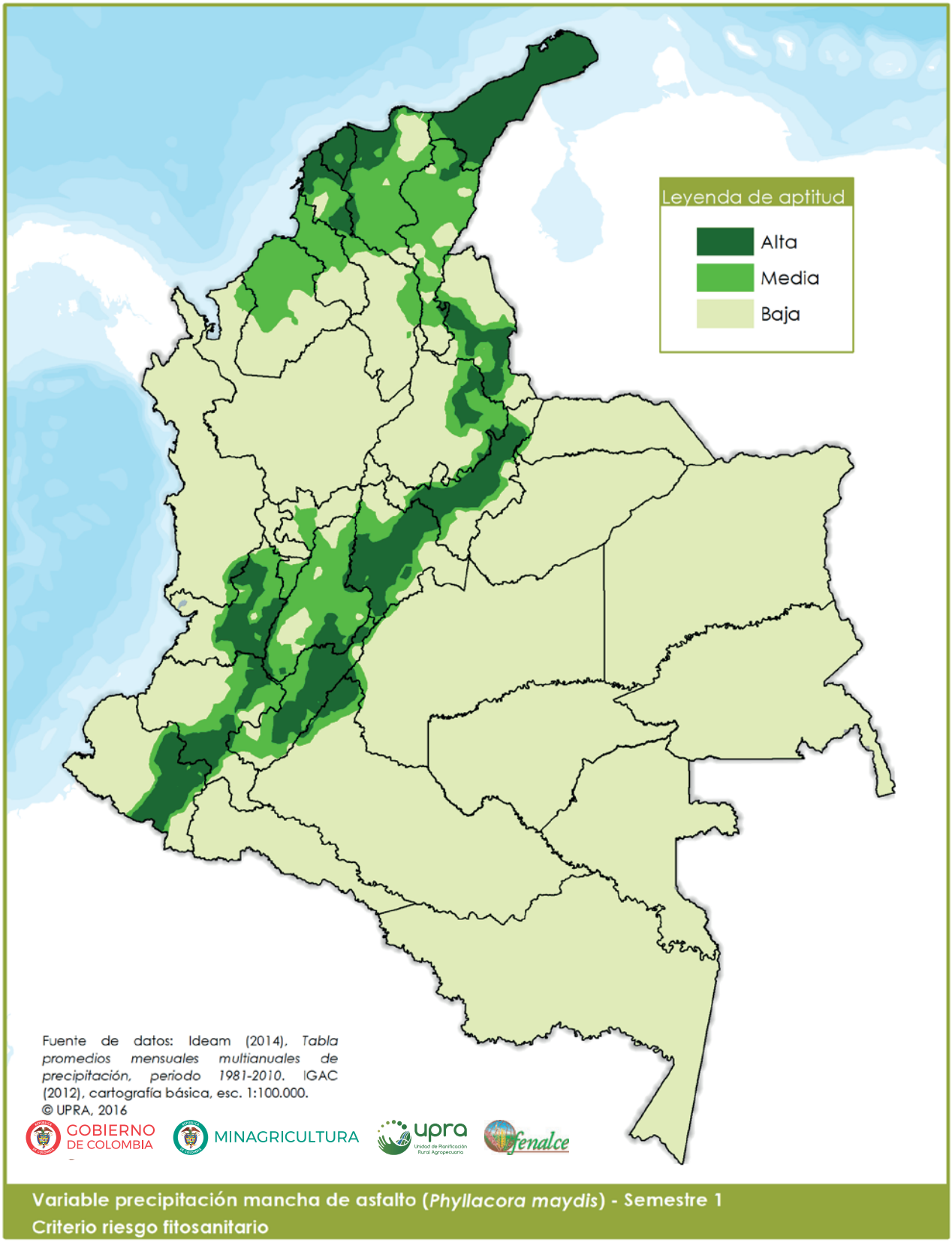
Fuentes de información

Ideam. (2014f). Valores medios multianuales de precipitación total en mm: periodo 1981-2010 [tabla].

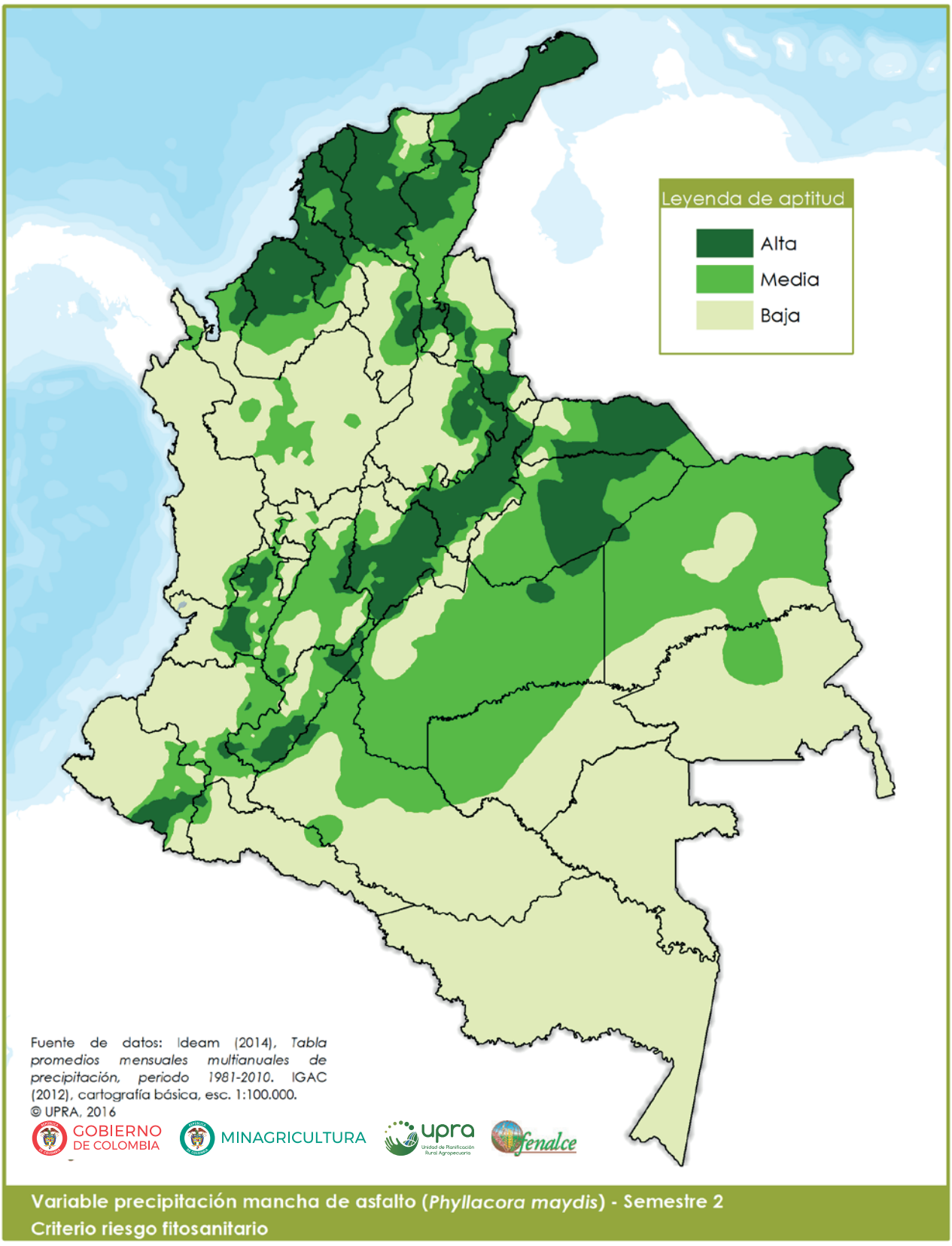
IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable

Subvariable precipitación asociada a mancha de asfalto. Primer semestre agrícola.

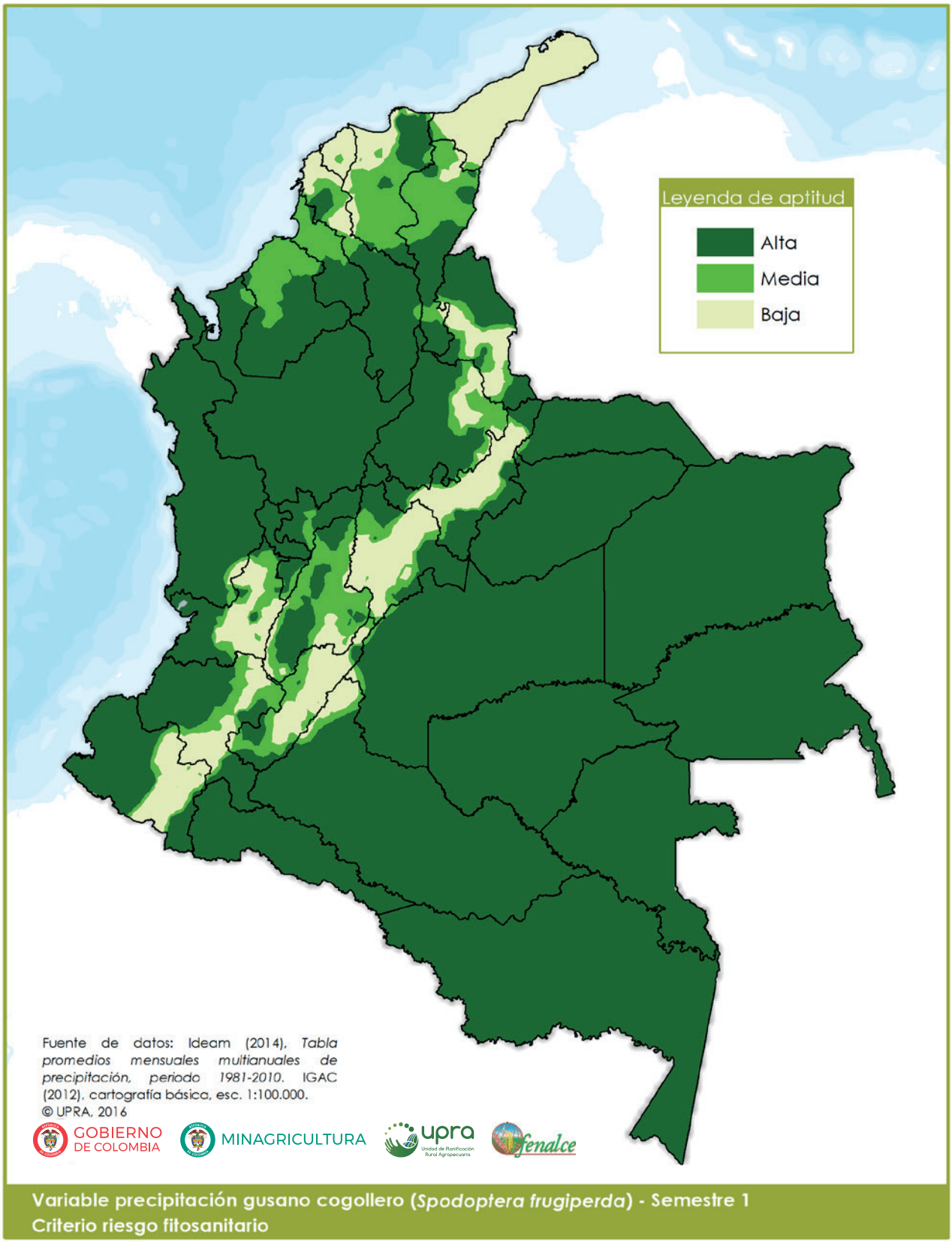


Subvariable precipitación asociada a mancha de asfalto. Segundo semestre agrícola.



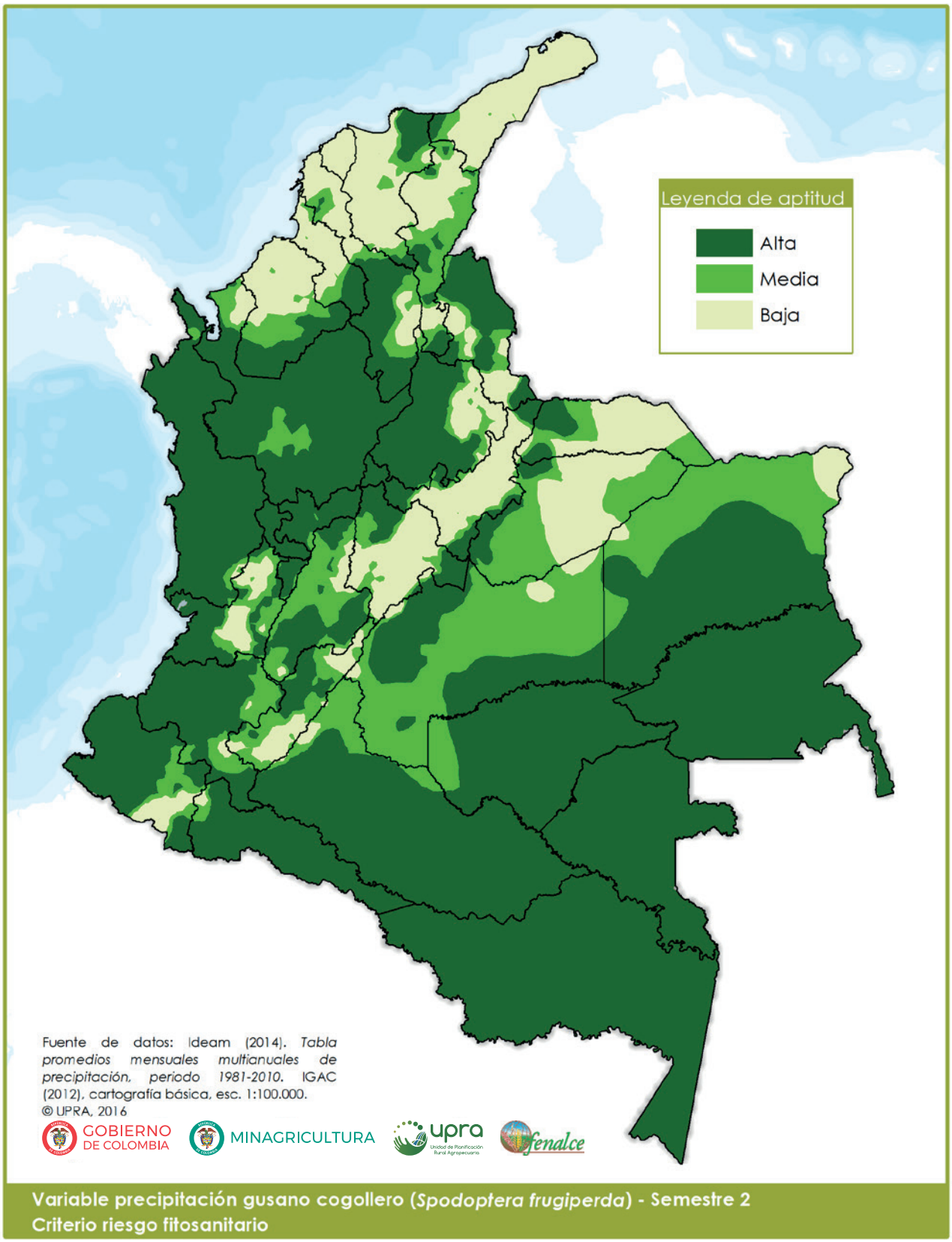
Variable precipitación mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*) - Semestre 2
Criterio riesgo fitosanitario

Subvariable precipitación asociada a gusano cogollero. Primer semestre agrícola.



Variable precipitación gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) - Semestre 1
Criterio riesgo fitosanitario

Subvariable precipitación asociada a gusano cogollero. Segundo semestre agrícola.



Variable precipitación gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) - Semestre 2
Criterio riesgo fitosanitario

1.9.3. Variable humedad relativa

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: humedad relativa	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Relación porcentual entre la masa de vapor contenida en un volumen de aire y la que tendría el mismo volumen si estuviese saturado, a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje.

Para el criterio riesgo fitosanitario, es el porcentaje de humedad relativa que condiciona la aparición, la infección y el desarrollo de la mancha de asfalto.

Importancia de la variable para el cultivo

La humedad relativa del aire es una condición que puede afectar la prevalencia de las enfermedades, en particular, de organismos fitopatógenos como *P. maydis*, que requiere alta humedad en el ambiente para su desarrollo.

Para la zonificación, la distribución espacial de esta variable permite establecer la distribución de las zonas con riesgo alto, medio o bajo para el desarrollo de enfermedades que afectan el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

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

Los rangos de definición del nivel de riesgo fitosanitario se definen de acuerdo con las condiciones óptimas de aparición, crecimiento y desarrollo de enfermedades.

No hay rangos de exclusión (N1) debido a que *P. maydis* solo incrementará o disminuirá sus niveles de prevalencia en los rangos establecidos de humedad relativa.

Humedad relativa asociada a riesgo de mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*)

Humedad relativa (%)	Aptitud
≤ 80	A1
≥ 80 - ≤ 90	A2
≥ 90	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

Escasa cobertura de estaciones meteorológicas que registran información de humedad relativa, lo que genera inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada de la humedad relativa en algunas zonas del país.

La principal limitante es la falta de investigación en diferentes zonas de Colombia y su efecto sobre los patógenos del cultivo, específicamente en lo referente a incidencia y severidad. La bibliografía describe humedades relativas promedio que favorecen la presencia, el desarrollo y el incremento de la enfermedad, para sitios puntuales de estudio.

Metodología de procesamiento de la información

La información utilizada de base para las unidades de humedad relativa se toma del mapa de isolíneas elaborado por la UPRA, a partir de la base de datos del Ideam a escala 1:100.000.

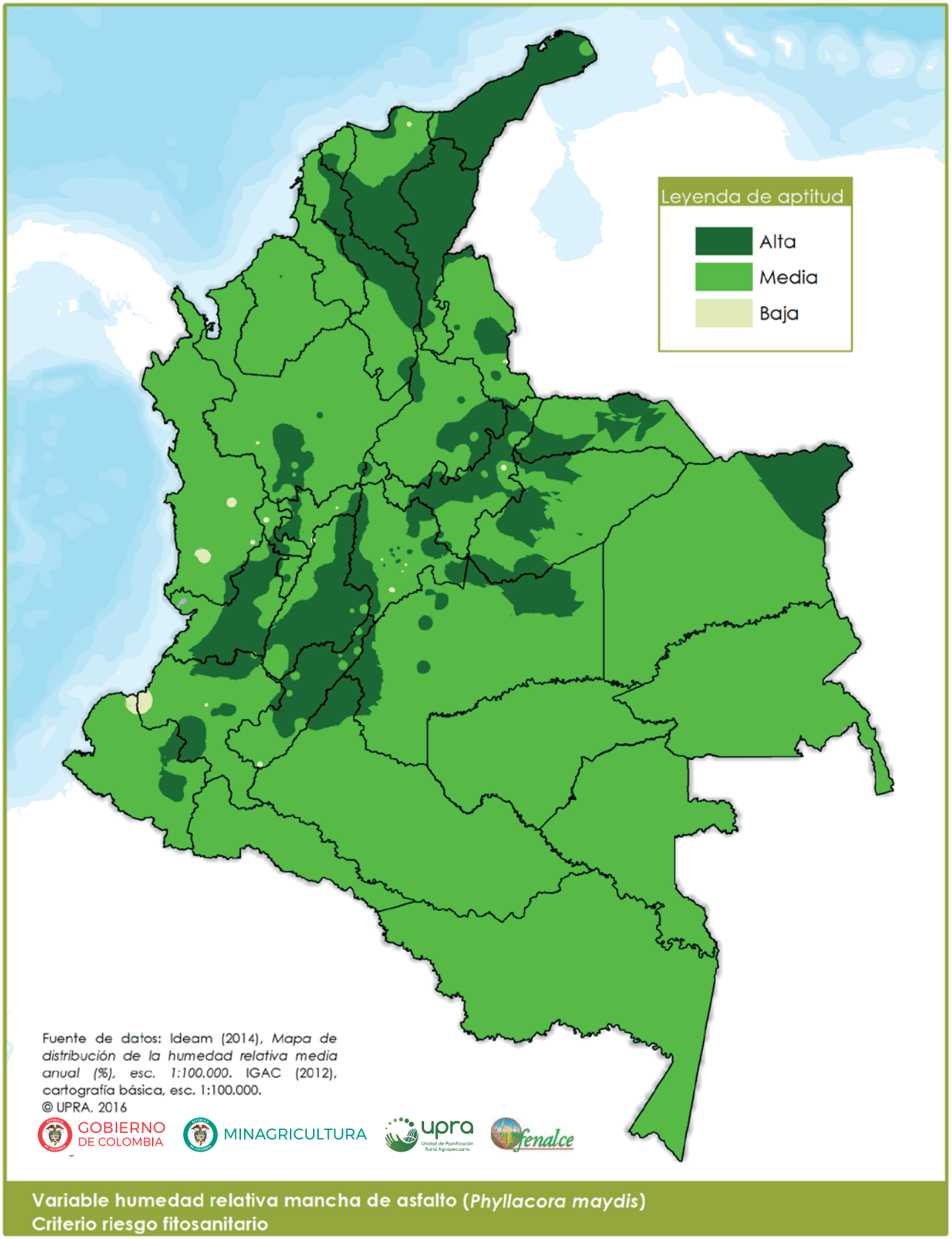
Tratamiento de la información: se realiza un ejercicio de delimitación espacial de los niveles de humedad, con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis	Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud por humedad relativa.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Variable humedad relativa mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*)
Criterio riesgo fitosanitario

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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio: cambio de cobertura		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	√
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Variables asociadas al criterio

- Cobertura de la tierra, cuya unidad de medida es la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Definición

Grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para el establecimiento de cultivo de maíz, determinado, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo tres principios: grado de antropización y transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características; e 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 aquellas transformadas donde es favorable establecer el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, bajo una visión integral del territorio.

Así mismo, 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 establece 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 construye esta variable; en primer lugar, debe hacerse referencia a la «Leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia», que 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: 2,9 %
Metodología de evaluación

El criterio se construye 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, 2010c).

Para la construcción de este criterio, se emplea 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 el que se localizan.

Mediante este ejercicio es 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 implica analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen o no favorable el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, y dedicadas a usos agrícolas o pecuarios donde predominan las áreas de pastos.	A1
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos y los cultivos permanentes para la producción de alimentos.	A2
Corresponde a coberturas de cultivos permanentes dedicados para la producción de materias primas industriales y fibras; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales, y coberturas de cultivos que se desarrollan en condiciones marginales para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.	A3
Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido. 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.	N1

En lo referente a las coberturas naturales y seminaturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se establece que los herbazales densos de tierra firme, la vegetación secundaria baja y las zonas quemadas, en algunos casos puntuales, no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas marginalmente aptas (A3) para las actividades agrícolas comerciales.

La categoría de aptitud no apta (N1) identifica principalmente aquellas áreas que, por sus características naturales o porque tienen algún valor de identidad sociocultural reconocido que debe ser protegido, deben mantener su cobertura actual y en ellas no se pueden establecer cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido.

Finalmente, en la elaboración del criterio, para corregir el efecto de nubes, se realiza un cruce entre la capa de cobertura Corine Land Cover de 2010 y la capa de 2012. Al cruzar las capas, lo que se mantiene como nube sigue igual (CLC, 2012); luego, su aptitud se califica de acuerdo con la matriz de cambio de cobertura. Las áreas de nube que permanecen como nubes en la cobertura CLC 2012 se califican como «sin información».

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Aptitud alta (A1)

Biomas	Otros cultivos transitorios	Maíz	Caña de azúcar	Mosaico de cultivos	Zonas quemadas
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 bajo de Santa Marta y Macuira		■		■	■
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 Valle del Patía	■			■	■
Orobiomas bajos de los Andes	■	■	■	■	■
Orobiomas medios de los Andes	■		■	■	■
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	■	■		■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	■	■		■	■
Zonobioma alterno hígrico 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 moderada (A2)

Biomas	Maíz	Papa	Cultivos permanentes herbáceos	Caña panelera	Plátano y banano	Palma de aceite	Pastos limpios	Pastos enmalezados	Mosaico de pastos y cultivos
Halobioma del Caribe			■		■	■	■	■	■
Halobiomas del Pacífico						■	■	■	■
Helobioma de La Guajira							■		■
Helobiomas andinos		■					■	■	■
Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia						■	■	■	■
Helobiomas del Magdalena y Caribe					■	■	■	■	■
Helobiomas del Pacífico y Atrato					■	■	■	■	■
Helobiomas del río Zulia						■	■	■	■
Helobiomas del Valle del Cauca			■	■			■	■	■
Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia							■	■	■
Orobioma alto de Santa Marta							■	■	
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira			■		■	■	■	■	■
Orobioma de La Macarena							■	■	■
Orobioma de San Lucas						■	■	■	■
Orobioma del Baudó y Darién							■	■	■
Orobioma medio de Santa Marta							■	■	
Orobiomas altos de los Andes		■					■	■	■
Orobiomas azonales de Cúcuta			■				■	■	■
Orobiomas azonales del río Sogamoso							■	■	■
Orobiomas azonales del Valle del Patía							■	■	■
Orobiomas azonales del río Dagua							■	■	■
Orobiomas bajos de los Andes	■		■	■	■	■	■	■	■
Orobiomas medios de los Andes	■	■		■			■	■	■
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia			■			■	■	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	■						■	■	■
Zonobioma alterno hígrico 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			■		■	■	■	■	■

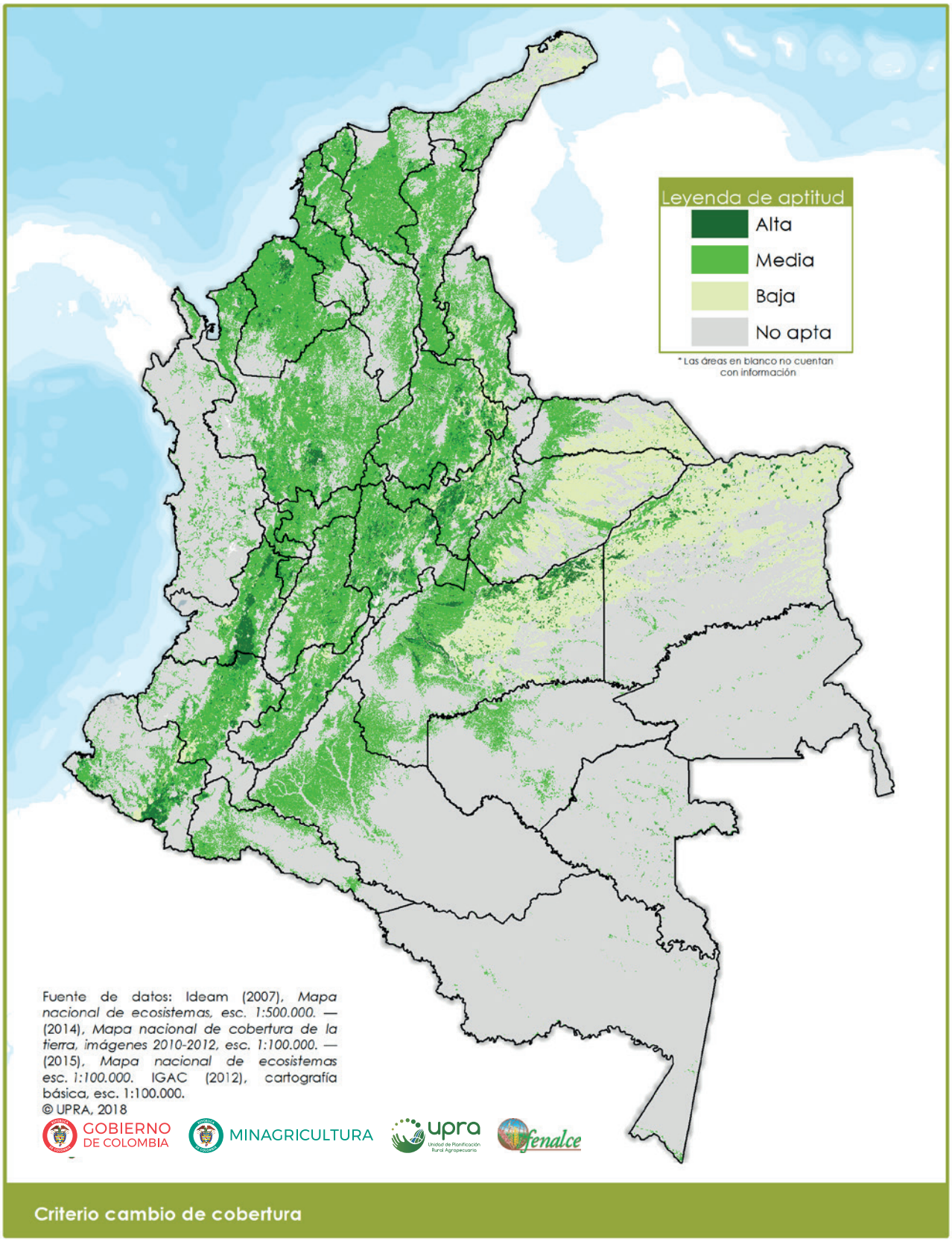
Aptitud baja (A3)

Biomas	Café	Cultivos permanentes arbóreos	Cultivos confinados	Pastos arbolados	Mosaicos con espacios naturales	Plantación forestal	Herbazal denso de tierra firme
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 hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	■	■		■	■		■
Zonobioma alterno hígrico 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 (Eds.), *Teledetección: agua y desarrollo sostenible* (pp. 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. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 (versión 1)*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Lambin, E. y Geist, H. (Eds.). (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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN).
- Índice de naturalidad (Inat).
- Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).

Definición

Estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación; se refiere a la «[…] habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región».

La IE constituye una medida del funcionamiento permanente, saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y la protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Corcoran, 2005; Ciontescu, 2012).

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. Cuando el conocimiento sea limitado, debe primar el principio de precaución; adoptar patrones de producción que salvaguarden la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los derechos humanos y el bienestar de las comunidades; y promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la 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 territorio[1] 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 manera, 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, cuanta 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. En contraste, en las áreas con menor naturalidad, la aptitud para el establecimiento del cultivo será mayor, puesto 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 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 importantes para la conservación de las aves (AICA) (IAVH, 2015).

De este modo, cuanta 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, reptiles, anfibios, peces y plantas). Por el contrario, en las áreas en 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 establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido, 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 comerciales de maíz tecnificado de clima cálido varía en relación inversa con la IE del territorio, de manera que la aptitud es baja (A3) donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC), pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud es alta (A1) en los lugares donde la IE es baja, a causa de la transformación del paisaje o la ausencia de dichos AVC.

Limitantes de la evaluación del criterio

La temporalidad de Corine Land Cover (2009) limita una interpretación de la situación ecosistémica actual del país; sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible.

Los datos sobre biodiversidad siempre cuentan con limitaciones relacionadas con el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para todo el país.

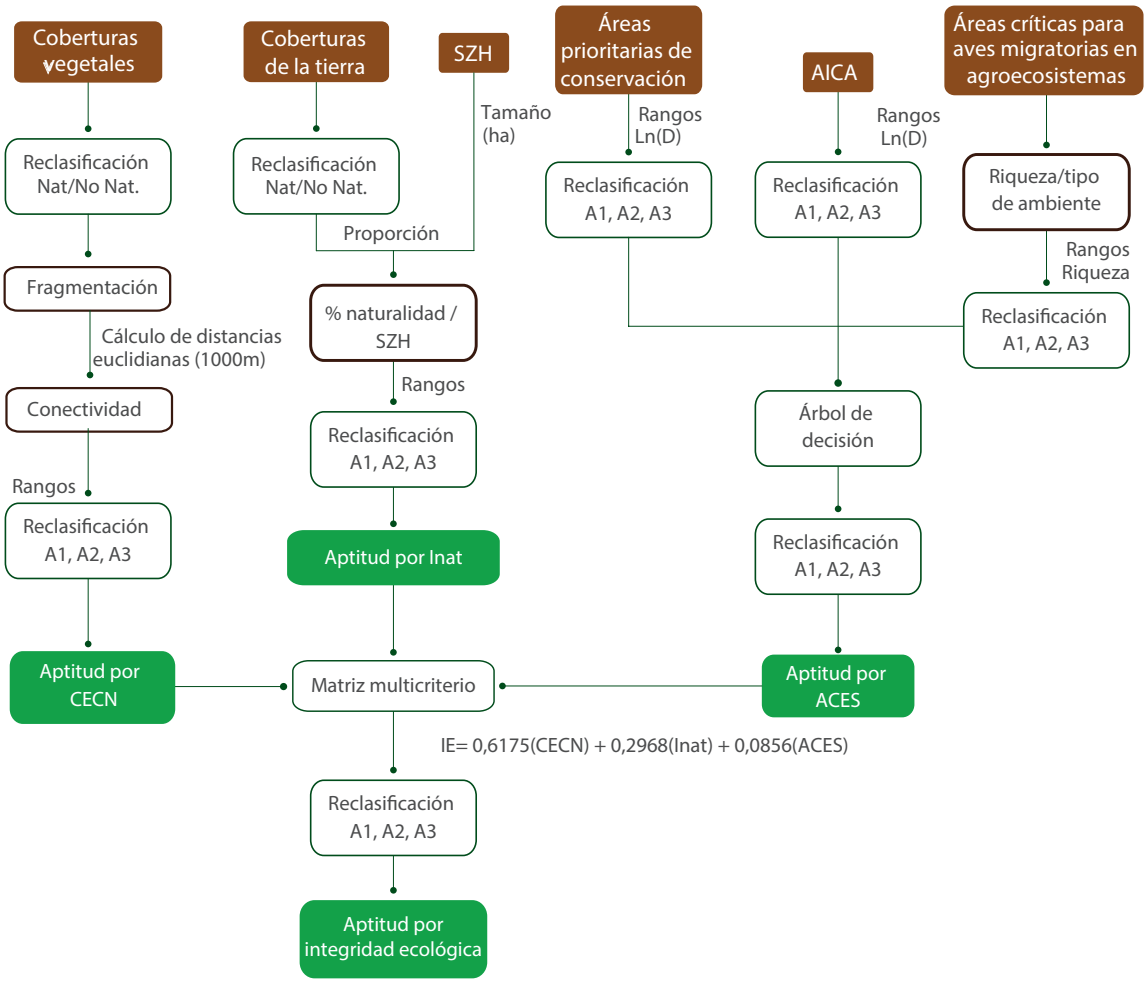
[1] Se emplea la subzona hidrográfica (SZH), por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

Valor de ponderación del criterio: 3,5 %

Metodología de evaluación

Para la evaluación del criterio, se realiza el procesamiento de cada una de sus tres variables como se describe a continuación.

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 parte del mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (Ideam *et al.*, 2012). A partir de este, se lleva a cabo 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, en ArcGIS, de distancia euclidiana, se establece 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 normalizan mediante la técnica de lógica difusa, empleando la herramienta Fuzzy del *software* ArcGIS versión 10.3. La conectividad estructural así obtenida se distribuye en un rango entre 0 y 1, donde 0 representa la menor conectividad y 1, la mayor conectividad, la cual posteriormente se reclasifica en términos de la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Los valores resultantes se distribuyen en tres rangos mediante el método de clasificación Natural Breaks y se obtiene 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 del 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 construye con base en las coberturas naturales, según la clasificación de Corine Land Cover (bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, (Ideam, 2010c). Se realiza una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del «Estudio Nacional del Agua (ENA)» (Ideam, 2010a, 2010b).

De esta forma,

$$Inat = \frac{(\text{superficie de coberturas naturales})}{(\text{tamaño de subzona hidrográfica})}$$

A partir de este cálculo, se establecen los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros adaptados de Márquez (2003), y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo de comercial de maíz tecnificado de clima cálido:

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado de Márquez, 2003)

Descripción	Rango (%)	Aptitud
% Inat muy baja (vital) % Inat baja (estratégica) % Inat moderada	0-5 5-30 30-50	A1
% Inat alta	50-75	A2
% Inat muy alta (protección)	75-100	A3

c. Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: áreas prioritarias de conservación, áreas importantes para la conservación de las aves (AICA) y áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas.

- Áreas prioritarias para la conservación: a partir del portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000 (IAVH y ANH, 2013), se toma la información de especies sensibles en las APC, las cuales se relacionan con el tamaño de cada polígono para obtener la densidad de especies/km^2. Para incorporar esta información, se toman 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 asume 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 normalizan mediante la función logaritmo natural, para obtener una mejor distribución de los datos.

Los valores resultantes se distribuyen en tres rangos, mediante el método de clasificación Natural Breaks del *software* ArcGIS 10.3, con lo cual se obtiene 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 importantes para la conservación de las aves (AICA): para el tratamiento de este insumo se parte de la información espacial sobre las AICA, suministrada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y su base de datos asociada.

De la base de datos de especies, se excluyen las AICA sin información georreferenciada, se organiza la información por AICA y se eliminan las especies duplicadas; para cada AICA, se obtiene el número de especies por cada categoría de amenaza en el territorio nacional, al igual que los endemismos, la distribución restringida y la congregación de aves. Posteriormente, se calcula la densidad, mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerables) que se reporta en cada AICA, y se divide por el área del AICA en km^2.

Con la información disponible, se establecen 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 clasifican 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 asigna la siguiente calificación:

Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas importantes para la conservación de las aves (AICA)

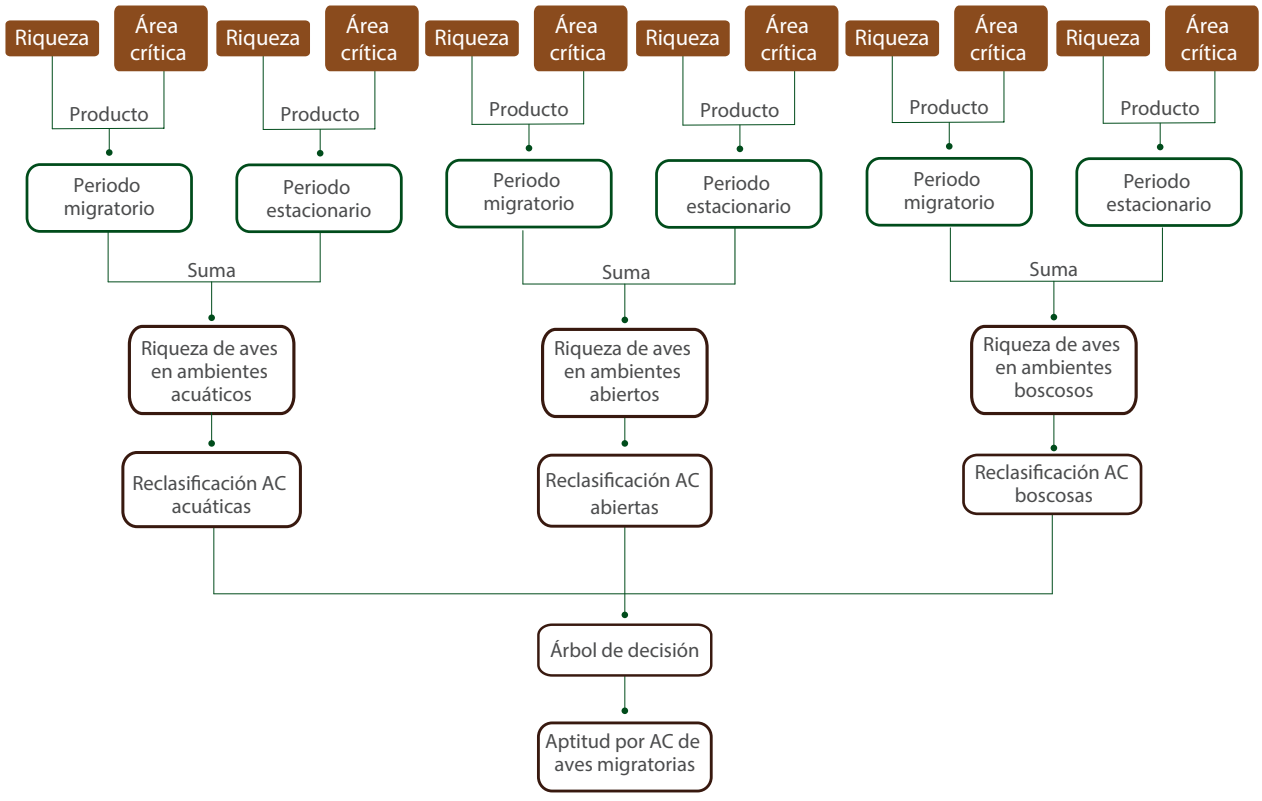
Descripción	Rango ln (D)	Aptitud
Áreas sin AICA	< -8,085	A1
AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles	-8,085 a -4,189	A2
Densidad moderada, alta o muy alta de especies sensibles en las AICA	-4,189 a 1,67	A3

- 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 emplean 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 en 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.

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000



Fuente: SELVA (2012).

Se obtiene el producto entre las capas de las áreas críticas y la riqueza potencial, tanto en periodo migratorio como estacionario, para cada grupo de aves asociadas a los ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, respectivamente. De esta forma, el resultante es 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 calcula la importancia total para cada uno de los ambientes (bosque, abierto, acuático). El resultado 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 dividen en dos categorías, por medio del método de clasificación Natural Breaks del *software* ArcGIS 10.3.

Seguidamente, se asigna 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, por medio de un árbol de decisión entre las categorías de importancia asignadas a cada uno de los ambientes, se establece la aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Esta aptitud considera que esta actividad agrícola ofrece un ambiente con características más favorables para las especies de aves migratorias asociadas a ambientes boscosos, de acuerdo con la siguiente tabla.

Reclasificación de aptitud para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias

Importancia de las áreas críticas			Aptitud maíz
Bosque	Abiertos	Acuáticos	
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A2
Alta	Alta	No aplica	A2
Alta	Moderada	Alta	A3
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A2
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A1
Moderada	Alta	Alta	A3
Moderada	Alta	Moderada	A3
Moderada	Alta	No aplica	A2
Moderada	Moderada	Alta	A3
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A2
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A2
No aplica	Alta	Alta	A3
No aplica	Alta	Moderada	A3
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A2
No aplica	No aplica	Alta	A3
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A1

Para integrar los insumos de la variable áreas de concentración de especies sensibles (AP, AICA, AC), se realiza 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 importantes para la conservación de las aves (AICA)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	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 realiza 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 determinan mediante el establecimiento de una matriz multivariable, evaluada con 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 establecer los rangos de clase de aptitud, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se divide empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGIS:

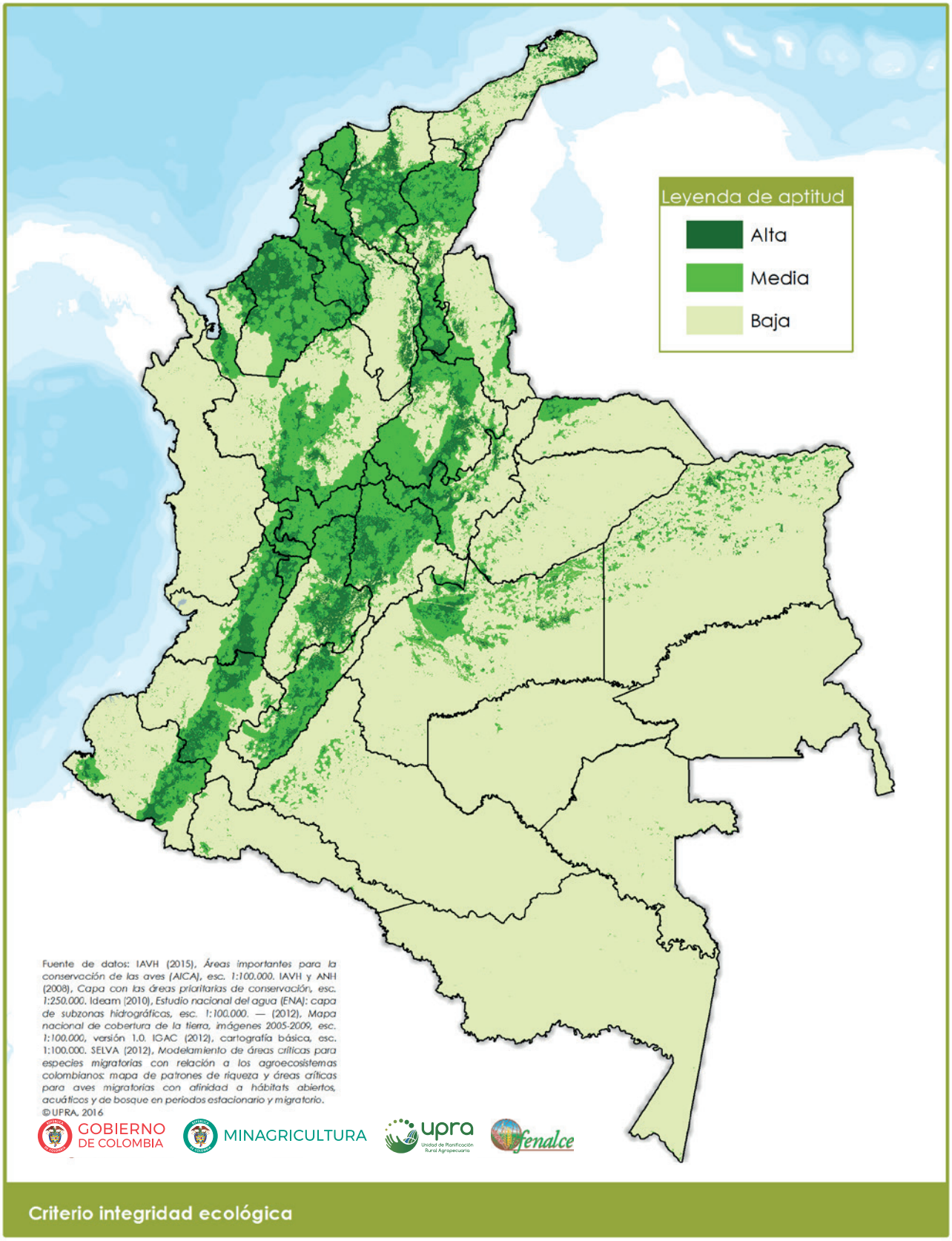
Aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido por el criterio integridad ecológica

Descripción	Aptitud
Lugares en donde la integridad ecológica es baja. La actividad productiva irrumpe en baja medida sobre la conectividad natural, 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.
- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson, y Í. Yépez (Eds.), *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation* (C. Devenish, Í. Y. Zabala, y A. Pérez-Leroux, Trads., pp. 135-148). Quito, Ecuador: BirdLife International. Recuperado de <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia.pdf>
- García-Márquez, J., Moreno, M y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- —. (2012). Figuras 11 a la 17: patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio [mapas]. *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. IAVH: Bogotá.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH.
- Ideam. (2010a). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. «Estudio nacional del agua (ENA)». Bogotá: Ideam.
- —. (2010b). *Estudio nacional del agua (ENA) 2010*. Bogotá: Ideam.
- —. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- 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* (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV. Recuperado de <http://earthcharter.org/invent/images/uploads/Mackey.pdf>
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia*. Recuperado de Sociedad Geográfica Colombiana: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>.

Representación cartográfica del criterio



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

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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		

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 (que son la base ambiental 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 cultural 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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 establece un rango de variación empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGIS y se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado).

Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de «Coberturas de la tierra 2009», y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010c), la información tiene cierta diferencia con la situación actual, en función de los cambios que se hayan producido hasta la fecha.

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 efectuar dicho análisis, se parte del mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (Ideam *et al.*, 2012).

Se toman todos los tipos de coberturas vegetales naturales como objeto el foco de conectividad, y se realiza 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 distribuye en un rango entre 0 y 1, donde 0 representa la menor conectividad y 1, la mayor conectividad, la cual posteriormente se reclasifica en términos de la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

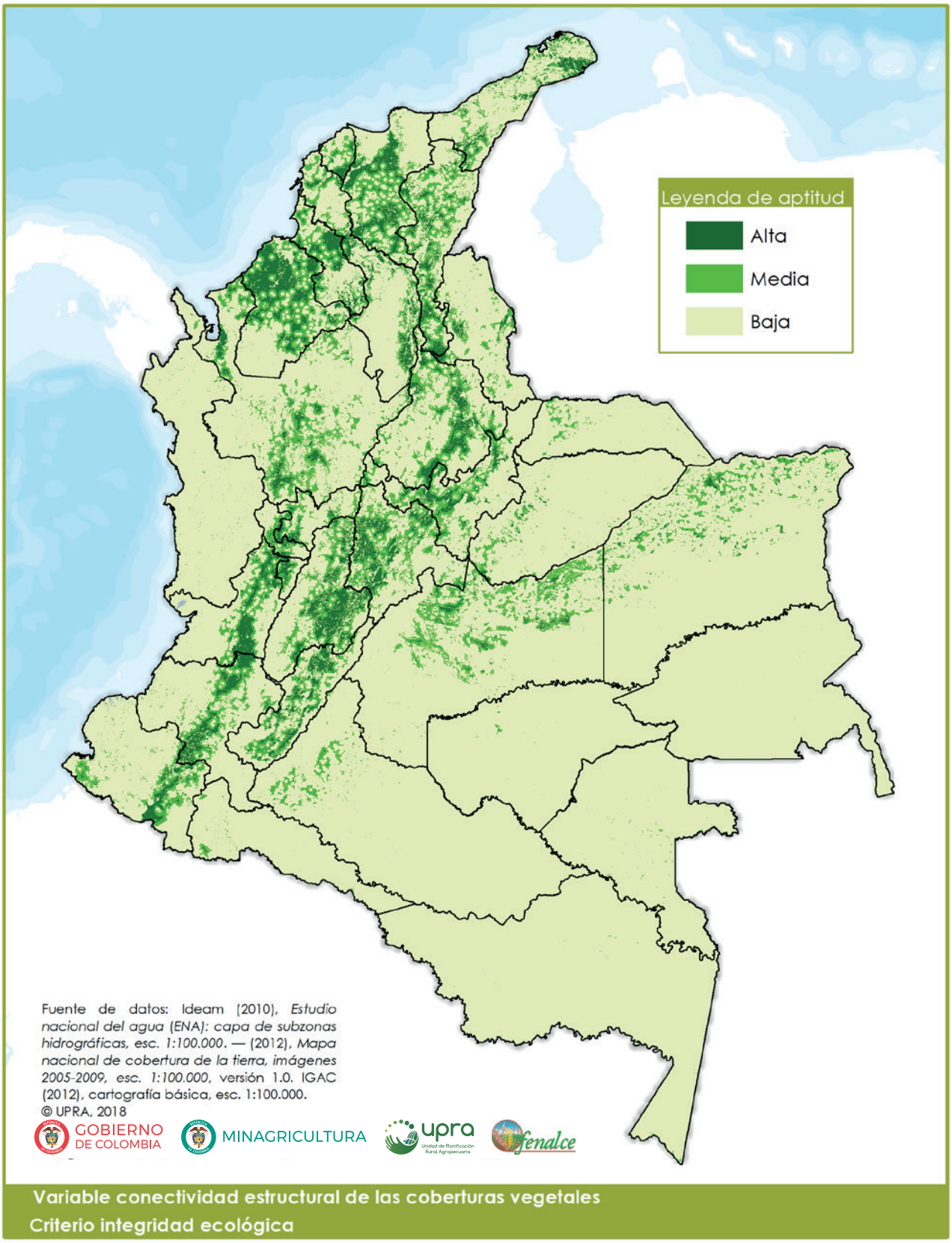
Calificación de la CECN

Descripción	Rango	Aptitud
Conectividad menor	0,079-0,385	A1
Conectividad media	0,386-0,692	A2
Conectividad mayor	0,693-1,000	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



2.2.2. Variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (Inat)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Variable: índice de naturalidad por subzona geográfica (Inat)	Unidad de medida: proporción de área de la subzona hidrográfica (%).	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis[2] están determinadas por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio. 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., en proporción al tamaño de la SZH. Así, cuanta 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 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.

Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de «Coberturas de la tierra 2009», y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010c), la información tiene cierta diferencia con la situación actual, en función de los cambios que se hayan producido hasta la fecha.

[2] Se emplea la subzona hidrográfica (SZH), por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

Metodología de procesamiento de la información

Para este estudio, se relaciona el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos), según la clasificación de CLC, a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2012). Se realiza una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del «Estudio Nacional del Agua (ENA)» (Ideam, 2010a, 2010b).

$$Inat = \frac{(\text{superficie de coberturas naturales})}{(\text{tamaño de subzona hidrográfica})}$$

Se establecen los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003) y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido:

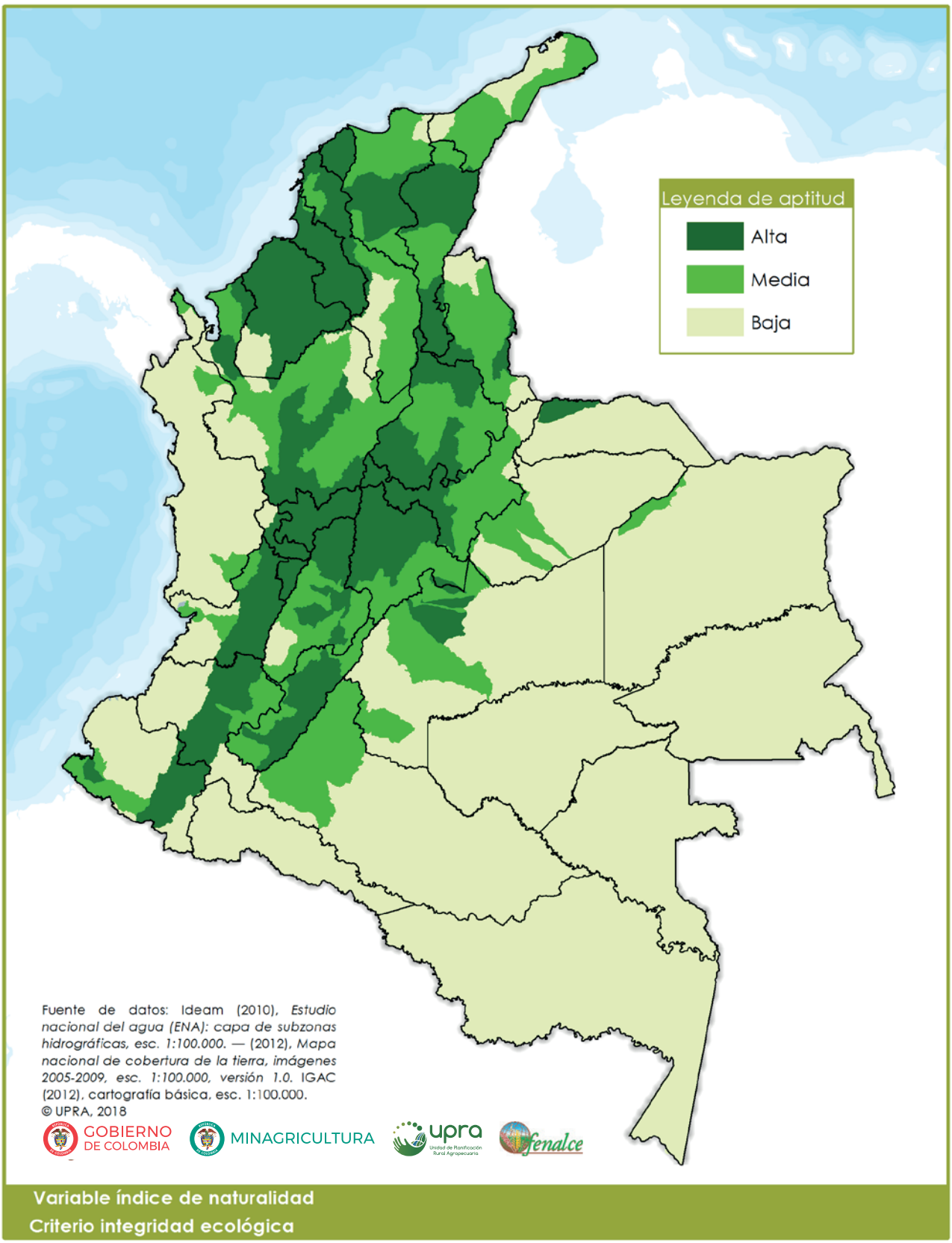
Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado de Márquez, 2003)

Descripción	Rango (%)	Aptitud
% Inat muy baja (vital)	0-5	
% Inat baja (estratégica)	5-30	A1
% Inat moderada	30-50	
% Inat alta	50-75	A2
% Inat muy alta (protección)	75-100	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2010a). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000.* «Estudio nacional del agua (ENA)». Bogotá: Ideam.
- —. (2010b). *Estudio nacional del agua (ENA) 2010.* Bogotá: Ideam.
- —. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- 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* (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV. Recuperado de <http://earthcharter.org/invent/images/uploads/Mackey.pdf>
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia.* Recuperado de Sociedad Geográfica Colombiana: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>.

Representación cartográfica de la variable



Variable índice de naturalidad
Criterio integridad ecológica

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

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Variable: áreas de concentración de especies sensibles (ACES).	Unidad de medida: adimensional. ln (spp./km^2)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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, cuanta mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido, puesto que los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en las áreas en donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido 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 (N1); el enfoque radica en la continuidad que debe prevalecer en el territorio, en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas, control biológico de plagas, entre otros). A mayor 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.

Teniendo en cuenta que se integran estudios de biodiversidad de naturaleza diferente, la aptitud conjugada entre las diferentes fuentes se desarrolla, a manera de árbol de decisión, de la siguiente manera:

Áreas prioritarias para la conservación (APC)	Áreas importantes para la conservación de las aves (AICA)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	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 de orden nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades, para complementar el panorama nacional.

Se parte de la hipótesis de que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, y se destacan algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. De esta manera, la variable tiene como supuesto una menor concentración en las áreas no mencionadas; por consiguiente, ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.

Metodología de procesamiento de la información

- Áreas prioritarias de conservación: esta variable se mide por medio de la densidad de especies sensibles por km^2, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se toma de base la información generada en 2013 por el IAVH y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), en el portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000.

Para incorporar esta información, se toman los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso de los estudios mencionados, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad para 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 del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Para este análisis, se asigna a cada polígono de APC (tamaño medido en km^2) el valor identificado en el estudio del número de especies sensibles objeto de protección para obtener un valor de densidad o concentración de especies. Para aquellos polígonos sin información, se asume el mínimo valor registrado, bajo la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica. Los rangos de aptitud para la variable son los siguientes:

Descripción	Rango ln (D)	Aptitud
Áreas sin identificación de APC	< -10,02	A1
APC muy baja de especies sensibles	-10,02 a -5,72	A2
APC baja de especies sensibles	-5,71 a -2,77	
APC moderada de especies sensibles	-2,76 a -1,42	A3
APC alta de especies sensibles	-1.42 a -0,06	
APC muy alta de especies sensibles	-0,05 a 6,42	

- Áreas importantes para la conservación de las aves (AICA): el desarrollo y análisis de las AICA requiere inicialmente de la solicitud de información oficial al IAVH, que incluye la última capa temática y una base de datos con información de especies de cada una de las AICA.

De la base de datos de especies, se excluyen las AICA no tuvieran polígono en la capa (*shape*) entregada, se organiza la información por AICA y se eliminan duplicados de la información en cuanto a especies y se obtiene, por cada AICA, el número de especies por cada categoría de amenaza para el país, al igual que los endemismos, la distribución restringida y la congregación de aves.

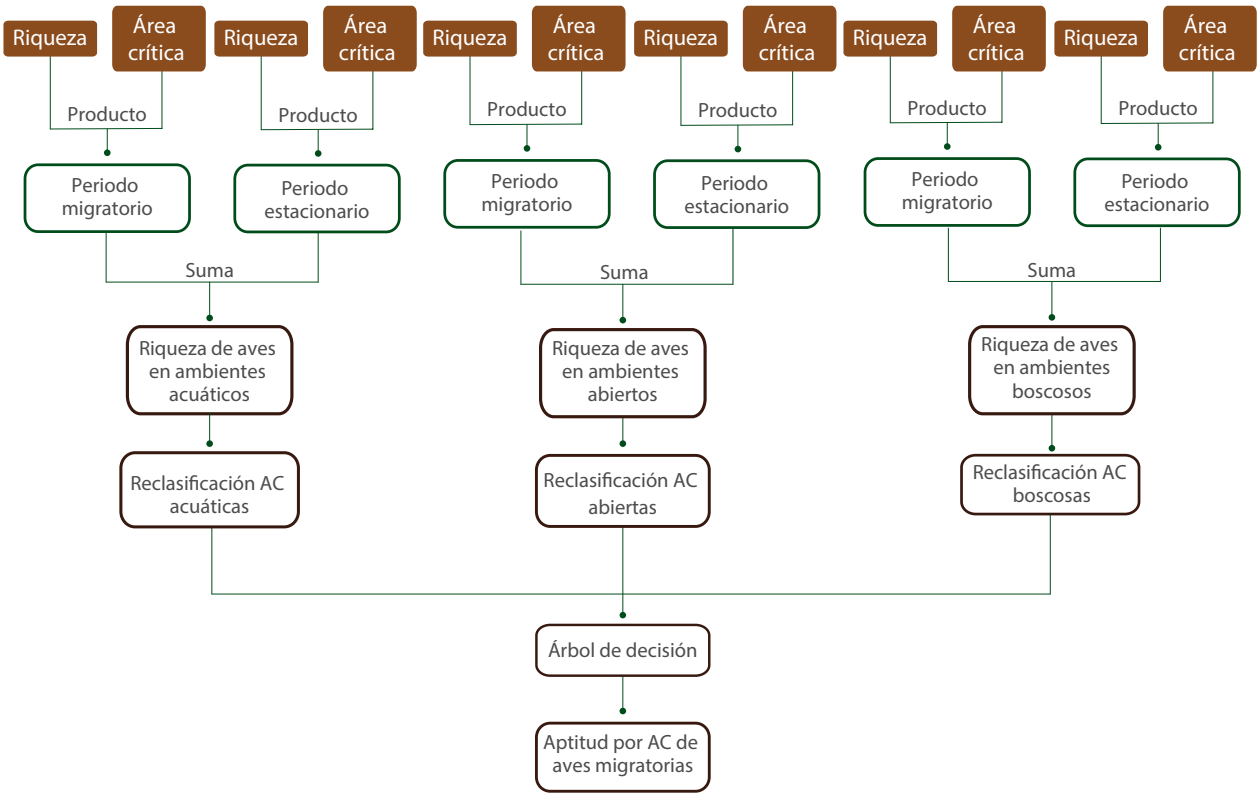
Para cada AICA, se calcula la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerables) que se reporta en cada una, de acuerdo con la base de datos facilitada y, se divide por el área del AICA por km^2. Finalmente, se calcula el logaritmo natural de la densidad obtenida y, de allí, se determinan los rangos para su reclasificación, así:

Descripción	Rango ln (D)	Aptitud
Áreas sin identificación de AICA	< -0,085	A1
AICA muy baja de especies sensibles AICA baja de especies sensibles	-0,085 a -6,137 -6,137 a -4,189	A2
AICA moderada de especies sensibles AICA alta de especies sensibles AICA muy alta de especies sensibles	-4,189 a -2,241 -2,241 a -0,293 -0,293 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 emplean 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.

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000



Fuente: SELVA (2012).

De esta forma, la primera acción consiste en combinar las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque en periodo migratorio.

Posteriormente, para el grupo de aves de cada tipo de ambiente, se suman 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. Así, entre estas dos capas generadas (periodo migratorio y periodo estacional), se realiza 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 reclasifica 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 maíz tecnificado de clima cálido de acuerdo con la importancia del hábitat para aves asociadas a diferentes tipos de ambientes

Bosque	Abiertos	Acuáticos	Aptitud
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A2
Alta	Alta	No aplica	A2
Alta	Moderada	Alta	A3
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A2
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A1
Moderada	Alta	Alta	A3
Moderada	Alta	Moderada	A3
Moderada	Alta	No aplica	A2
Moderada	Moderada	Alta	A3
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A2
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A2
No aplica	Alta	Alta	A3
No aplica	Alta	Moderada	A3
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A2
No aplica	No aplica	Alta	A3
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A1

Para integrar toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se combinan las capas resultantes; se realiza una reclasificación de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adopta el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

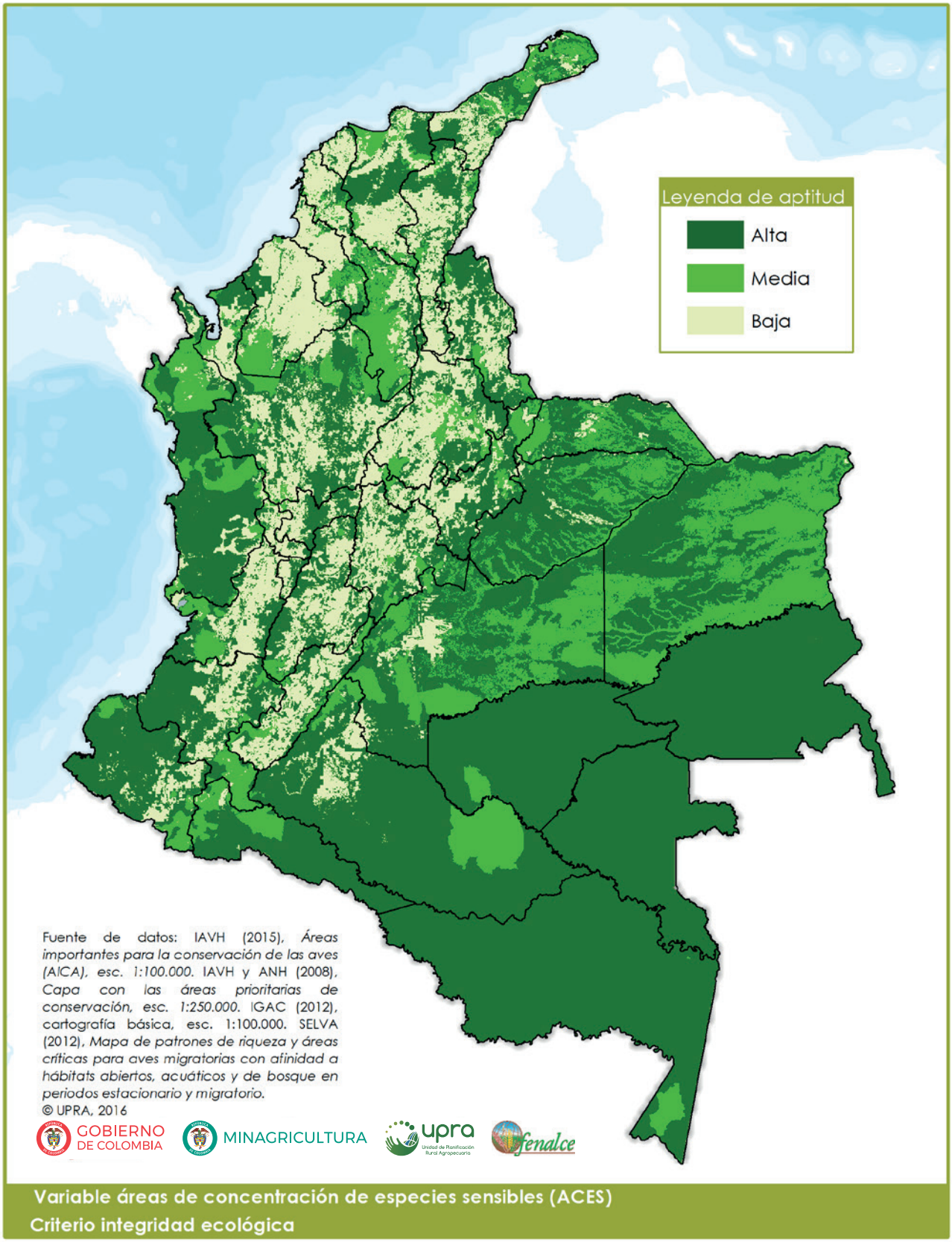
Árbol de decisión para la integración de la información de áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Áreas prioritarias para la conservación (APC)	Áreas importantes para la conservación de las aves (AICA)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	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

Fuentes de información

- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson, y Í. Yépez (Eds.), *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation* (C. Devenish, Í. Y. Zabala, y A. Pérez-Leroux, Trads., pp. 135-148). Quito, Ecuador: BirdLife International. Recuperado de <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia.pdf>
- García-Márquez, J., Moreno, M y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- —. (2012). Figuras 11 a la 17: patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio [mapas]. *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000.* IAVH: Bogotá.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



2.3. CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio: apropiación de agua		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
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 de maíz, tanto para su crecimiento como materia prima, como para el sustento del cultivo y en la producción. De esta agua captada por el cultivo de maíz, una parte queda contenida en la biomasa, 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, bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento (mazorca) o por vía evapotranspiración desde el cultivo.

Este requerimiento de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis, dependiendo de su oferta hídrica, en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia; luego, desde el agua de drenaje superficial, incluso desde el aporte desde fuentes subterráneas; y, en casos excepcionales, mediante transvases desde cuencas circundantes. De esta forma, 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 maíz tecnificado de clima cálido) y la situación de un consumo real en cada subzona hidrográfica dada por las coberturas y los usos establecidos, se plantea la disyuntiva acerca de la sostenibilidad hídrica del nuevo cultivo, bien por competencia frente a las demás coberturas y usos, o bien por riesgo en el abastecimiento para el cultivo.

De acuerdo con WWF (2012), la apropiación de agua para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido es muy alta en comparación con la de otros cultivos de importancia en el país, tal como se muestra en el siguiente cuadro en el que 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

Código FAO	Cultivo	Huella hídrica verde (Mm^3/año)	Huella hídrica azul (Mm^3/año)	Total (Mm^3/año)
27	Arroz	3212,44	1136,00	4748,52
56	**Maíz**	**4359,97**	**311,31**	**4908,02**
116	Papa	1089,94	57,27	1298,15
254	Palma africana	2803,22	338,37	3174,30
661	Cacao	1206,65	8,63	1260,52
836	Caucho	34,27	0,01	34,28

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 potencial de establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. De este modo, 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 los demás usos existentes en el interior de la unidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

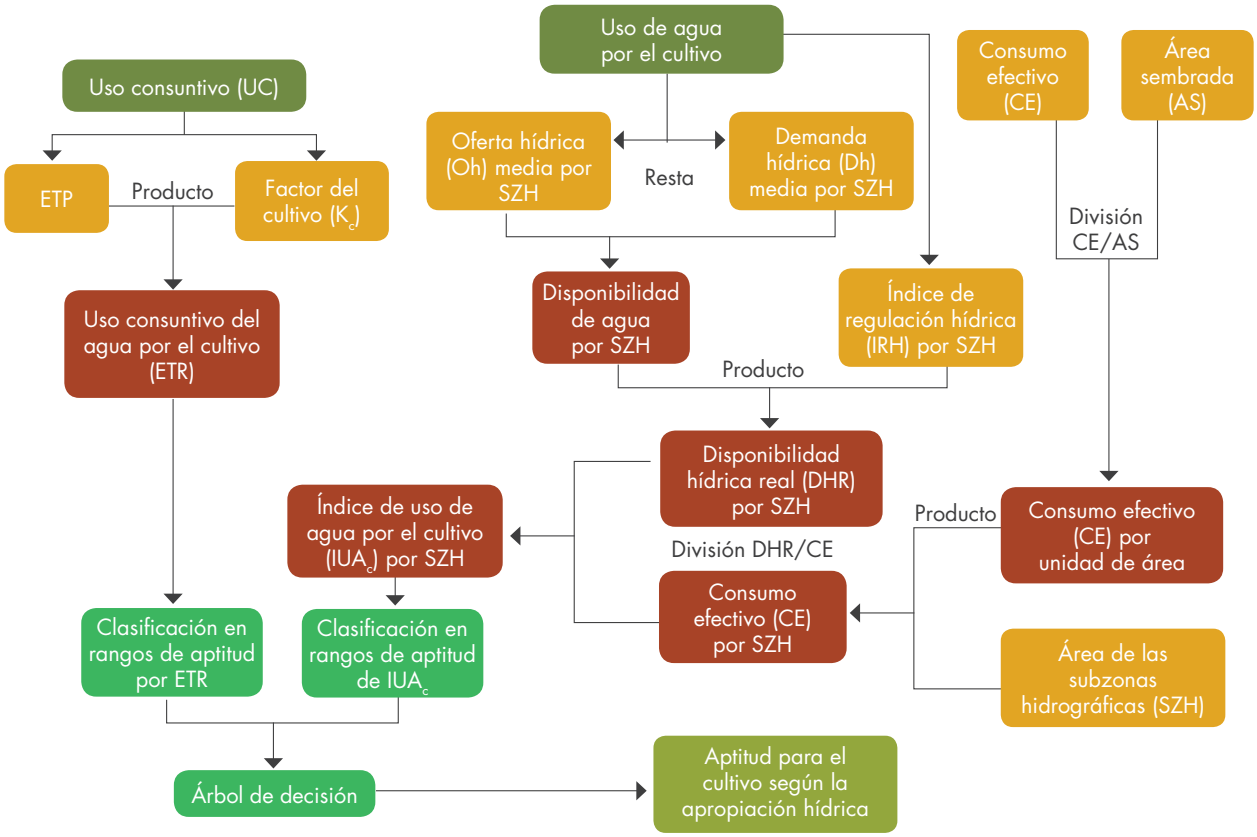
Para el procesamiento del componente de índice de uso de agua por el cultivo, se recurre al área sembrada con el fin de estimar el consumo efectivo por unidad de superficie, lo cual depende de la confiabilidad de los datos oficiales.

Valor de ponderación del criterio: 10,5 %

Metodología de evaluación

Para el procesamiento de la variable, se sigue la metodología para el cálculo de apropiación de agua que contempla el uso consuntivo y el uso de agua por el cultivo, así:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido



Uso consuntivo: para su cálculo, se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP) generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el índice calórico (I), de acuerdo con el método de Thornthwaite, adoptado para la presente zonificación.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0{,}53 \left(\frac{10T}{I} \right)^{\alpha}$$

donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar (mm).

T = temperatura media (°C).

I = índice calórico anual.

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

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

Posteriormente, se calcula la evapotranspiración real del cultivo (ETR), que representa el uso de agua para sus procesos fisiológicos en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, es decir, que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (Kc), de la siguiente forma:

$$ETR = Kc \times ETP$$

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 (Kc)

Cultivo	Kc	Fuente
Arroz	0,95	González *et al.* (2010)
Maíz	**0,5**	**González et al. (2010)**
Papa	0,9	CTA *et al.* (2015)
Palma africana	1,075	González *et al.* (2010)
Cacao	1,038	González *et al.* (2010)
Caucho	1,0	CTA *et al.* (2015)

El dato generado requiere 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 comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se tiene que:

$$ETR = (0{,}5) \times ETP \times 10$$

Al final, de acuerdo con la amplitud de rango de los datos, se establece una división en cuatro (4) intervalos equivalentes y se realiza la siguiente reclasificación para obtener los datos de aptitud por uso consuntivo.

Aptitud por uso consuntivo para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

Descripción	Rango ETR (Mm^3/ha/año)	Aptitud
Uso consuntivo menor	< 5000	A1
Uso consuntivo moderado	≥ 5000 - ≤ 7000	A2
Uso consuntivo alto	> 7000	A3
Uso consuntivo muy alto		

Índice de uso de agua por el cultivo (IUA) en subzonas hidrográficas: para este componente del cálculo se parte de la información sobre oferta y demanda hídrica de la capa de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua (ENA)» (Ideam, 2010a).

El procesamiento comienza al 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, la cual se analiza 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 usa el índice de retención y regulación hídrica (IRH) del «Estudio nacional del agua», con el cual se determina la disponibilidad hídrica real (DHR) actual de la SZH.

$$DHR = DH \times IRH$$

A continuación, a partir de la información sobre consumo efectivo del cultivo y el área sembrada, reportada por González *et al.* (2010), así como del tamaño de cada subzona hidrográfica, tomada del ENA (Ideam, 2010b), se establece el consumo efectivo del cultivo en cada subzona hidrográfica

$$\text{Consumo efectivo}_{SZH} = CE_{ha} \times \text{área}_{SZH}$$

en la que:

$$CE_{ha} = CE/AS$$

$$CE_{Maíz} = 351{,}69\ Mm^3/227.473\ ha$$

Fuente: González *et al.* (2010)

$$CE_{Maíz} = 0{,}001540607\ Mm^3/ha = 1546{,}07\ m^3/ha$$

De esta forma, se establece una relación entre el consumo efectivo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido y la disponibilidad real de agua en cada subzona hidrográfica, lo que determina un índice de uso de agua por el cultivo de maíz ($IUA_{Maíz}$), el cual muestra la presión que ejerce el cultivo por desarrollar sobre el agua disponible, cuyo rango de variación permite establecer los diferentes niveles de variación de aptitud por oferta hídrica.

$$IUA_{Maíz} = DHR_{SZH}/CE_{Maíz}$$

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 regulación (Ideam, 2010b). La siguiente tabla muestra la aptitud por el índice de la subzona hidrográfica:

Aptitud por índice de uso de agua (IUA) del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

Descripción	IUA	Aptitud
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 maíz.	> 19,93	A1
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 maíz.	≥ 9,25 - ≤ 19,93	A2
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 maíz.	< 9,25	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:

Aptitud por uso consuntivo para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido

Uso consuntivo	$IUA_{Maíz}$	Promedio	Aptitud total
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 establece 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 —máxime si es de consumo considerable, como el maíz— puede llegar a 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 maíz tecnificado de clima cálido

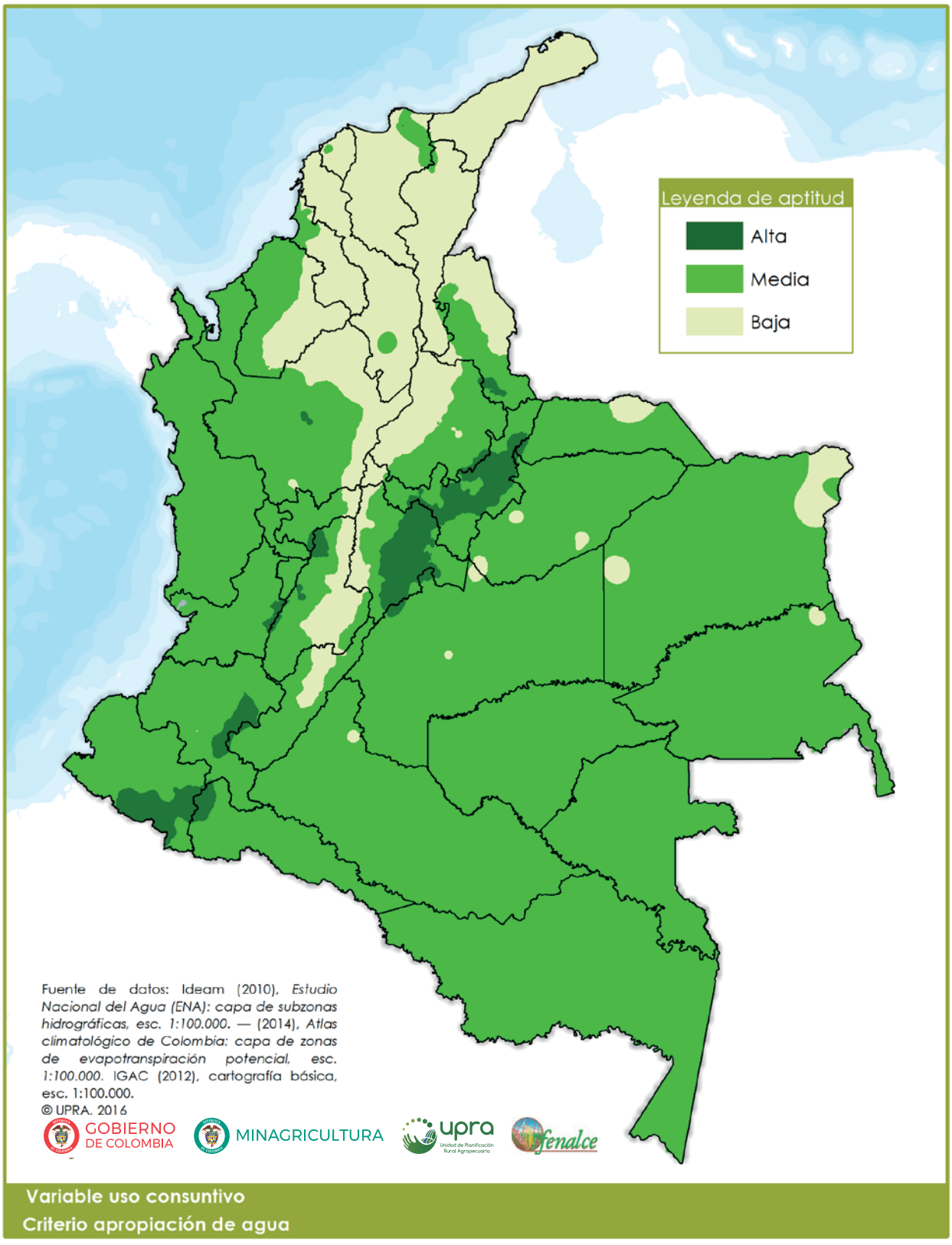
Descripción	Rango de variación	Aptitud
Lugares con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A1 A1A2 A2A1	A1
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.	A1A3 A2A2 A3A1	A2
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.	A2A3 A3A2 A3A3	A3

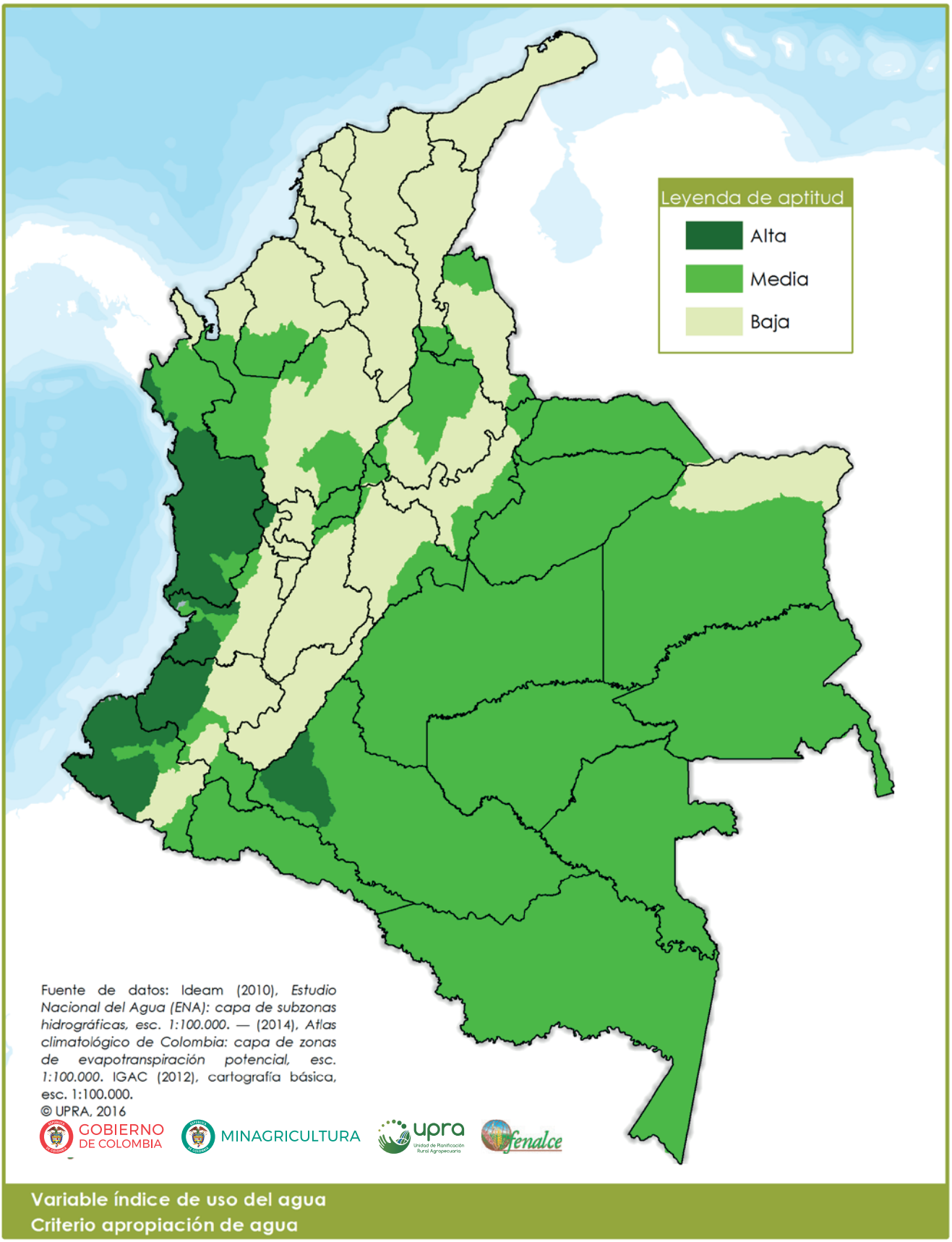
Fuentes de información

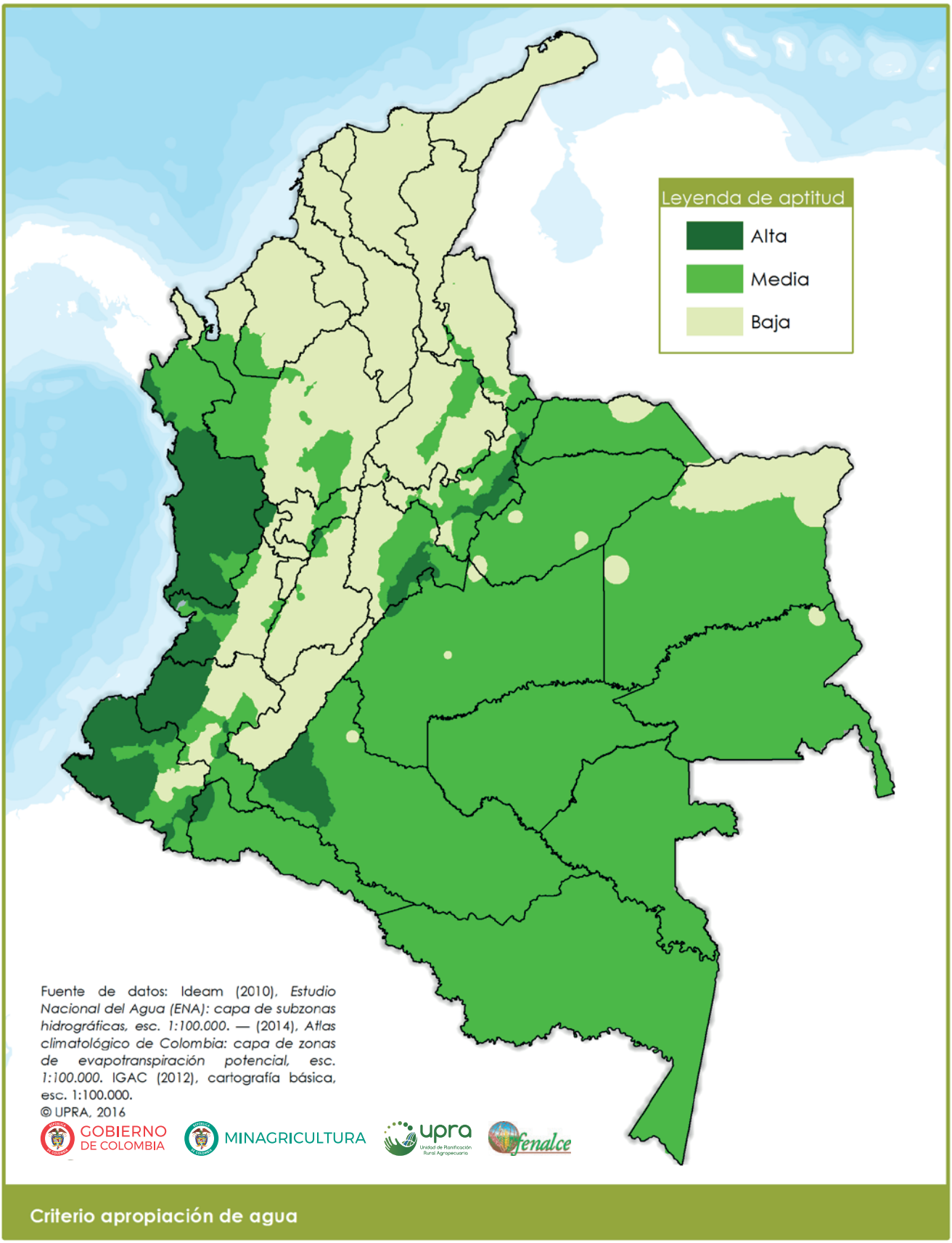
- CTA, GSI-LAC, Cosude e Ideam. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH_ENA2014.pdf>
- González, 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)*. Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>
- Ideam. (2010a). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. «Estudio nacional del agua (ENA)». Bogotá: Ideam.
- —. (2010b). *Estudio nacional del agua (ENA) 2010*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). «Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000». *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- MAVDT. (2007b). *Mapa nacional de susceptibilidad de incendios de las coberturas vegetales, escala 1:500.000*. Bogotá: MAVDT.
- WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica (anexos)*. Recuperado de <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>

Representación cartográfica del criterio

Para obtener el mapa resultante de aptitud por apropiación de agua para el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, se generaron dos mapas intermedios: uno de uso consultivo y otro de índice de uso de agua.




Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
Fuente de datos: Ideam (2010), *Estudio Nacional del Agua (ENA): capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* — (2014), *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, esc. 1:100.000.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016
GOBIERNO DE COLOMBIA
MINAGRICULTURA
upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
fenalce
Variable índice de uso del agua
Criterio apropiación de agua



Fuente de datos: Ideam (2010), *Estudio Nacional del Agua (ENA): capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* — (2014), *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, esc. 1:100.000.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA MINAGRICULTURA upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria fenalce

Criterio apropiación de agua

2.4. CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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

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 maíz tecnificado de clima cálido.

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 CO_2 de la atmósfera, entre otros. Los ecosistemas contribuyen a la regulación de CO_2 de la atmósfera mediante el almacenamiento del carbono en la biomasa y el suelo, lo cual es quizá el más reconocido de todos los servicios de los ecosistemas (IPCC, 2006; Stern, 2006; 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 maíz tecnificado de clima cálido.

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.

Además, 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.

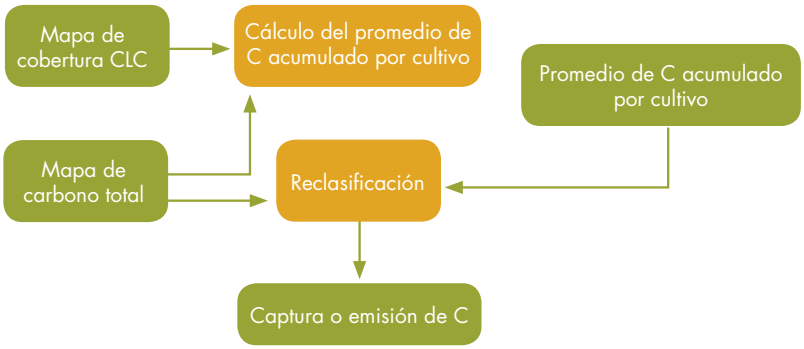
Limitantes de la evaluación del criterio

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: 1,5 %

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, en la subterránea y en el suelo, de acuerdo con la siguiente metodología:

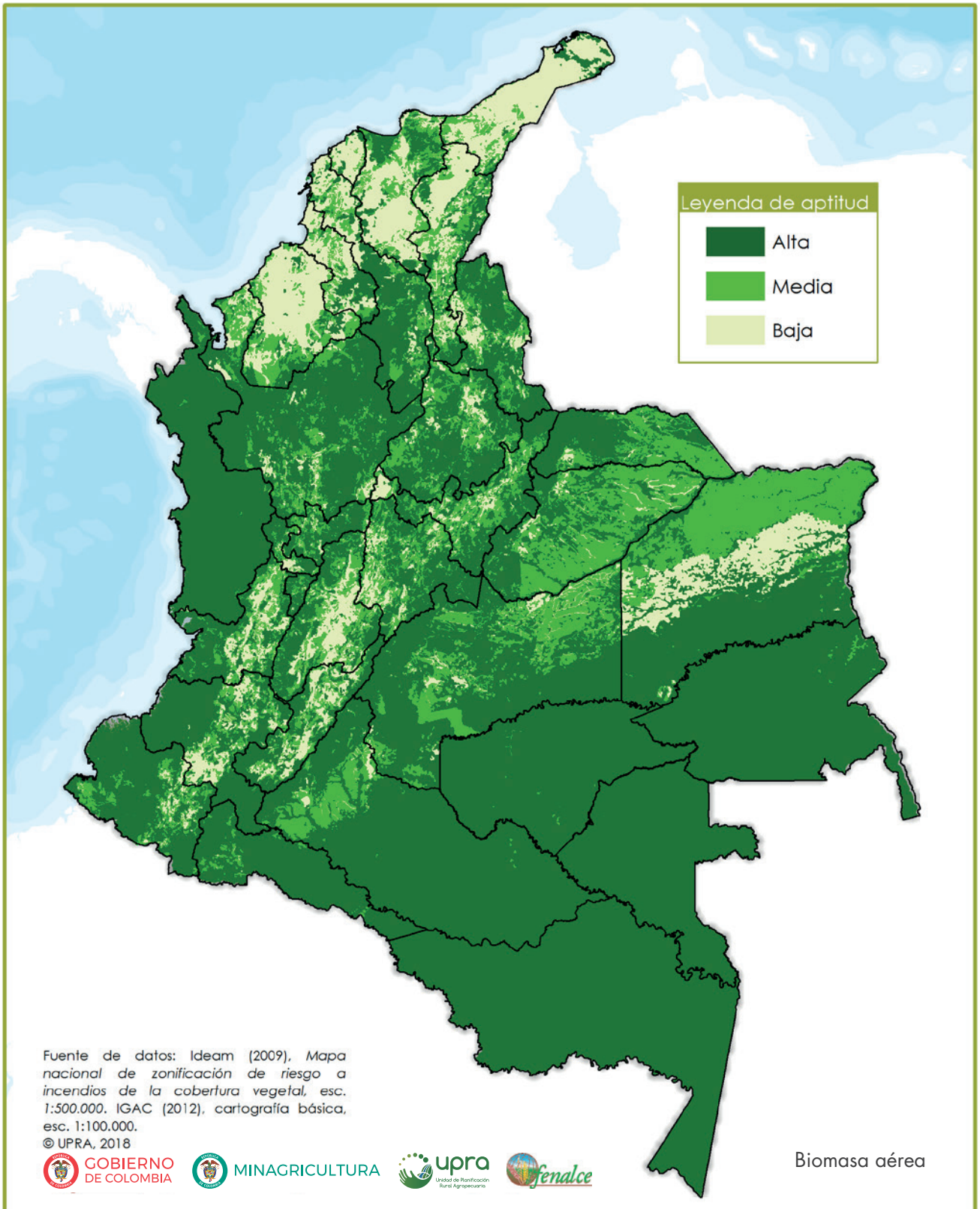


a. Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea

La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realiza con base en la articulación entre la información contenida en el mapa «Carga de combustible (biomasa) de las coberturas vegetales de Colombia» del MAVDT de 2007 y el mapa «Cambios en los contenidos de biomasa; carbono en bosques» del Ideam (Phillips *et al.*, 2011).

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), con el fin de obtener 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): $C_{BA} = BA/2$



Criterio variación del contenido estimado de carbono

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:

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

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

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

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 orgánico en el suelo

El contenido de carbono en el suelo se estima con base en la información suministrada por el ISRIC de 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 (Comisión Europea, 2013):

C orgánico en el suelo = % C orgánico x densidad aparente x profundidad (0,3 m) x (1 - % fragmentos gruesos)

Porcentaje de carbono orgánico en el suelo

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.

Contenido de carbono orgánico total

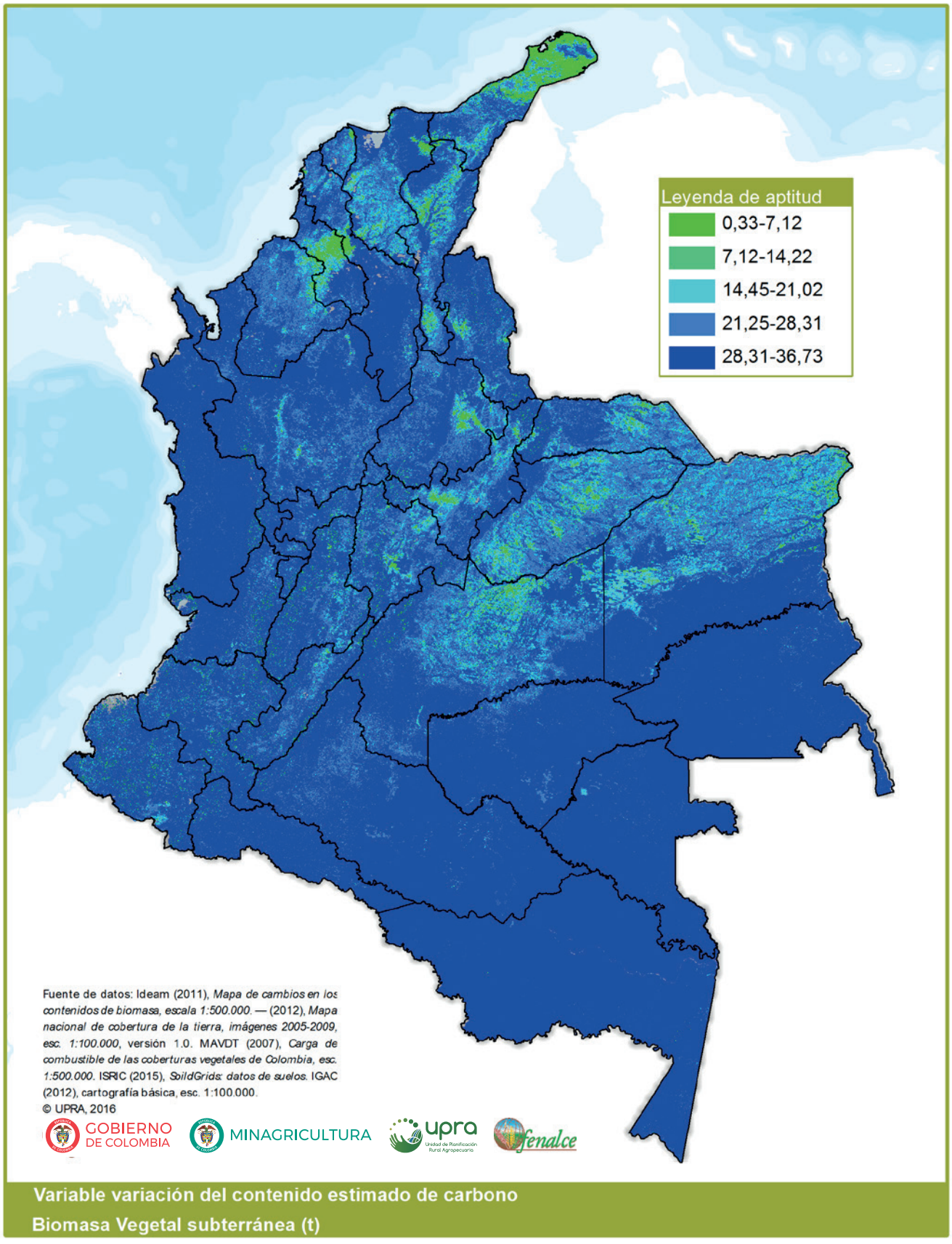
f. Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono

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) para cada unidad de cobertura, en escala 1:100.000, con el valor de referencia del contenido estimado de carbono en el cultivo, con el fin de obtener el mapa de la variación del contenido de carbono total frente al cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

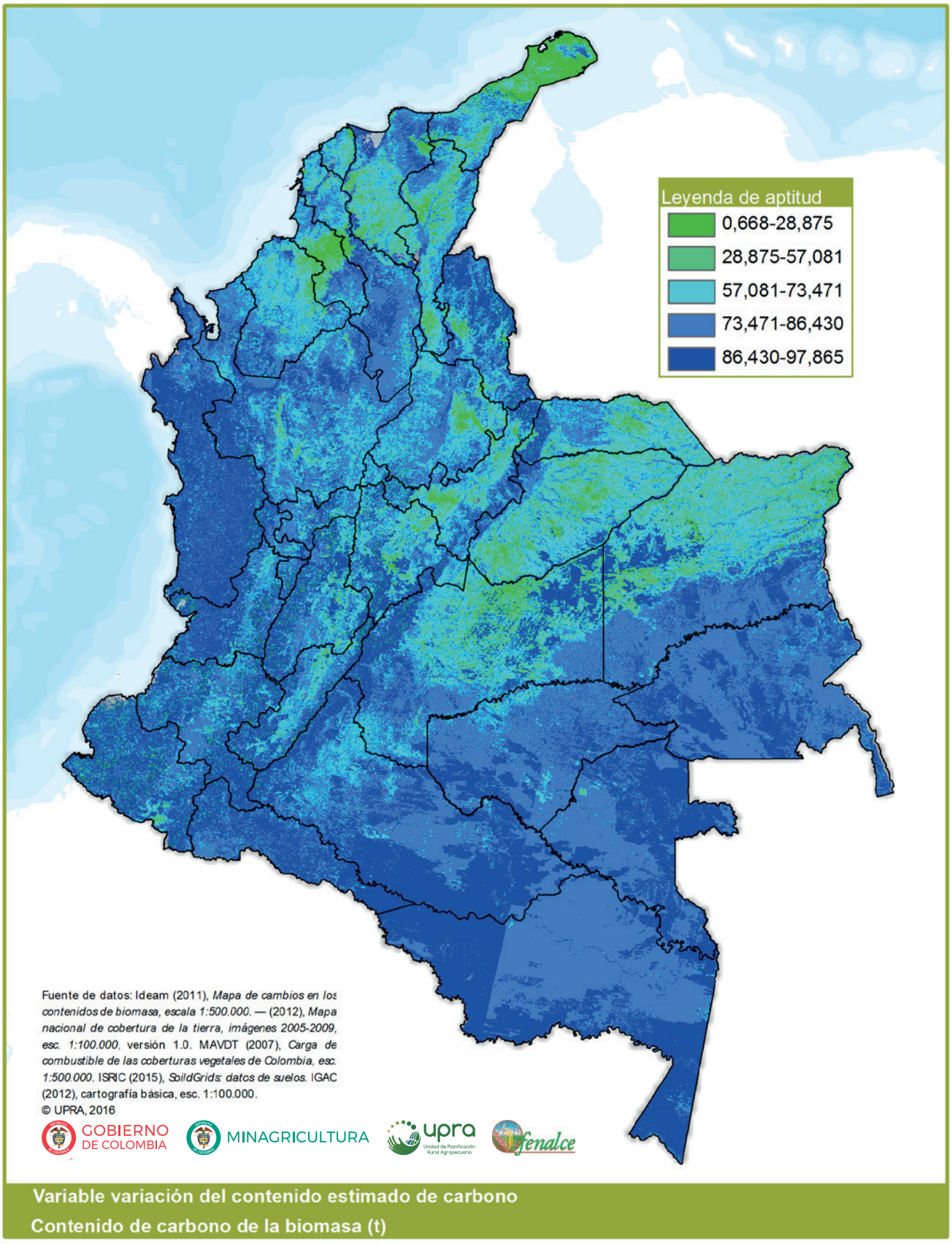
$$\Delta CEC = C \text{ cobertura} - C \text{ cultivo de maíz}/C \text{ Total}$$

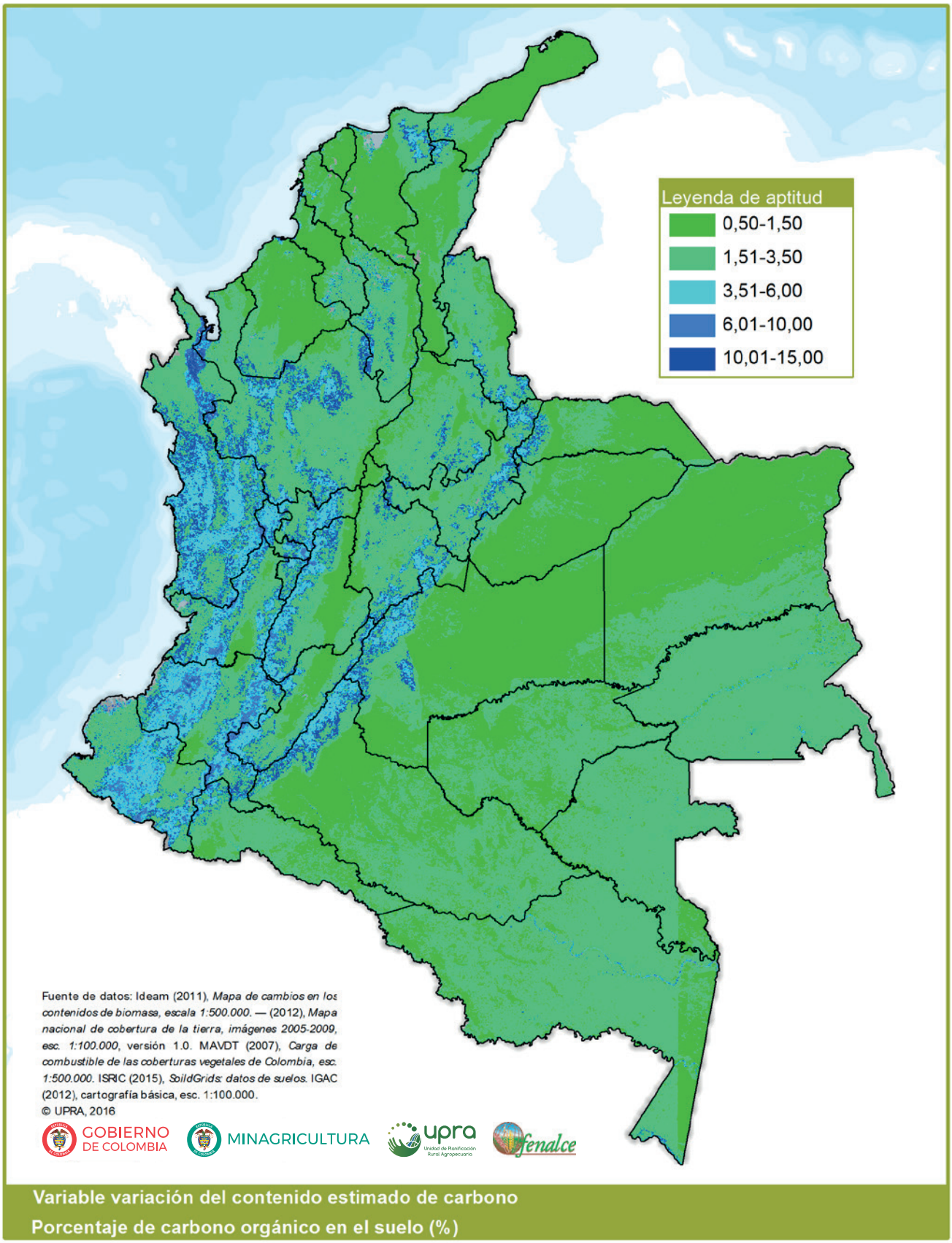
Las representaciones cartográficas antes mencinadas se verán en las páginas siguientes

Biomasa subterránea



Carbono total en la biomasa





Fuente de datos: Ideam (2011), *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000.* — (2012), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000*, versión 1.0. MAVDT (2007), *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, esc. 1:500.000.* ISRIC (2015), *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.

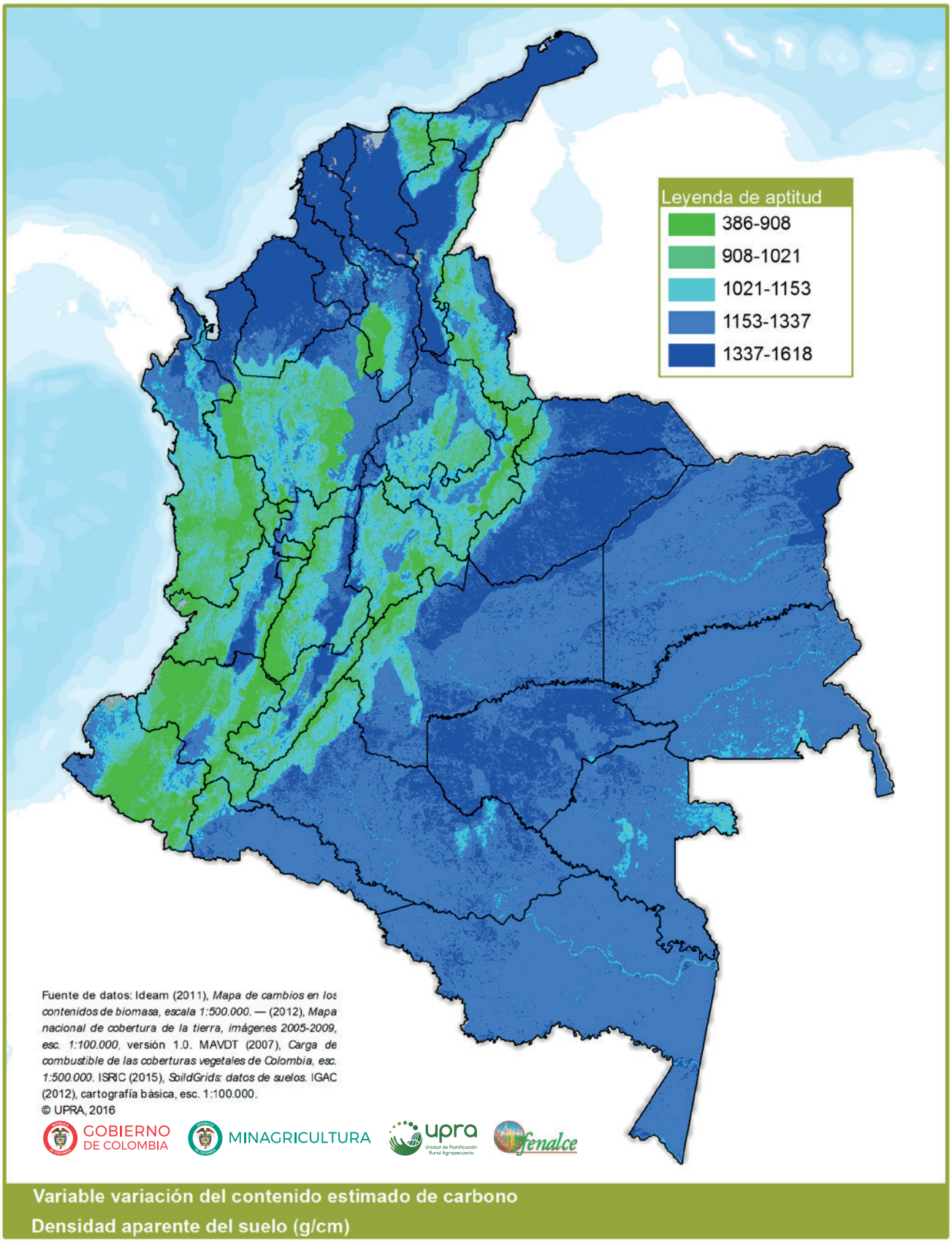
© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

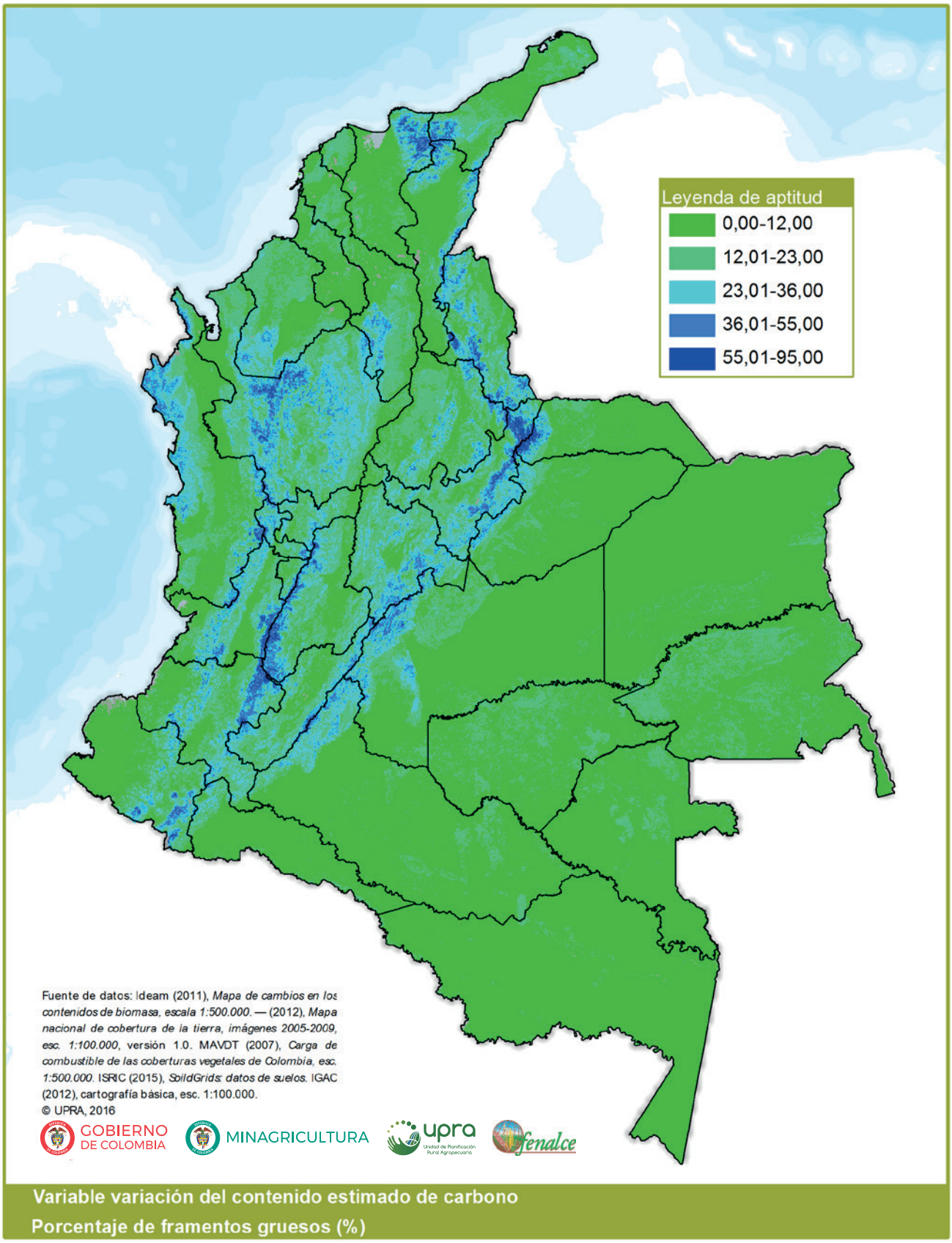
Variable variación del contenido estimado de carbono

Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (%)

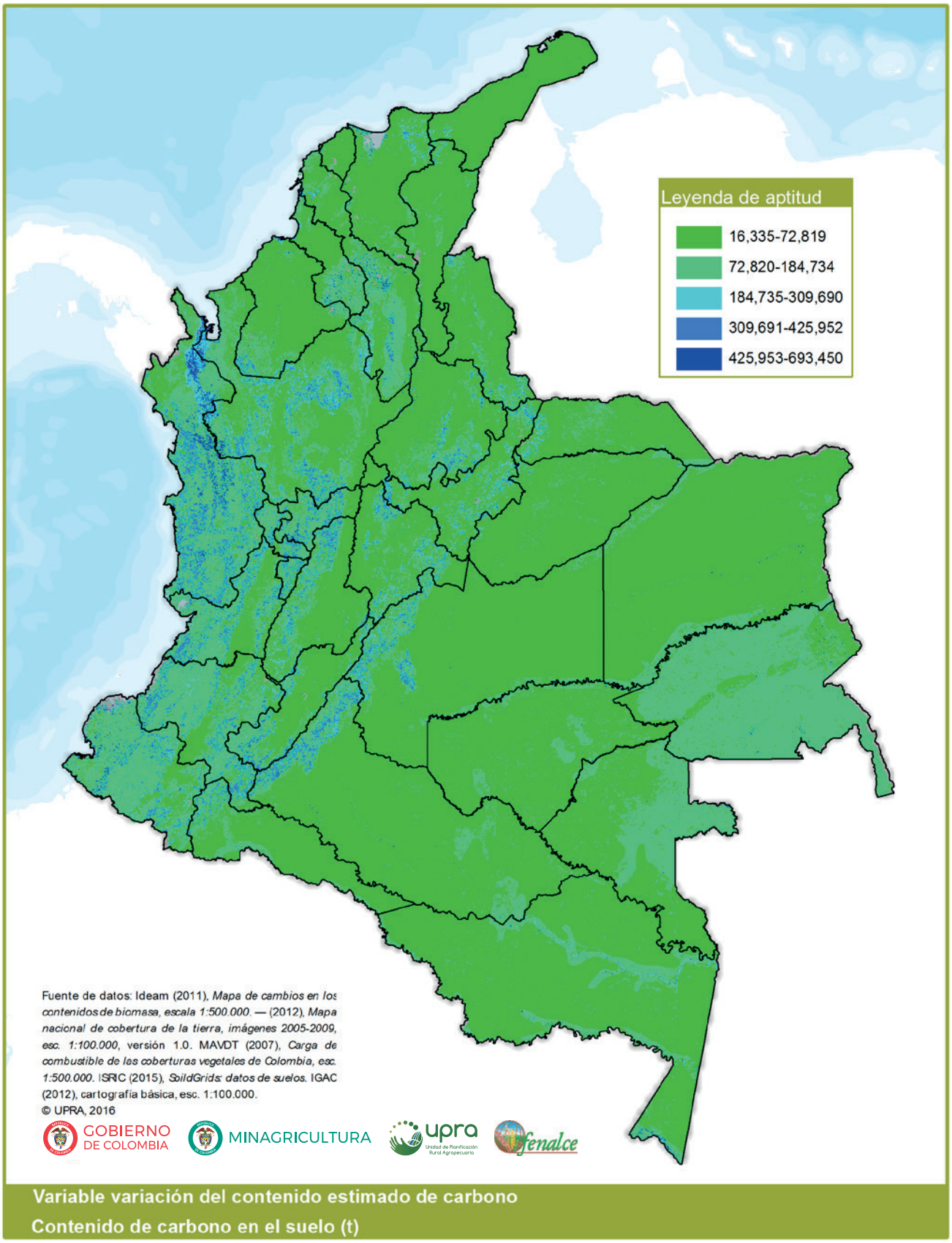
Densidad aparente del suelo

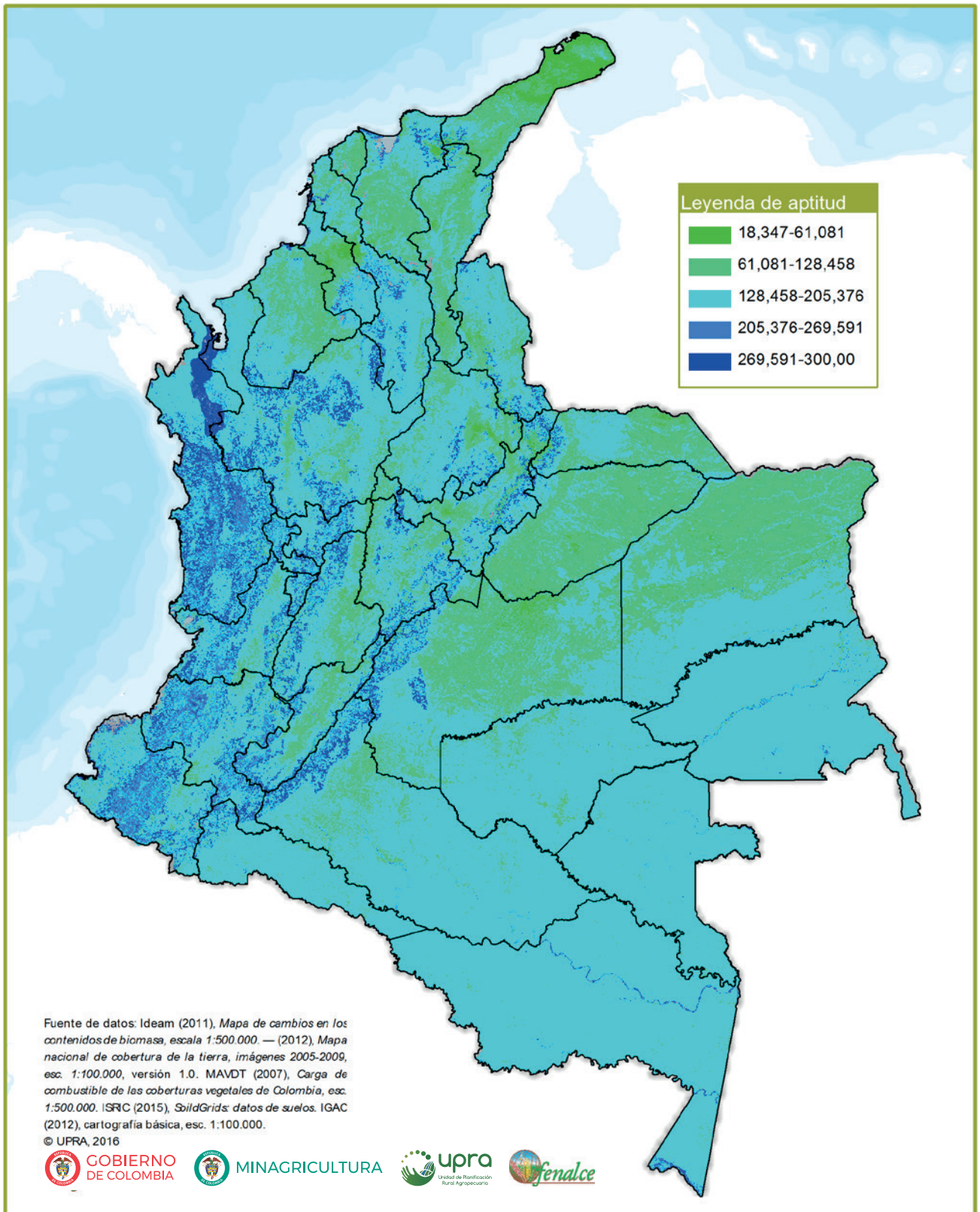


Porcentaje de fragmentos gruesos (> 2mm) en el suelo



Contenido de carbono en el suelo





Fuente de datos: Ideam (2011), *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000.* — (2012), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000*, versión 1.0. MAVDT (2007), *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, esc. 1:500.000.* ISRIC (2015), *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

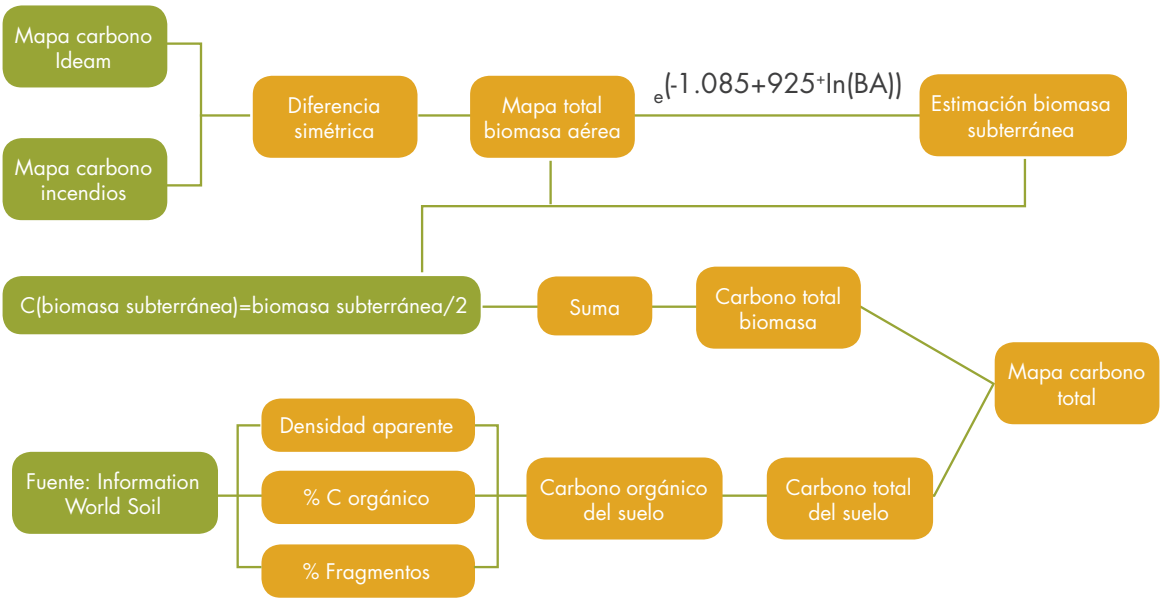
Variable variación del contenido estimado de carbono

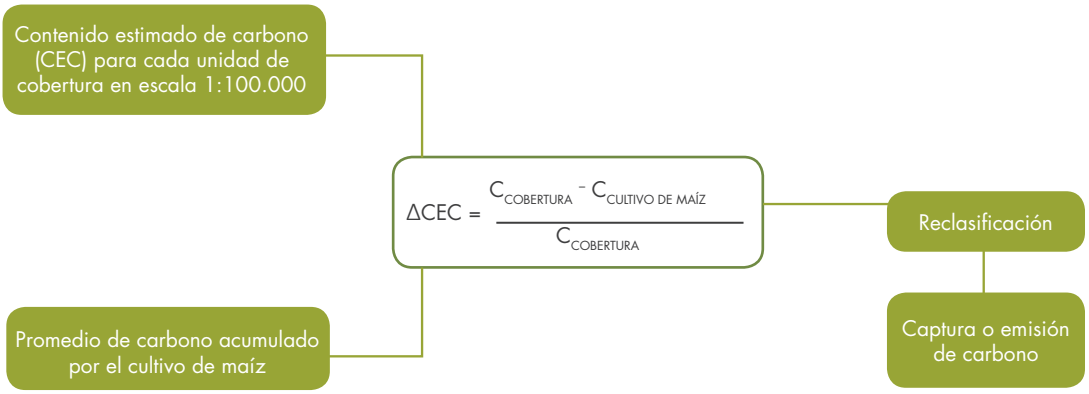
Carbono total (t)

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de un nuevo cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido puede representar tres posibilidades: 1) 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). 2) Puede presentarse que, al establecer un nuevo cultivo de maíz, este represente una cantidad capturada semejante de carbono al de la cobertura actual. 3) El cultivo fije 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.

Los valores obtenidos en este mapa se reclasifican según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación. Los valores de la diferencia en carbono total frente al cultivo menores al -20 % corresponden a la categoría de aptitud alta (A1), mientras que el rango entre -20 % y 0 % pertenece a la categoría de aptitud moderada (A2), y los mayores a 0 % se sitúan en la categoría de aptitud baja (A3).

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:





Rangos para la asignación de valores de aptitud

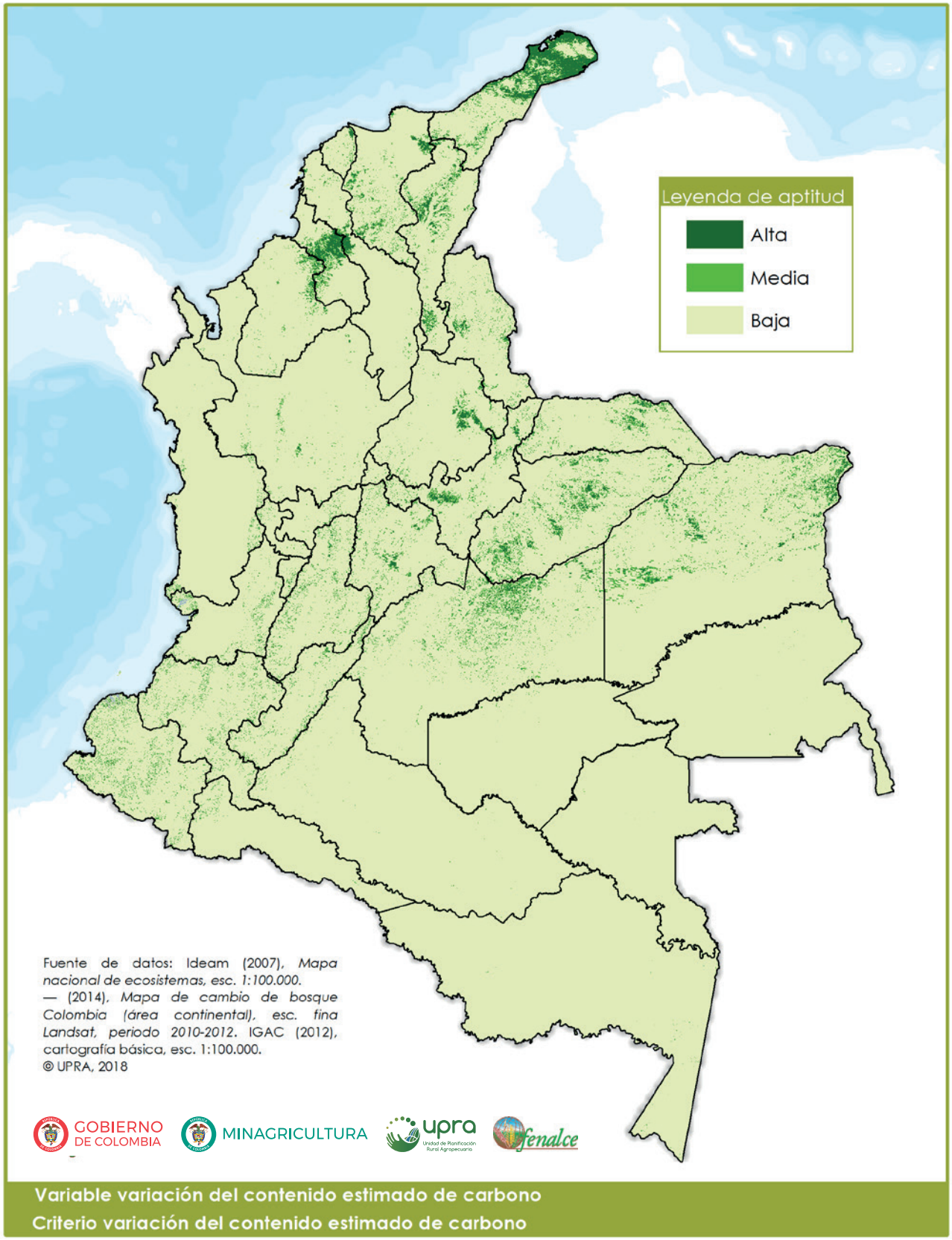
La calificación de la aptitud para el cultivo, desde el punto de vista de este criterio, se establece según los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo se convierte en sumidero de carbono	< -20	A1
El cultivo es fuente de carbono	≥ -20 - < 0	A2
El cultivo es fuente de emisión de carbono alta	≥ 0	A3

Fuentes de información

- Brown, S. y Lugo, A. (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/s004420050201>
- Canadell, J. y Raupach, M. (2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». *Science, 320*(5882), 1456-1457. DOI:<https://doi.org/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.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). 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, Eds., e International Translation Agency Ltd (ITA Ltd), Trad.) Hayama, Japón: IGES. Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- ISRIC. (s.f.). Porcentaje de carbono orgánico, densidad aparente, profundidad y porcentaje de fragmentos gruesos [capas y datos de suelos]. Recuperado del sitio web de SoilGrids <www.soilgrids.org>
- MAVDT. (2007a). *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, Eds.) Bogotá: 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



Variable variación del contenido estimado de carbono

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 maíz tecnificado de clima cálido	
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		

Amenaza de incendios de la cobertura vegetal.

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 comerciales de maíz tecnificado de clima cálido 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, puesto que esta es 1:500.000, lo cual generaliza la información analizada y a su vez resta exactitud en el análisis.

Valor de ponderación del criterio: 8,0 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye 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, la precipitación, la temperatura, la velocidad del viento, la frecuencia de incendios de la cobertura vegetal, las pendientes y la radiación solar.

Este mapa tiene por objeto identificar el grado de amenaza por incendios de la cobertura vegetal que posee el país, donde se consideran las siguientes categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta (Ideam, 2009).

Es relevante mencionar que este 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.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

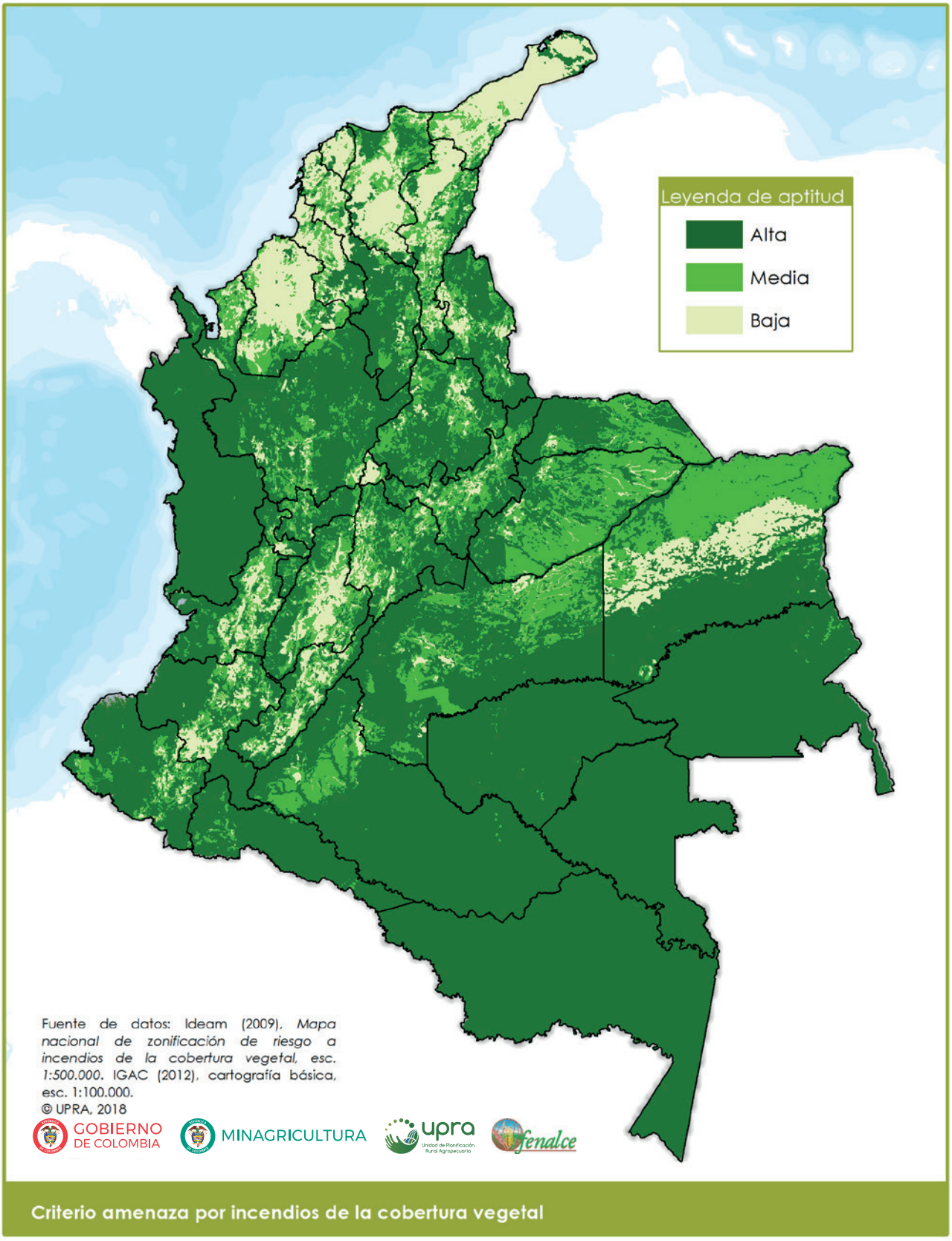
Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Descripción	Aptitud
Baja amenaza de incendios	A1
Moderada amenaza de incendios	A2
Alta amenaza de incendios	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal

2.6. CRITERIO DEFORESTACIÓN A PARTIR DE 2010

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioecosistémico.		
Criterio de exclusión técnica: deforestación a partir de 2010		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	√
	Exclusión legal	
Variables asociadas al criterio		

Deforestación a partir de 2010.

Definición

Aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después de 2010, áreas que fueron identificadas por medio del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Cabrera *et al.*, 2011).

Estas zonas no podrán ser objeto de actividades agrícolas. 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:

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

Importancia del criterio para el cultivo

Permite determinar las áreas donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en este ecosistema estratégico y, por ende, no debe efectuarse, dada la importancia para la prestación de servicios ecosistémicos.

Así mismo, busca identificar aquellas zonas deforestadas recientemente con el fin de blindarlas y frenar, en algún grado, la expansión de la frontera agropecuaria, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático en el país.

Limitantes de la evaluación del criterio

No aplica.

Valor de ponderación del criterio

No aplica.

Metodología de evaluación

La deforestación posterior a 2010 se espacializa a partir del mapa de Bosque/no Bosque de 2010, del Ideam, para las comunicaciones de cambio climático al grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.

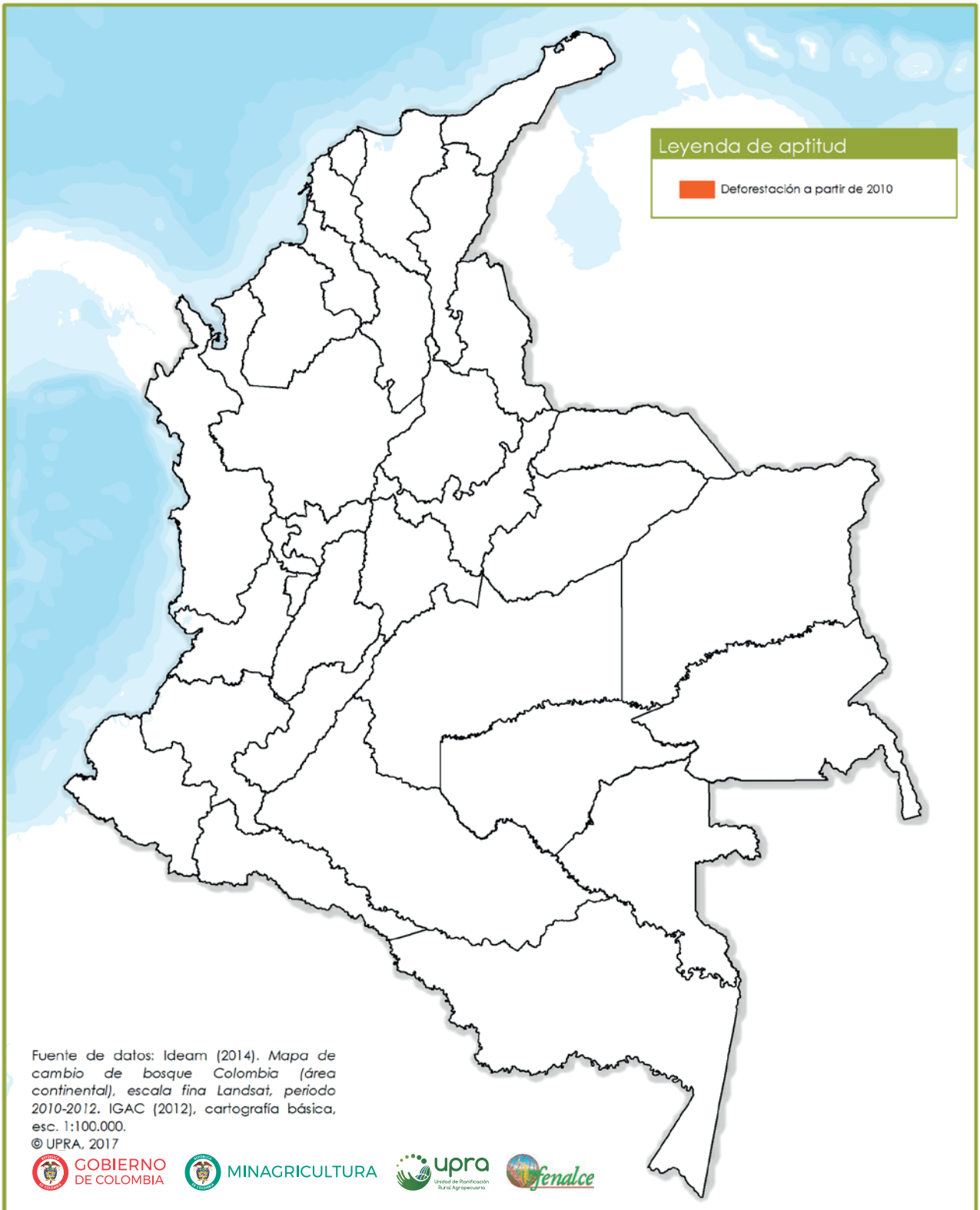
Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplica.

Fuentes de información

- Cabrera, E., Vargas, D. M., Galindo, G., García, M., Ordóñez, M., Vergara, L., . . . Giraldo, P. (2011). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional: escalas gruesa y fina*. Ideam: Bogotá. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Memoria+T%C3%A9cnica+Deforestaci%C3%B3n+.pdf/5f2741b4-ffa1-4b58-b986-f2fbefd6d006>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam (2014). *Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental), escala fina Landsat, periodo 2010-2012*. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

GOBIERNO DE COLOMBIA MINAGRICULTURA upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria fenalce

Criterio exclusiones técnicas

3. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

3.1. CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: indicadores económicos		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Grado de importancia económica municipal, expresada como grado o categoría de importancia económica municipal vigencia 2015, y asignada con base en el PIB municipal.
- Créditos otorgados, expresados como IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio.
- Incentivo a la capitalización rural, expresado como IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio.

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 comerciales de maíz tecnificado de clima cálido.

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 de maíz tecnificado de clima cálido.

Un desempeño económico más alto, mayores créditos y más incentivos a la cadena del maíz 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 maicera y que la dinámica del apalancamiento financiero formal es más activa. Por consiguiente, ese municipio se considera más competitivo.

Un mayor dinamismo del apalancamiento financiero de la cadena indica una mejor acreditación de la actividad maicera, lo cual permite que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir recursos financieros tanto para actividades propias de la actividad, como el establecimiento, el manejo y la cosecha, como para la inversión en bienes de capital, por medio de créditos y de herramientas como el ICR.

Los recursos financieros adicionales de otras fuentes distintas al productor, invertidos en un entorno apropiado para las actividades productivas, mejoran la competitividad de los productores maiceros, puesto que potencian sus recursos de inversión y mejoran su rentabilidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

No se conocen limitantes para la evaluación de este criterio.

Valor de ponderación del criterio: 3,0 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la sumatoria de las variables que lo componen.

Las variables califican a los municipios según categorías de aptitud competitiva alta (A1), media (A2) y baja (A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión, se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para calificar el criterio:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Indicadores económicos	Municipios con sumatoria de aptitud mayor o igual a 7.	Municipios con sumatoria de aptitud entre 5 y 6.	Municipios con sumatoria de aptitud menor o igual a 4.

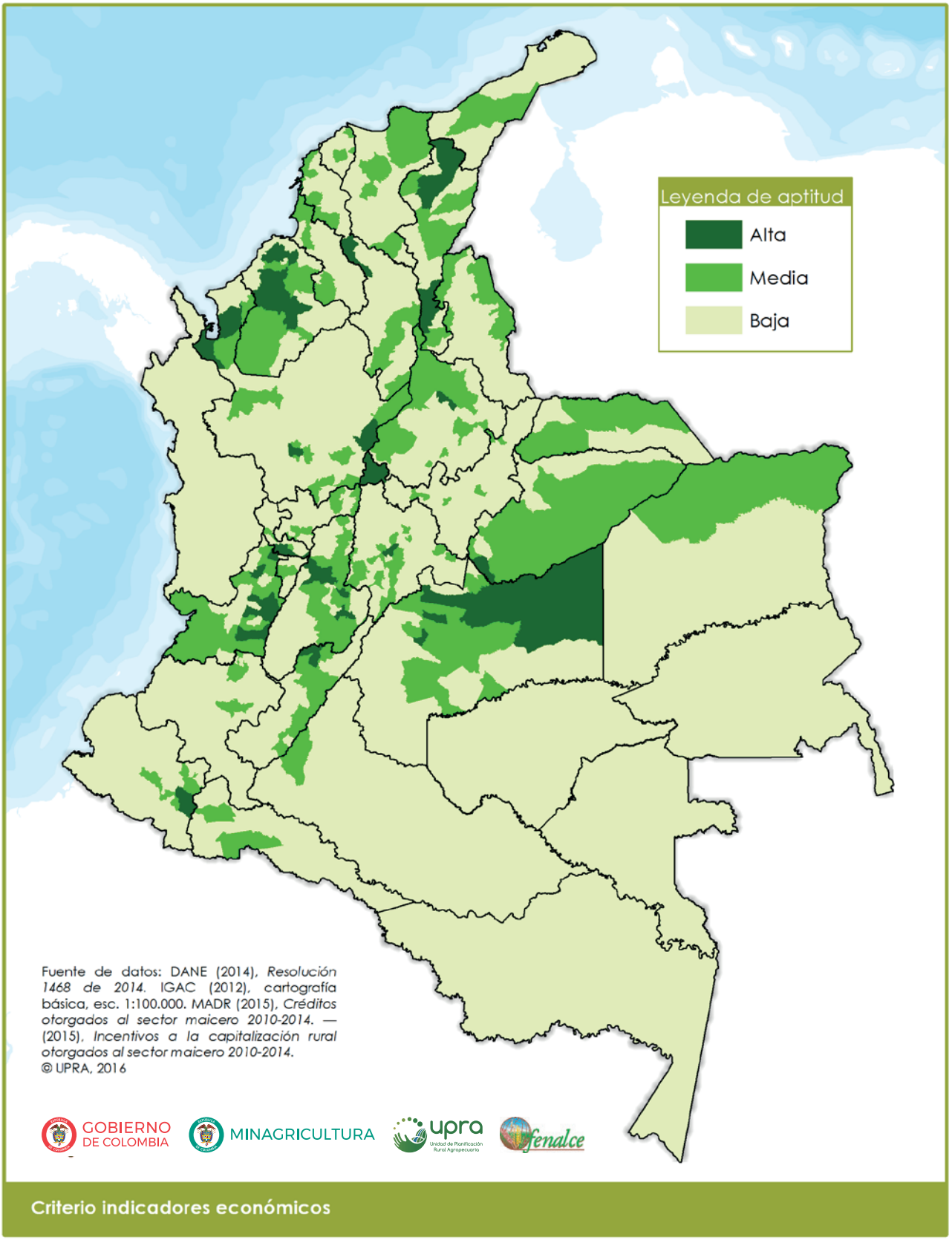
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Grado de importancia económica municipal	Categoría de IEM comprendida entre 1 y 7, con vigencia 2015 y asignada con base en el PIB municipal.	1 y 2	3, 4 y 5	6 y 7
Créditos otorgados	IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).	IC > 0,018 (> $ 102)	IC ≥ 0 e IC ≤ 0,018 (≥ $ 0,1 y ≤ $ 102)	Municipios sin historial crediticio en el periodo analizado.
Incentivo a la capitalización rural (ICR)	IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).	IC > 0,0287 (> $20,21)	IC > 0 e IC ≤ 0,0287 (≥ $ 0,38 y ≤ $ 20,21)	Municipios sin historial ICR.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2012). *Cartilla de política agropecuaria 2010-2014*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/capacitacion/Paginas/DocumentosPolitica/CARTILLA-DE-POL%C3%8DTICA-AGROPECUARIA-2010-%E2%80%93-2014.aspx>
- —. (2015a). *Tabla de créditos otorgados al sector maicero (2010–2014)*.
- —. (2015d). *Tabla de incentivos a la capitalización rural otorgados al sector maicero (2010-2014)*.
- Resolución 1468 de 2014. Por medio de la cual se actualiza la metodología de elaboración del Indicador de Importancia Económica Relativa Municipal y los grados de importancia económica municipal 2015. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/acerca/Normatividad/resoluciones/Resolucion1468_2014.pdf>

Representación cartográfica del criterio



3.1.1. Variable grado de importancia económica municipal

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: grado de importancia económica municipal	Unidad de medida: grado o categoría de importancia económica municipal con vigencia 2015 y asignado con base en el PIB municipal	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Peso relativo que representa el PIB de cada uno de los municipios dentro de su departamento; para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora por grados o categorías de importancia económica que le debe corresponder a un municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto al desempeño económico del municipio. Un mayor grado de importancia económica en un municipio evidencia una mayor aptitud competitiva para el desarrollo de actividades económicas, 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 el cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización del grado de importancia económica municipal se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Grado o categoría de importancia económica municipal	Aptitud
1 y 2	A1
3, 4 y 5	A2
6 y 7	A3

El grado de importancia más alto (categoría 1) está en Bogotá, con un valor agregado de $ 148,93 billones para el 2013.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- DANE. (2014). Grado de importancia económica municipal.
- Resolución 1468 de 2014: la resolución toma como base de cálculo de información 2013.

2. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

No se identifican inconsistencias en la información.

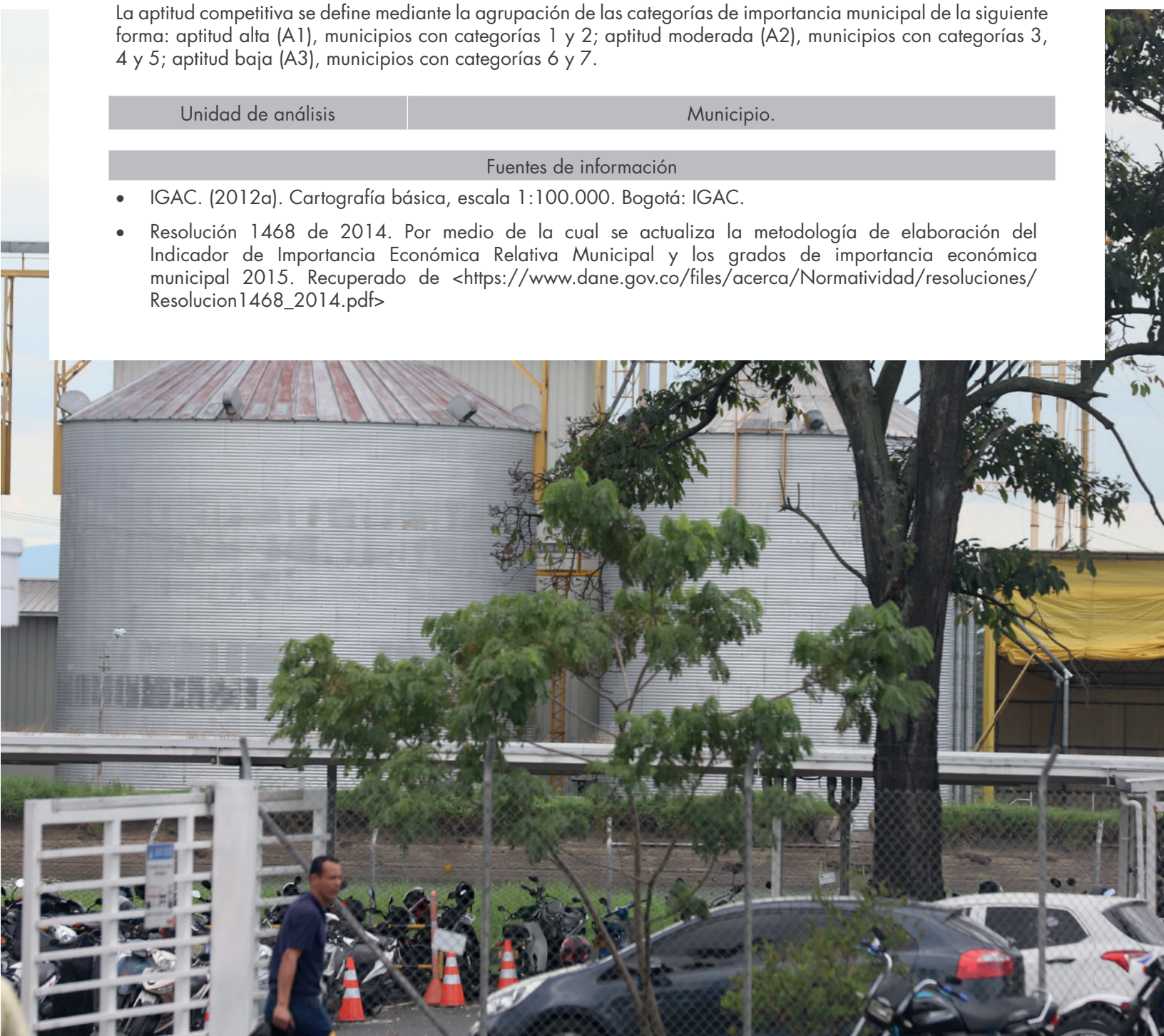
3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

La aptitud competitiva se define mediante la agrupación de las categorías de importancia municipal de la siguiente forma: aptitud alta (A1), municipios con categorías 1 y 2; aptitud moderada (A2), municipios con categorías 3, 4 y 5; aptitud baja (A3), municipios con categorías 6 y 7.

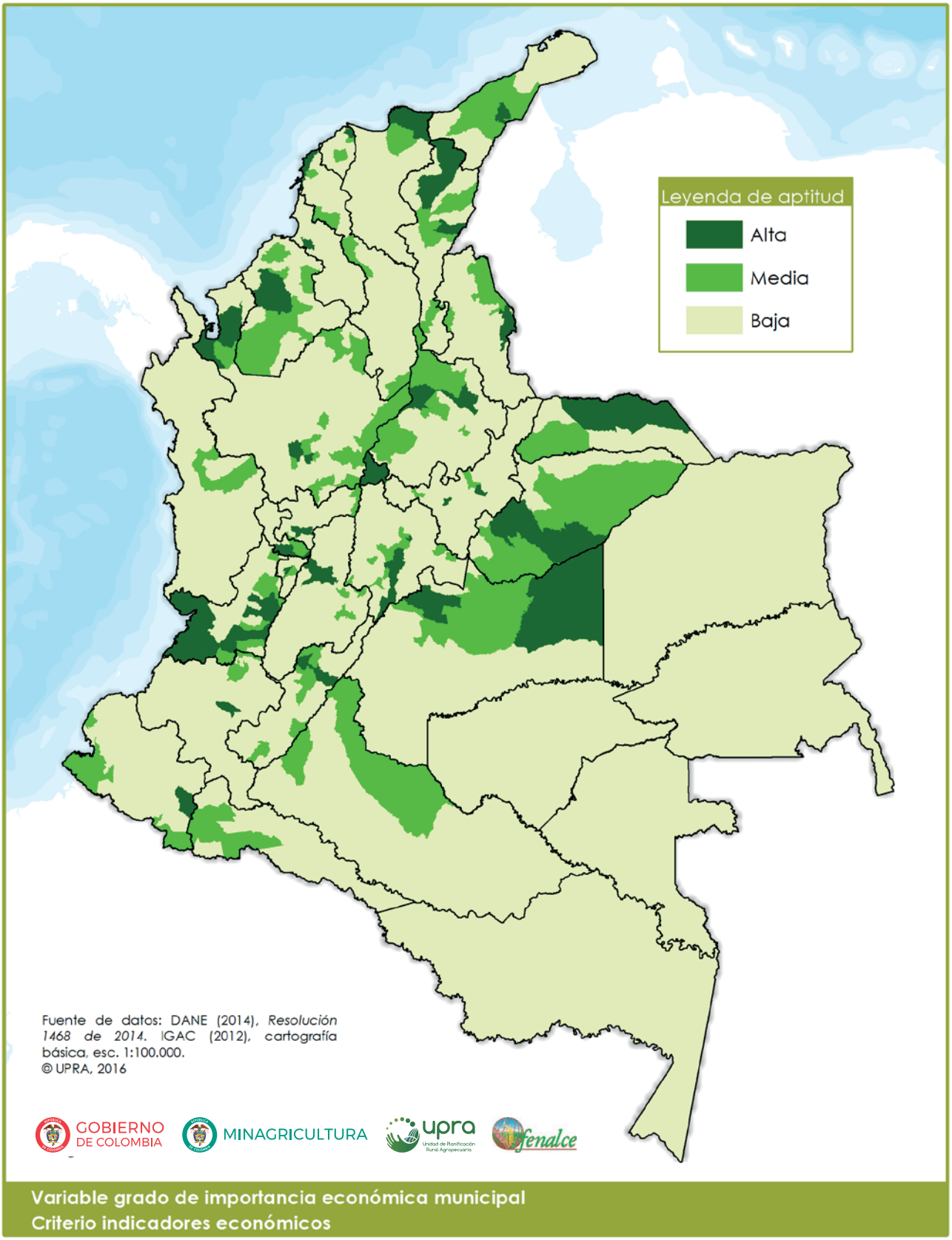
Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Resolución 1468 de 2014. Por medio de la cual se actualiza la metodología de elaboración del Indicador de Importancia Económica Relativa Municipal y los grados de importancia económica municipal 2015. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/acerca/Normatividad/resoluciones/Resolucion1468_2014.pdf>



Representación cartográfica de la variable



Variable grado de importancia económica municipal
Criterio indicadores económicos

3.1.2 . Variable créditos otorgados

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: créditos otorgados	Unidad de medida: IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio	
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 del sector maicero 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 los créditos otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios con mayor valor promedio anual de créditos otorgados reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad maicera, lo cual permite que nuevos emprendimientos sean entendidos de mejor manera 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 clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

IC: valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos colombianos)	Aptitud
IC > 0,018 > $ 10	A1
IC ≥ 0 e IC ≤ 0,018 ≥ $ 0,1 y ≤ $ 102	A2
Municipios sin historial crediticio en el periodo analizado	A3

Entre 2010 y 2014, el promedio anual de los créditos otorgados al sector maicero fue de $ 147 millones. Las cifras de créditos otorgados en este periodo de análisis oscilaron entre $ 0,1 millones y $ 5560,4 millones, promedio por municipio. Los departamentos de Valle del Cauca, Córdoba y Tolima agrupan los municipios que tuvieron los mayores promedios.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Minagricultura. (2015). *Tabla de créditos otorgados al sector maicero* (2010-2014).

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden al valor total anual, en millones de pesos, para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula el promedio anual del valor de los créditos otorgados en millones de pesos para el periodo 2010-2014, con base en los datos reportados por la fuente.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos.

El 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 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.

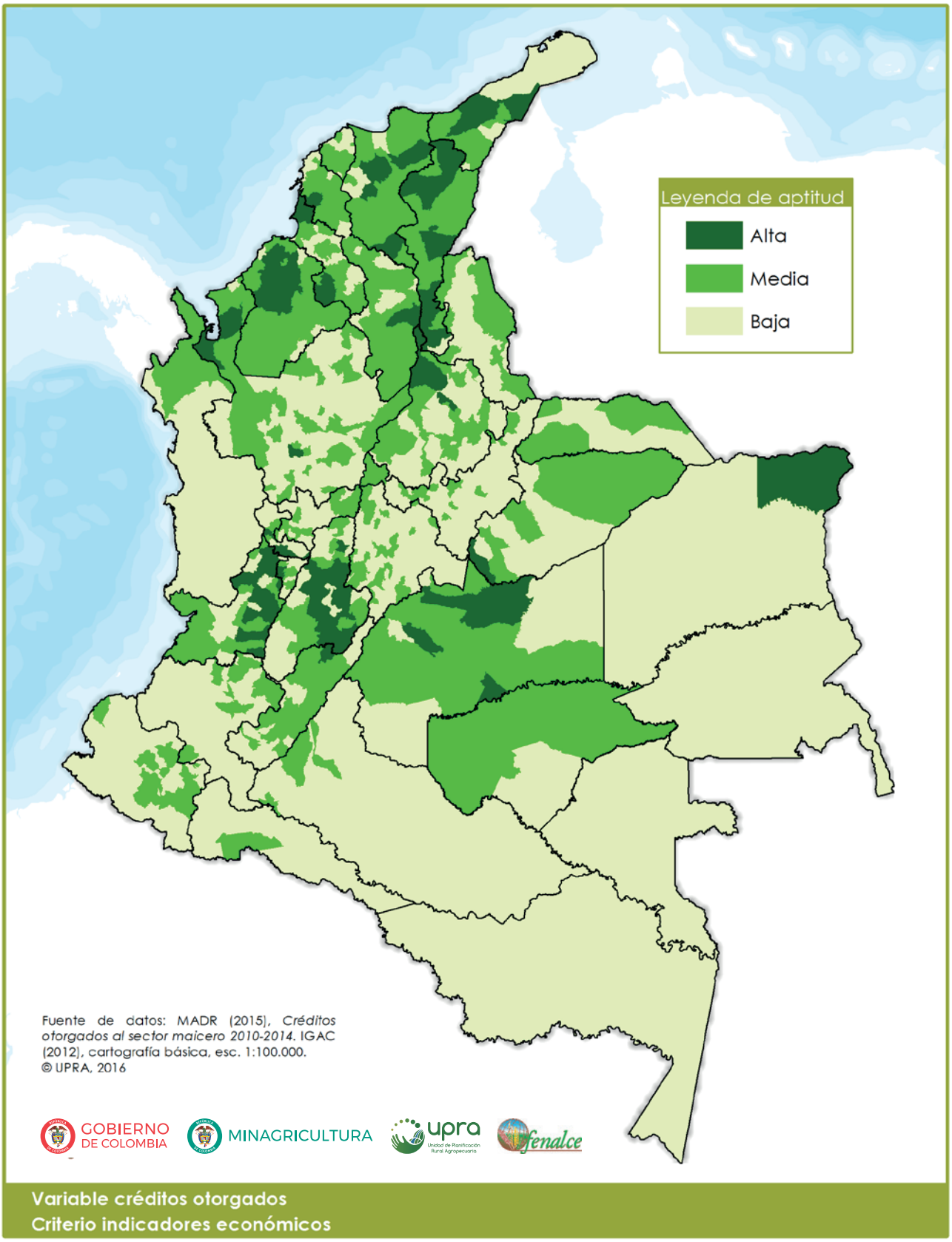
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen bajo la consideración de la dispersión de los datos de los valores de los créditos otorgados. Para analizar los datos, se elabora el histograma de distribución y se calculan los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2012). *Cartilla de política agropecuaria 2010-2014*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/capacitacion/Paginas/DocumentosPolitica/CARTILLA-DE-POL%C3%8DTICA-AGROPECUARIA-2010-%E2%80%93-2014.aspx>
- —. (2015a). *Tabla de créditos otorgados al sector maicero (2010-2014)*.

Representación cartográfica de la variable



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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: incentivo a la capitalización rural (ICR)	Unidad de medida: IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio	
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 maicero en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Además, favorece la competitividad de los productores de maíz, mediante el apoyo a la inversión en bienes de capital. El incentivo a las inversiones en infraestructura para la producción, transformación y comercialización del grano 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.

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 por beneficiario reflejan un mayor interés de los productores en el desarrollo del cultivo de maíz 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 sector maicero 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 clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

IC: valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos colombianos)	Aptitud
IC > 0,0287 > $ 20,21	A1
IC > 0 e IC ≤ 0,0287 ≥ $ 0,38 y ≤ $ 20,21	A2
Municipios sin historial de ICR	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Minagricultura. (2015). Tabla de incentivos a la capitalización rural otorgados al sector maicero (2010-2014).

2. Precisiones de la información.

Las cifras de 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 calcula el promedio anual por beneficiario del valor de los ICR otorgados para los años 2010–2014, con base en los datos reportados por la fuente.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos.

El 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 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 definen teniendo en cuenta la dispersión de los datos de ICR otorgados por beneficiario.

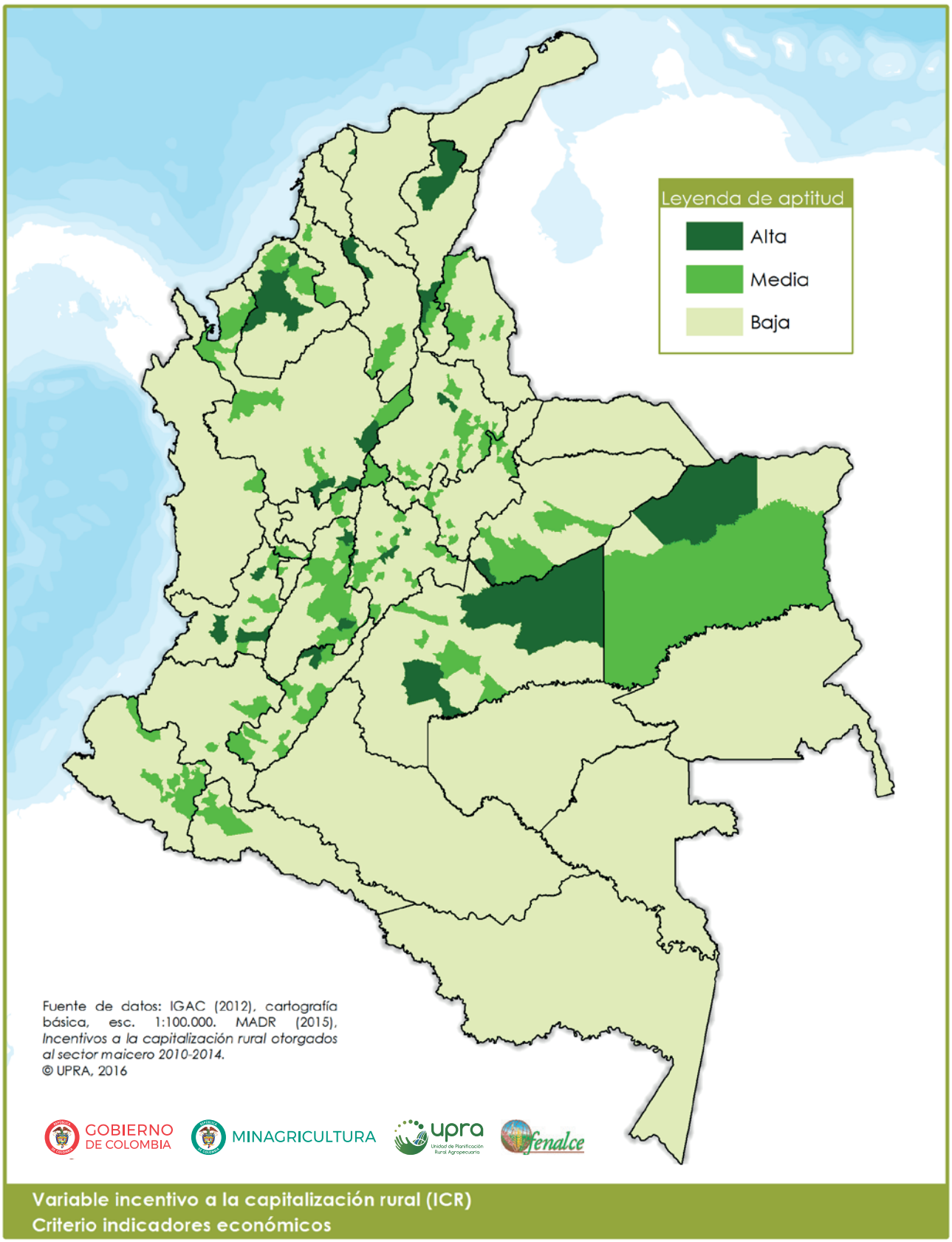
Para analizar los datos, se elabora el histograma de distribución y se calculan los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2012). *Cartilla de política agropecuaria 2010-2014*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/capacitacion/Paginas/DocumentosPolitica/CARTILLA-DE-POL%C3%8DTICA-AGROPECUARIA-2010-%E2%80%93-2014.aspx>
- —. (2015d). *Tabla de incentivos a la capitalización rural otorgados al sector maicero (2010-2014)*.

Representación cartográfica de la variable



Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)
Criterio indicadores económicos

3.2. CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA RURAL

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: precio de la tierra rural		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

Precio de la tierra rural municipal, cuya unidad de medida es el IC, calculado como el valor promedio del avalúo catastral de los predios rurales con destino económico agropecuario, por hectárea en el municipio a 2014.

Definición

Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. 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 ellos comprendidos (IGAC, 2011).

Importancia del criterio para el cultivo

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. 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 maicera.

Limitantes de la evaluación del criterio

La fuente de información no cuenta con datos para 84 municipios.

Valor de ponderación del criterio: 4,3 %

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.

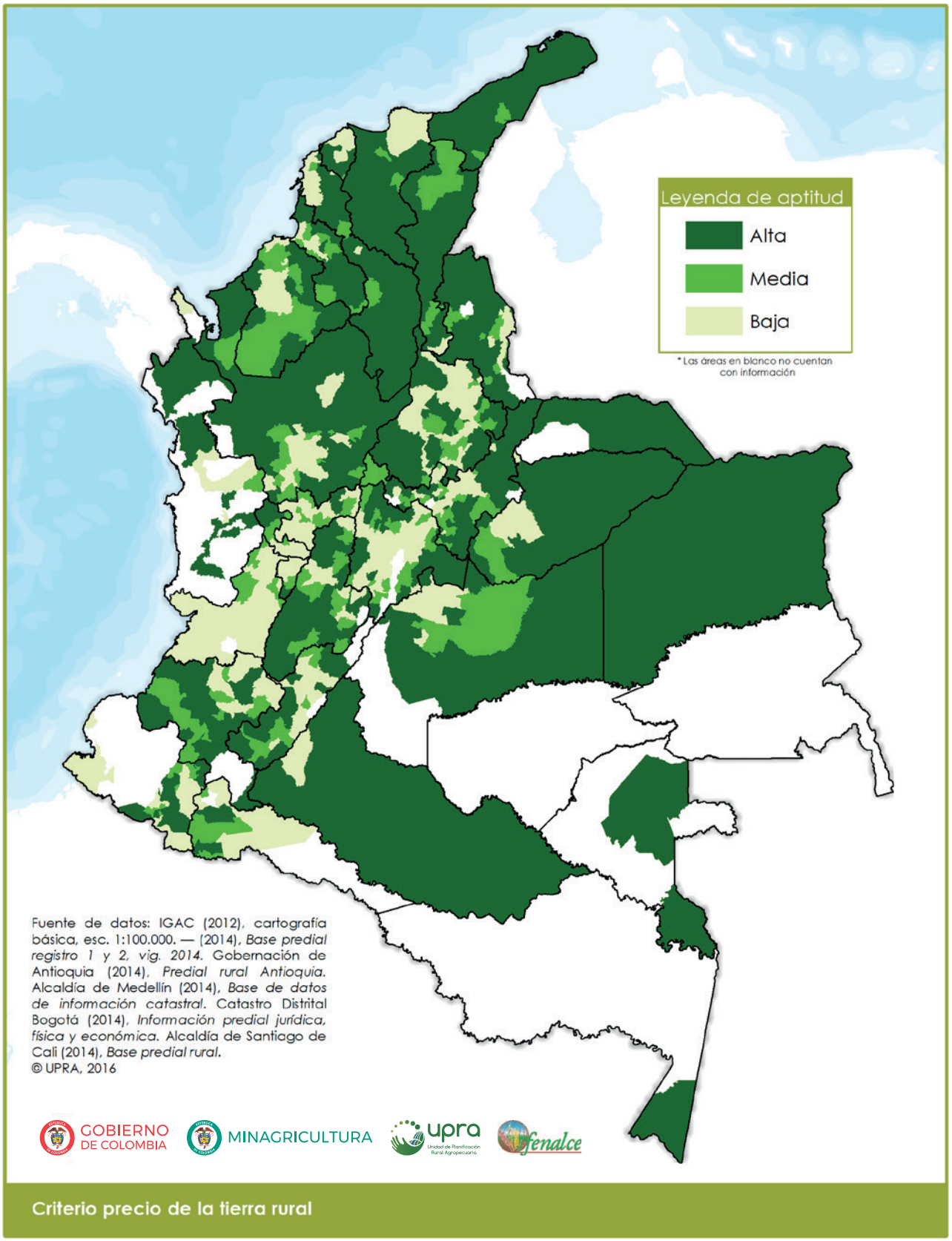
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Precio de la tierra rural municipal	IC, calculado como el valor promedio del avalúo catastral de los predios rurales con destino económico agropecuario, por hectárea en el municipio a 2014 (millones de pesos).	IC > 0,998608 < $ 3,5	IC > 0,997015 e IC ≤ 0,998608) ≥ $ 3,5 y ≤ $ 7,5	IC ≤ 0,997015 > $ 7,5

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- —. (2014a). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014). Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>
- Resolución 70 de 2011. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral. *Diario Oficial* 47.968, del 17 de febrero de 2011. Colombia. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41638>

Representación cartográfica del criterio



3.2.1. Variable precio de la tierra rural municipal

Ficha metodológica de la variable			
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido		
Componente: socioeconómico.			
Criterio asociado: precio de la tierra rural			
Variable: precio de la tierra rural municipal	Unidad de medida: IC, calculado como el valor 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

Medida que, a partir del avalúo catastral, calcula el avalúo promedio por hectárea para los predios rurales de un municipio.

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 ellos comprendidos (IGAC, 2011).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en los costos de producción, los cuales están directamente asociados a la competitividad del cultivo de maíz. 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 maicera.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

IC	Aptitud
Avalúo catastral promedio de los predios rurales con destino económico agropecuario por hectárea en el municipio, a 2014 (millones de pesos)	
IC > 0,998608	A1
< $ 3,5	
IC > 0,997015 e IC ≤ 0,998608	A2
≥ $ 3,5 - ≤ $ 7,5	
IC ≤ 0,997015	A3
>$ 7,5	

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.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- —. (2014). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014).

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 y, a partir de estos, se determinó el valor promedio por municipio.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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 definen bajo la premisa de que los precios comerciales por ha, para la categoría de aptitud alta (A1), son inferiores a $ 7.000.000; para la categoría de aptitud media (A2), valores entre $ 7.000.000 y $ 15.000.000; y para la categoría de aptitud baja (A3), mayores de $ 15.000.000.

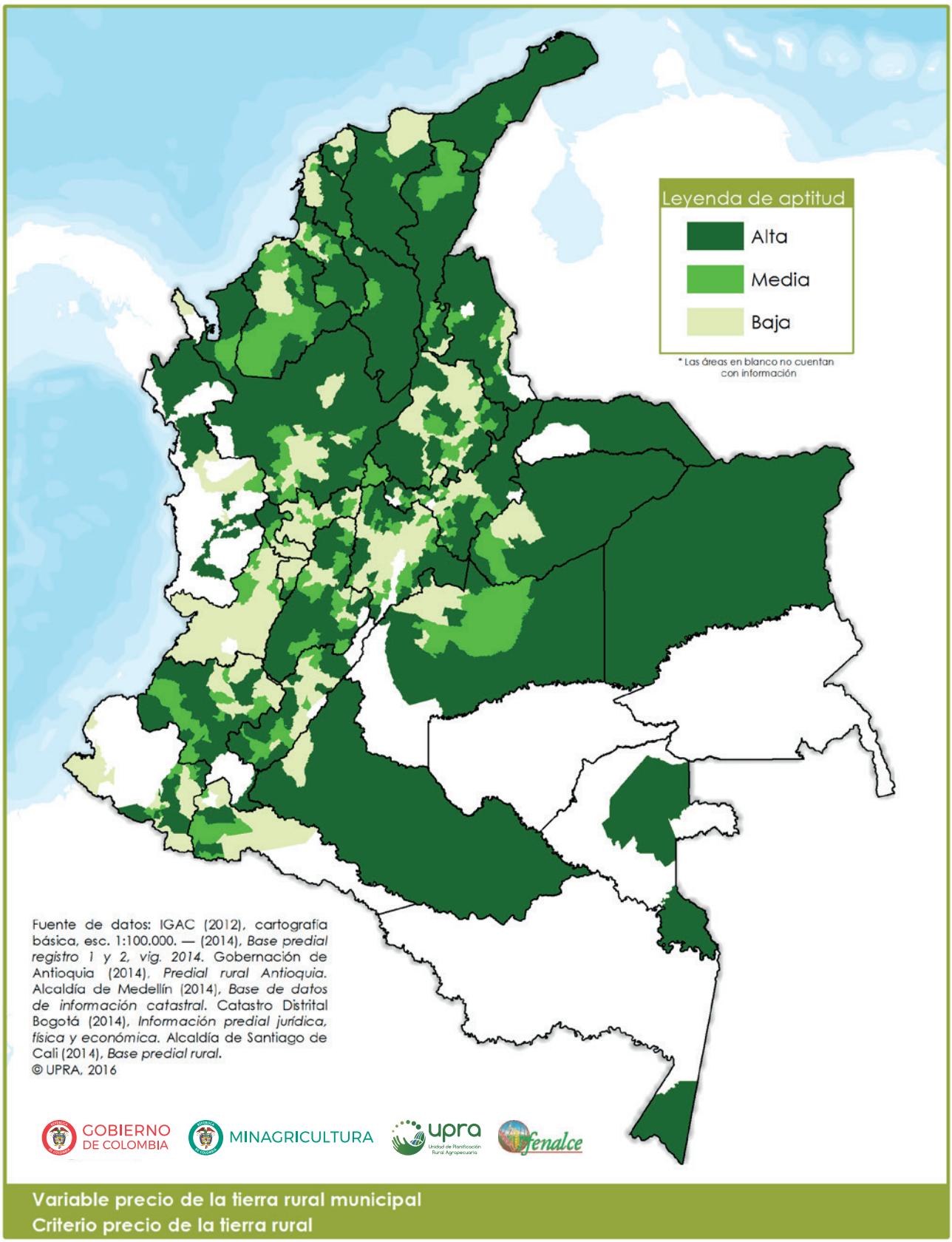
Para efectos de la zonificación, los rangos adoptados para la definición de las categorías de aptitud basados en el avalúo catastral se asimilan al 50 % de los valores comerciales antes mencionados.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- —. (2014a). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014). Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>
- Resolución 70 de 2011. Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral. *Diario Oficial* 47.968, del 17 de febrero de 2011. Colombia. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41638>

Representación cartográfica de la variable



Variable precio de la tierra rural municipal
Criterio precio de la tierra rural

3.3. CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
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, cuya unidad de medida es el tamaño tipo, definido según el rango de tamaño predominante.

Definición

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y 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, asignada a partir de la relación existente entre el número de predios por rango de tamaño y la proporción del área que estos ocupan respecto al área total de los predios objeto del análisis.

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.

Los tamaños mayores de predios favorecen las economías de escala, en consecuencia, los municipios en donde el tamaño tipo de los predios rurales es mayor se consideran más competitivos.

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.

Valor de ponderación del criterio: 1,8 %

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.

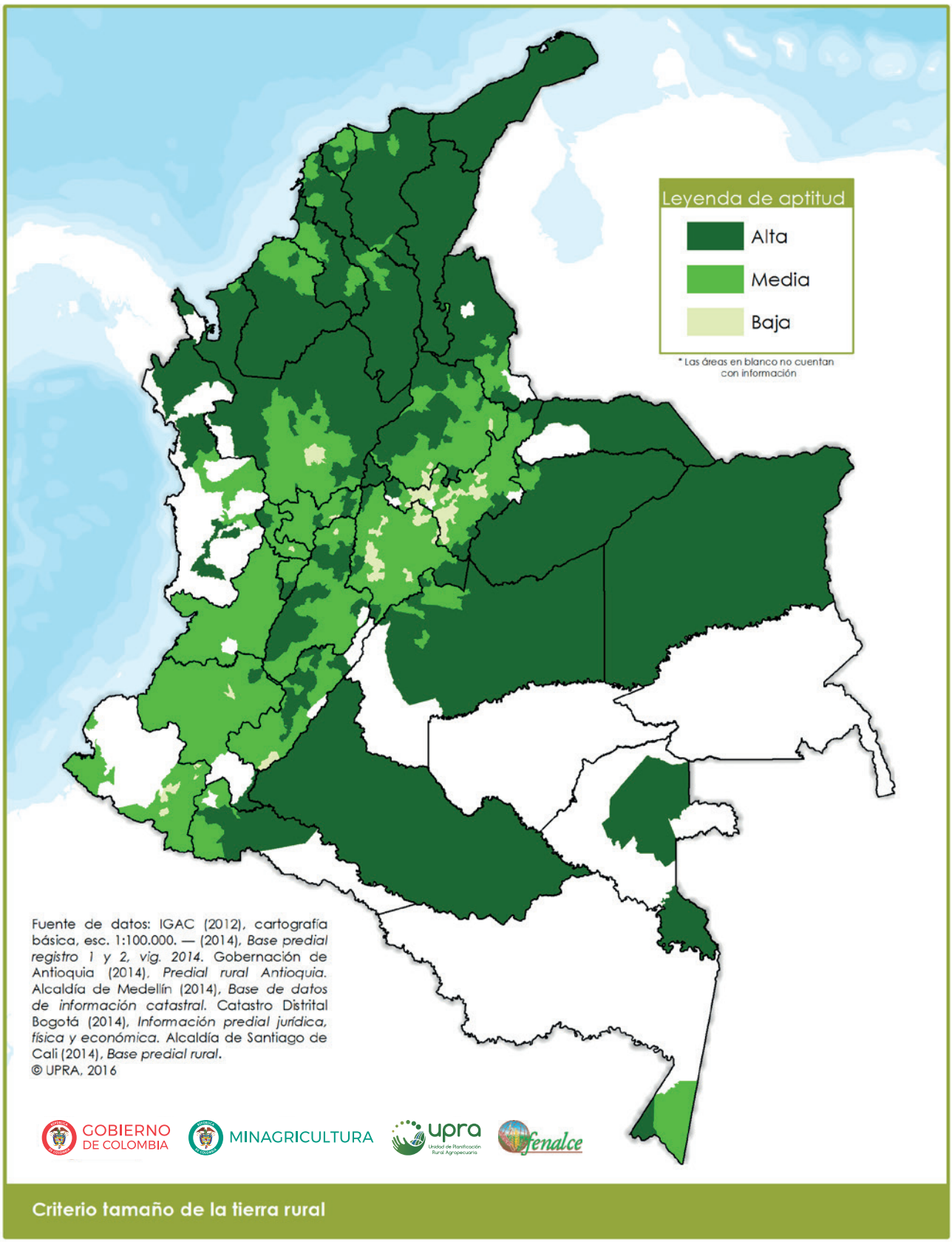
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Tamaño tipo de los predios rurales	Tamaño tipo definido según el rango de tamaño predominante	> 10 ha	≥ 3 ha - ≤ 10 ha	< 3 ha

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- —. (2014a). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014). Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>

Representación cartográfica del criterio



3.3.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: tamaño de la tierra rural		
Variable: tamaño tipo de los predios rurales	Unidad de medida: ha	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Área de terreno predial que predomina en un municipio; se expresa con base en el número y el área ocupada por los predios en el municipio.

Importancia de la variable 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.

Los tamaños mayores de predios favorecen las economías de escala; en consecuencia, los municipios en donde el tamaño tipo de los predios rurales es mayor, se consideran más competitivos para el establecimiento del cultivo comercial de maíz tecnificado.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasifican de acuerdo con el grado de aptitud competitiva, así:

Tamaño tipo, definido según el rango de tamaño predominante (ha)	Aptitud
> 10	A1
≥ 3 - ≤ 10	A2
< 3	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.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- —. (2014). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014). Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>

2. Precisiones de la información.

Para la definición del tamaño tipo de los predios rurales por municipio, se tienen en cuenta únicamente los predios con destino económico agropecuario, los cuales representan el 81,89 % de la base total prediada de 2014 y el 90,29 % del área total registrada en el catastro.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Los puntos de corte, para las categorías de aptitud, se definen con base en el análisis de las medidas de tendencia central de las áreas sembradas con maíz por productor. Adicionalmente, se consideran los tamaños de unidades productivas consultados con el gremio maicero.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

El tamaño tipo de cada municipio se define a partir de la identificación del rango de tamaño con mayor proporción de predios y la mayor área ocupada por estos, los cuales se valoran y agrupan así:

Subvariable	Valoración de la subvariable		
	3 puntos	2 puntos	1 punto
Número de predios por rango	Municipios donde la mayor proporción de predios está en el rango de tamaño > 10 ha.	Municipios donde la mayor proporción de predios está en el rango entre 3 ha y 10 ha.	Municipios donde la mayor proporción de predios está en el rango < 3 ha.
Área ocupada por los predios del rango	Municipios donde la mayor proporción de área está en el rango de tamaño > 10 ha.	Municipios donde la mayor proporción de área está en el rango entre 3 ha y 10 ha.	Municipios donde la mayor proporción de área está en el rango < 3 ha.

El tamaño predominante del municipio se define con base en la suma de las subvariables, de la siguiente manera:

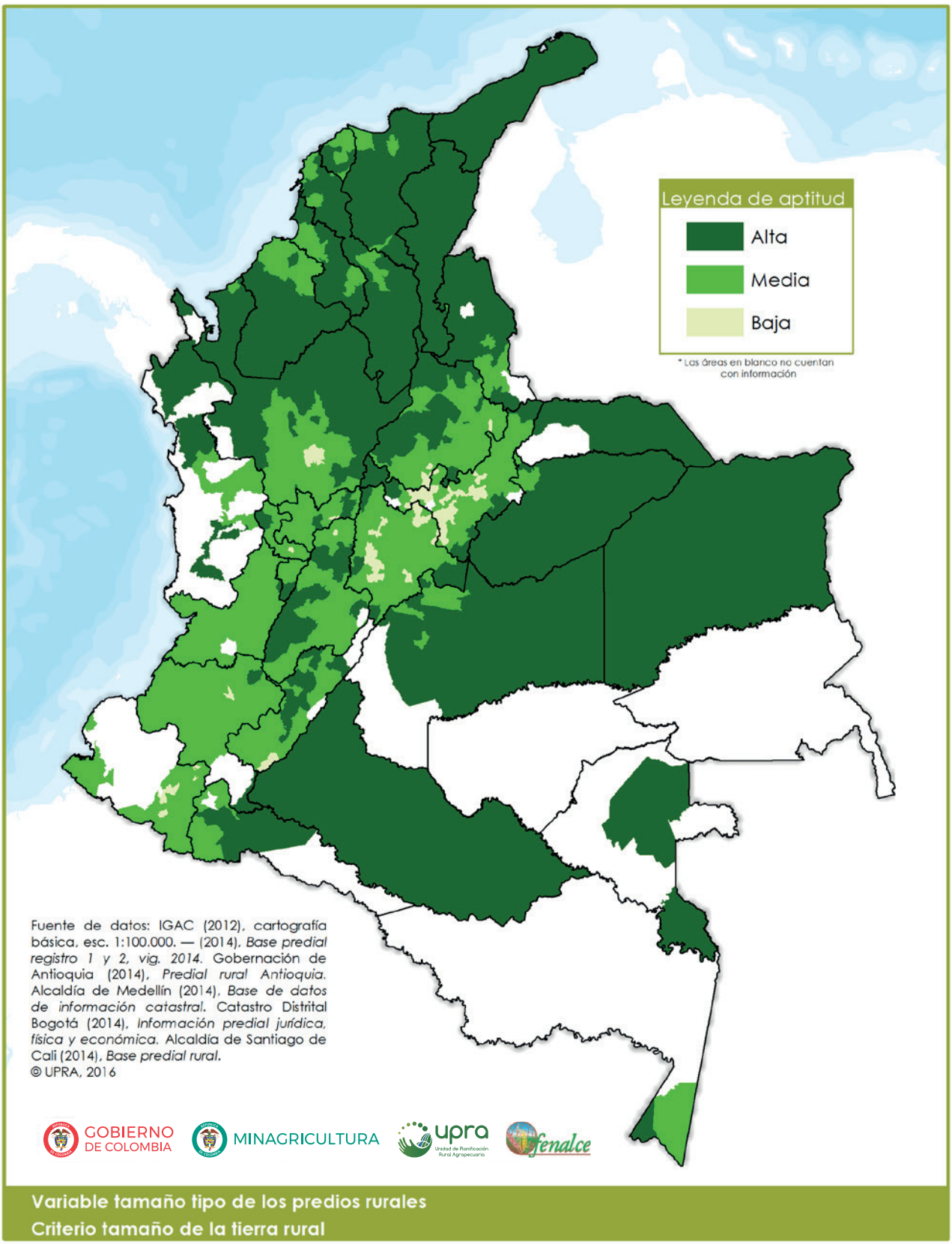
Variable	Categorías de aptitud competitiva		
	A1	A2	A3
Rango de tamaño predominante	Municipios donde la suma es igual a 6.	Municipios donde la suma es 4 o 5.	Municipios donde la suma es 2.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- —. (2014a). *Bases de datos catastrales: cobertura nacional* (registros 1 y 2, vigencia 2014). Recuperado de <http://datos.igac.gov.co/pages/catastro>

Representación cartográfica de la variable



Variable tamaño tipo de los predios rurales
Criterio tamaño de la tierra rural

3.4. CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: infraestructura y logística		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Accesibilidad a centros de servicios, expresada como tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano.
- Cercanía a puertos marítimos, expresada como tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano.
- Cercanía a puertos fluviales, expresada como tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano.
- Existencia de cultivos, expresada como IC, calculado con base en el promedio anual 2010-2014 de hectáreas sembradas de maíz en el municipio.
- Interconexión eléctrica, expresada como (IC), índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE).
- Presencia de entidades bancarias, expresada como número de entidades bancarias en el municipio.
- Distritos de adecuación de tierras, expresados como presencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en el municipio.
- Cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA), calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la planta de transformación de alimentos balanceados para animales más cercana.

Definición

Posibilita el intercambio comercial de bienes y servicios del aparato productivo, y facilita la interacción entre las unidades económicas y sociales.

Importancia del criterio para el cultivo

Indica a los agentes económicos las condiciones de movilidad, el acceso a centros de servicios, potencial de operaciones de comercio exterior, la facilidad para realizar transacciones financieras, la existencia de cultivos de maíz, la disponibilidad de energía eléctrica y la presencia de plantas de transformación de alimentos balanceados para animales, que pueden limitar o promover la competitividad de la cadena en la interacción con los mercados tanto nacionales como 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.

Limitantes de la evaluación del criterio

La selección de los centros de servicios se realiza con base en las proyecciones de la población, realizadas por el DANE para 2014, estimadas a partir del censo de 2005.

En cuanto a la presencia de entidades bancarias, no se incorporan compañías de financiamiento, cooperativas y demás entidades financieras distintas a los bancos —que ayudan también a agilizar los movimientos financieros y que ofrecen servicios de crédito— porque no en todos los municipios del país hay presencia de dichas organizaciones.

Para la variable existencia de cultivos, la fuente de información usada contiene municipios sin registro de área sembrada. Bajo el principio de precaución, estos se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo de esta actividad agrícola. La información fuente no obedece a un censo de cultivos de maíz sembrados por municipio.

Para la interconexión eléctrica, la estimación del número de viviendas se realiza mediante el índice de habitantes por vivienda, con base en la proyección de la población realizada por el DANE para 2013, estimada a partir del censo del año 2005.

En relación con los distritos de adecuación de tierras, la serie de datos analizada presenta información actualizada hasta 2007; existe la posibilidad de presentar diferencias respecto a la actualidad, en cuanto a la existencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en los municipios. La clasificación por escala (grande, mediana y pequeña) obedece a la categorización propia de la fuente. No obstante, la base de datos no incluye la información completa de las áreas regadas o beneficiadas para todos los distritos registrados.

Por su parte, la cercanía a puertos marítimos resta competitividad al cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en razón a las posibilidades de ingreso del grano por estos sitios; a mayor cercanía del puerto, menor competitividad para las áreas de maíz nacional.

Valor de ponderación del criterio: 9,2 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la sumatoria de las variables que lo componen, las cuales califican los municipios según categorías de aptitud competitiva: alta (A1), moderada (A2) y baja (A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión, se procede a sumar los valores asignados a las categorías de aptitud. Se asigna la siguiente participación a las variables en la construcción del criterio: para accesibilidad a centros de servicios, cercanía a puertos marítimos, cercanía a puertos fluviales, interconexión eléctrica, presencia de entidades bancarias y distritos de adecuación de tierras, el peso correspondiente a cada una es del 10 %; para existencia de cultivos y cercanía a plantas de transformación de ABA, el peso es de 20 % cada una.

Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, como se presentan en la siguiente tabla:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Infraestructura y logística	Municipios con sumatoria de aptitud entre 12 y 15.	Municipios con sumatoria de aptitud entre 9 y 11.	Municipios con sumatoria de aptitud entre 5 y 8.

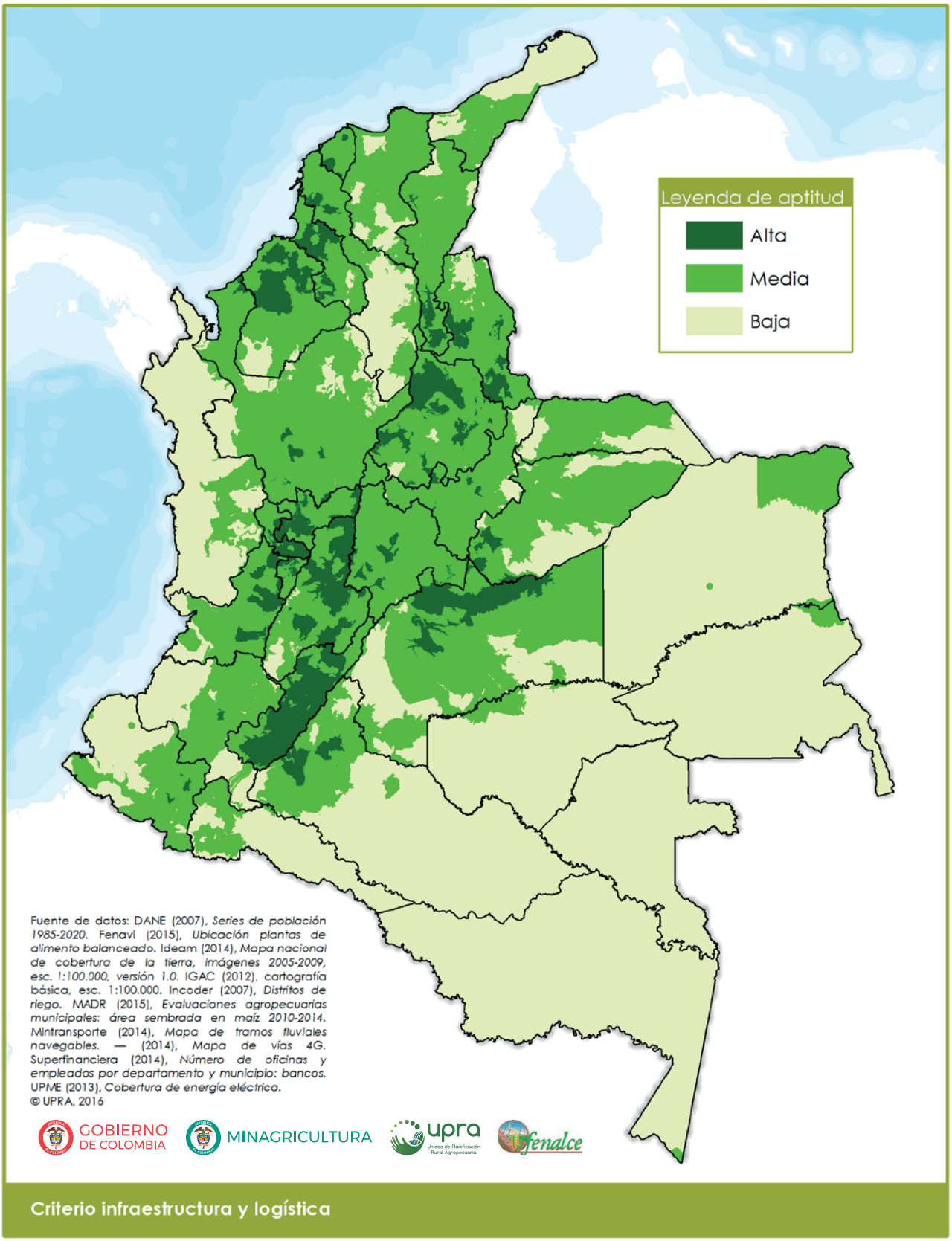
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Rangos de aptitud		
		A1	A2	A3
Accesibilidad a centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas
Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano.	> 8 horas	> 4 horas - ≤ 8 horas	≤ 4 horas
Cercanía puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas
Existencia de cultivos	Índice de competitividad (IC).	IC > 0,135	IC ≤ 0,135	Municipios sin información.
	Promedio anual 2010-2014 de hectáreas sembradas de maíz en el municipio.	> 1000 ha	≤ 1000 ha	
Interconexión eléctrica	IC e índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE).	IC ≥ 0,900	IC ≥ 0,800 y < 0,900	IC < 0,800
		≥ 90 %	≥ 80 % - < 90 %	< 80 %
Presencia de entidades bancarias	Número de entidades bancarias en el municipio.	> 3	≥ 1 - ≤ 3	Sin entidad bancaria
Distritos de adecuación de tierras	Presencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en el municipio.	Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala grande o mediana	Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala pequeña	Sin registro de presencia de distritos de adecuación de tierras
Cercanía plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA)	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la planta de transformación de ABA más cercana.	≤ 3 horas	> 3 horas - ≤ 6 horas	> 6 horas

Fuentes de información

- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/series-de-poblacion>
- Fenavi. (2015). *Plantas de transformación de ABA.*
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Incoder. (2007). *Ubicación de los distritos de riego a 2007* [capa].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2015a). *Área sembrada en maíz tecnificado 2007-2014, con base en las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA)*. Recuperado del sitio web de Agronet: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Ma%C3%ADz%20Tecnificado.pdf>
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G.*
- —. (2014a). *Información portuaria* [capas].
- SIEL. (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013*. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>
- Superfinanciera. (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio: bancos*. Bogotá: Superintendencia Financiera de Colombia. Recuperado de: <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10084297>.
- UPME. (2012). *Metodología para la estimación del índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE)*. Recuperado de <http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Anexo3_MetodologiaCalculoCoberturaEE_2012.pdf>

Representación cartográfica del criterio



3.4.1. Variable accesibilidad a centros de servicios

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: accesibilidad a centros de servicios	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano	
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 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 servicios.

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 un cultivo, al facilitar la movilidad del 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 la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los centros de servicios: A1 (alta), A2 (media) y A3 (baja); así:

Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano.	Aptitud
≤ 3 horas	A1
> 3 horas - ≤ 6 horas	A2
> 6 horas	A3

Se identificaron 246 centros de servicios. La región andina muestra mayor aptitud competitiva, mientras que las regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen menor aptitud. Los centros de servicios más importantes del país son Bogotá, Medellín y Cali.

Limitantes de la evaluación de la variable

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el 2014, estimadas a partir del Censo Nacional de Población de 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020.*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas que emplea 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. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Aunque se define que para la zonificación los centros de servicios están ubicados en los municipios con población mayor a 30.000 habitantes, se incluyen 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.

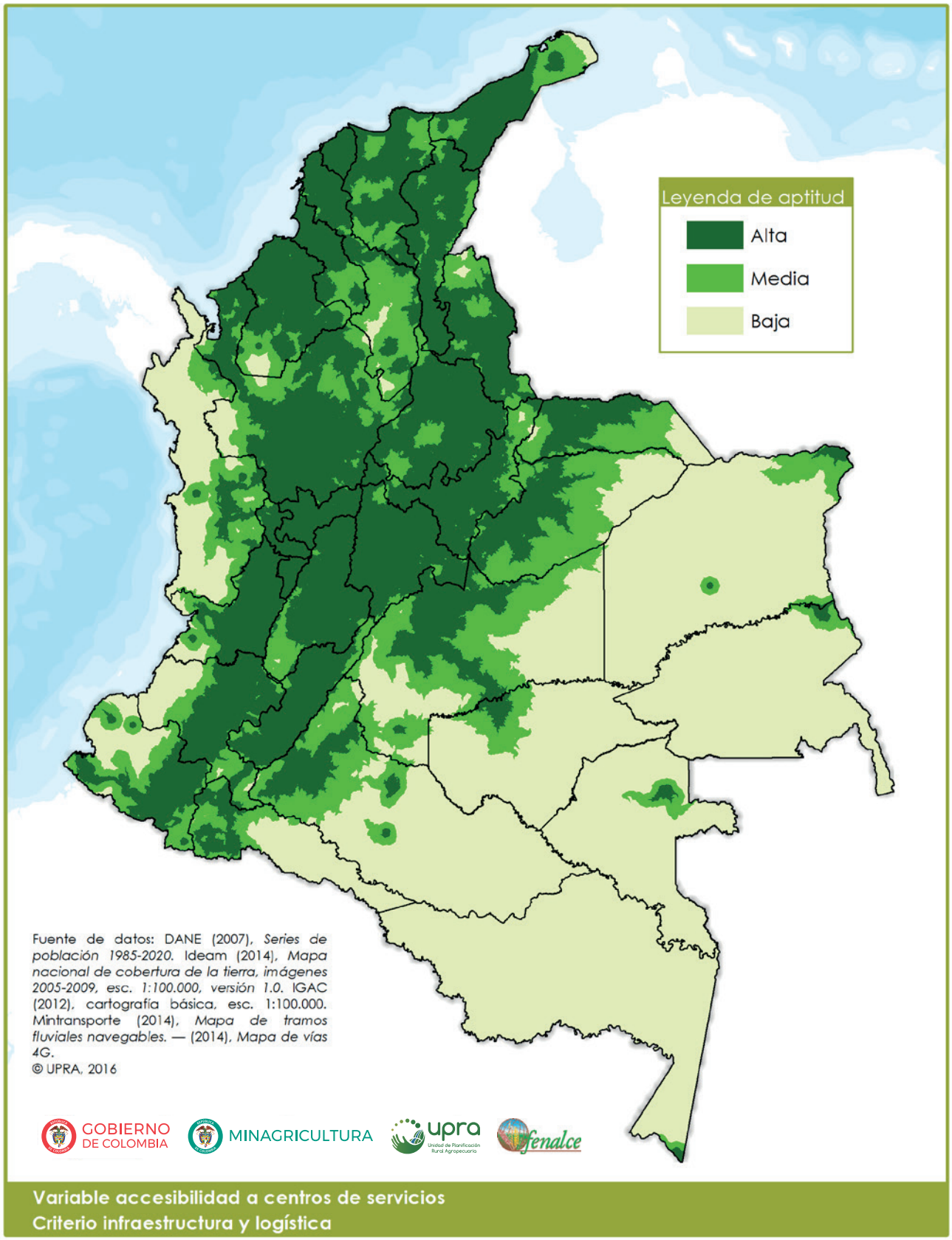
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los centros de servicios. La ubicación de los centros de servicios a menos de tres horas implica que se requiere de menos de medio día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Para los centros de servicios a más de tres y menos de seis horas se requiere de hasta un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Si están a más de seis horas, se necesita de más de un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen.

Unidad de análisis	Isócronas.

Fuentes de información

- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020.* Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/series-de-poblacion>
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G.*

Representación cartográfica de la variable



Variable accesibilidad a centros de servicios
Criterio infraestructura y logística

3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a puertos marítimos	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia los puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional.

Para el caso del maíz, buena parte del grano consumido en Colombia es importado; por consiguiente, las zonas cercanas a los puertos implican unos costos de fletes menores y, por ende, menor aptitud.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos marítimos. Cuanta más distancia haya entre la zona que siembra o la cosecha maíz y un puerto marítimo, mayor será la aptitud, dados los mayores costos que implica llevar el maíz importado, lo que se traduce en mayor competitividad para el maíz producido en el país.

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 que impacten la competitividad de la cadena.

Sintetiza las oportunidades de interacción de los municipios con los puertos marítimos. Los sitios más cercanos a los puertos marítimos tendrán menor aptitud competitiva porque el maíz importado tendrá un menor costo de importación.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los puertos marítimos:

Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano.	Aptitud
> 8 horas	A1
Entre 4 horas y 8 horas	A2
< 4 horas	A3

La región Caribe muestra la menor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira, en tanto que regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen mayor grado de aptitud competitiva frente a su cercanía a los puertos marítimos y el maíz importado vía marítima.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional.*
- Mintransporte. (2014). *Información portuaria.*

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas que emplea 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. 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.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los puertos marítimos. Los puertos marítimos a más de ocho horas implican la necesidad de disponer de más de un día para desplazamiento para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Para aquellos ubicados a más de cuatro y menos de ocho horas, se debe disponer de hasta un día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Los puertos marítimos a menos de cuatro horas implican que se disponga de hasta medio día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional.

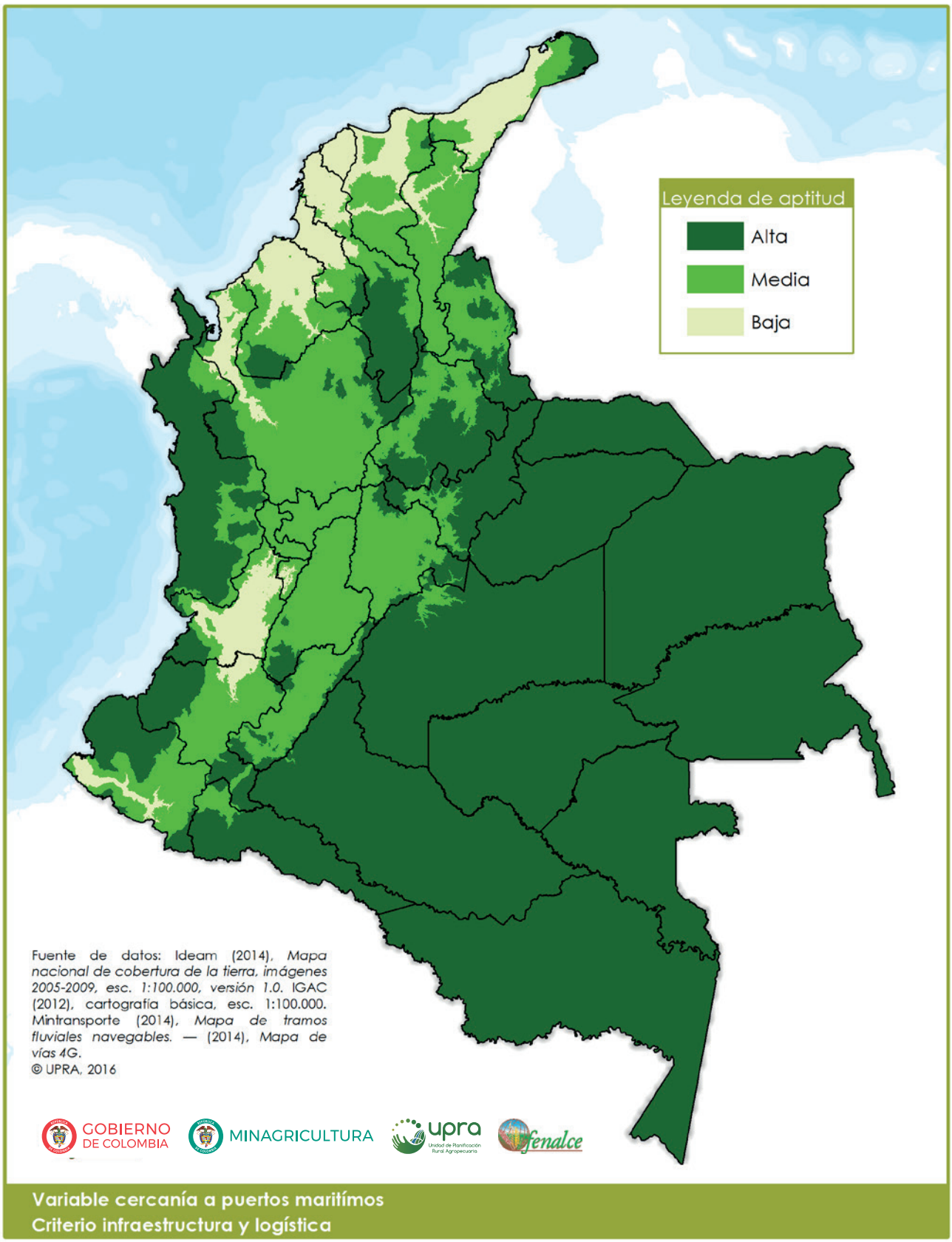
Cuanto mayor sea el tiempo de desplazamiento a los puertos marítimos, mayor será el costo del maíz importado, lo que implica que existe una mayor aptitud competitiva de un maíz nacional que se produce en un sitio más alejado a un puerto marítimo, donde llega el maíz importado.

Unidad de análisis	Isócronas por municipios.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales y navegables y mapa de vías 4G.*
- —. (2014a). *Información portuaria* [capas].

Representación cartográfica de la variable



3.4.3. Variable cercanía a puertos fluviales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a puertos fluviales	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Facilidad con la que se puede alcanzar un puerto fluvial desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos fluviales.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de un cultivo frente a las alternativas de movilidad y acceso, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios como para la comercialización. Un municipio que cuente con puertos fluviales es más competitivo, dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre, que puede incidir positivamente en disminución de costos de transporte de carga.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los puertos fluviales, así:

Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano.	Aptitud
≤ 3 horas	A1
> 3 horas - ≤ 6 horas	A2
> 6 horas	A3

Las regiones andina y Caribe muestran la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los tramos navegables del río Magdalena.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional.*
- Mintransporte. (2014). *Información portuaria.*

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas que emplea 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. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La localización de los puertos fluviales 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.

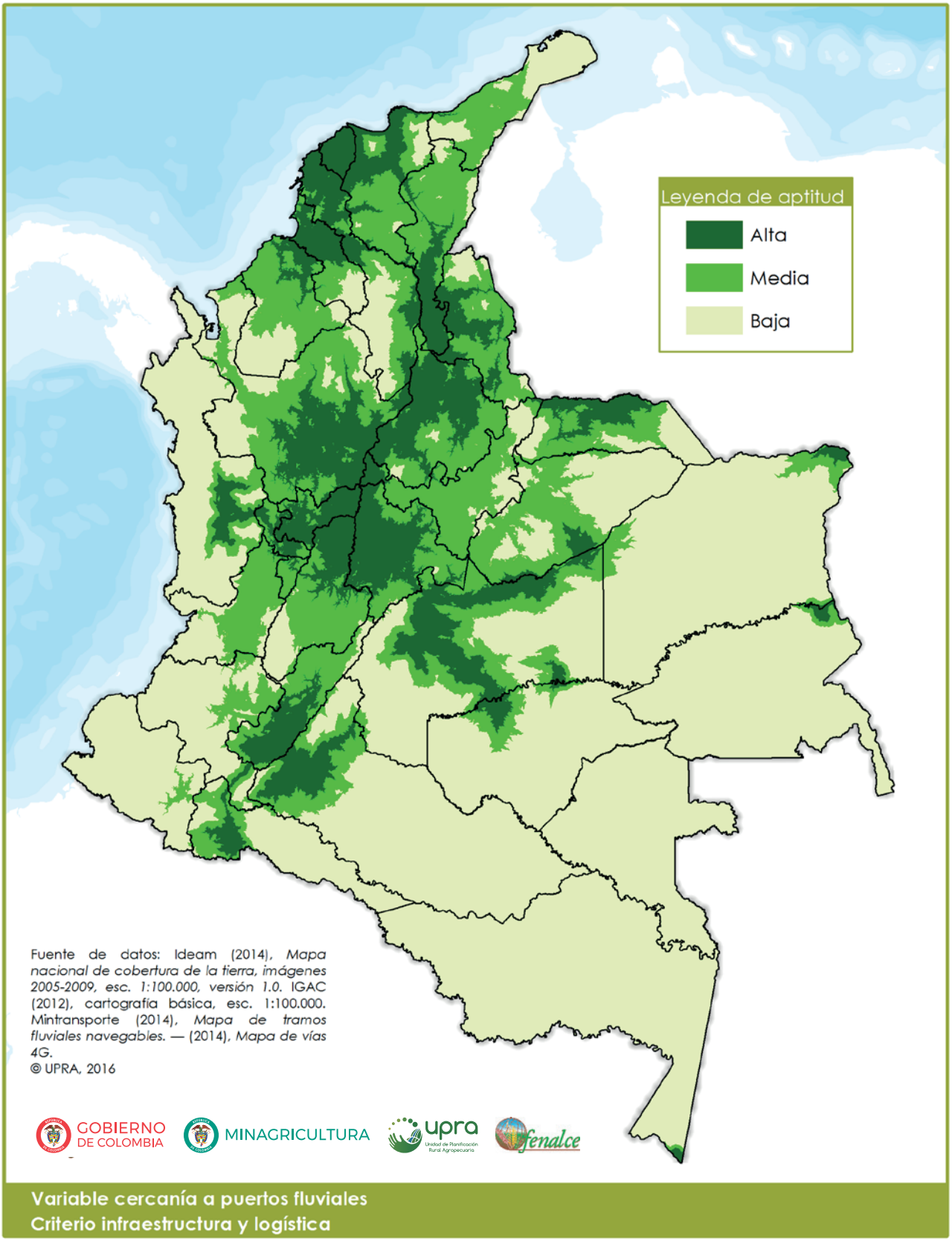
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los puertos fluviales. La ubicación de puertos fluviales a menos de tres horas implica que se requiere de menos de medio día para desplazarse a ellos como medio de entrada para emplear la red fluvial. Si están a más de tres y menos de seis horas, esto implica que se requiere de hasta un día para desplazarse a ellos y emplear la red fluvial de transporte. Si se ubican a más de seis horas, esto implica que se requiere de más de un día para desplazarse a ellos y emplear la red fluvial de transporte.

Unidad de análisis	Isócronas.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales y navegables y mapa de vías 4G.*
- —. (2014a). *Información portuaria* [capas].

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam (2014), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000, versión 1.0.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte (2014), *Mapa de tramos fluviales navegables.* — (2014), *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Variable cercanía a puertos fluviales
Criterio infraestructura y logística

3.4.4. Variable existencia de cultivos

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: existencia de cultivos	Unidad de medida: IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2014 de hectáreas sembradas en maíz tecnificado en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Área sembrada en cultivos comerciales de maíz tecnificado de clima cálido.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la presencia de núcleos de producción de maíz tecnificado, en donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena. Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la presencia de núcleos de producción de maíz tecnificado, en donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena.

Existe una relación directa entre la superficie sembrada con maíz y la aptitud competitiva del municipio: aquellos donde se registra mayor área sembrada de maíz tecnificado se consideran más competitivos, porque ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad maicera. Así mismo, los municipios con cultivos de maíz tecnificado se relacionan con una mayor oferta de mano de obra para el desarrollo de labores culturales y una mejor oferta de servicios relacionados con la cadena de producción.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Índice de competitividad (IC)	Aptitud
Promedio anual 2010-2014 de hectáreas sembradas de maíz en el municipio	
IC > 0,135	A1
> 1000 ha	
IC ≤ 0,135	A2
≤ 1000 ha	
Municipios sin información.	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada existen municipios sin registro de área sembrada. Bajo el principio de precaución, estos se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican 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 cultivos de maíz tecnificado sembrados por municipio.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Minagricultura. (2015). *Área sembrada en maíz tecnificado 2007-2014, con base en las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA).*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

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 toman los valores promedio anual 20092014 de áreas sembradas con maíz tecnificado.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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.

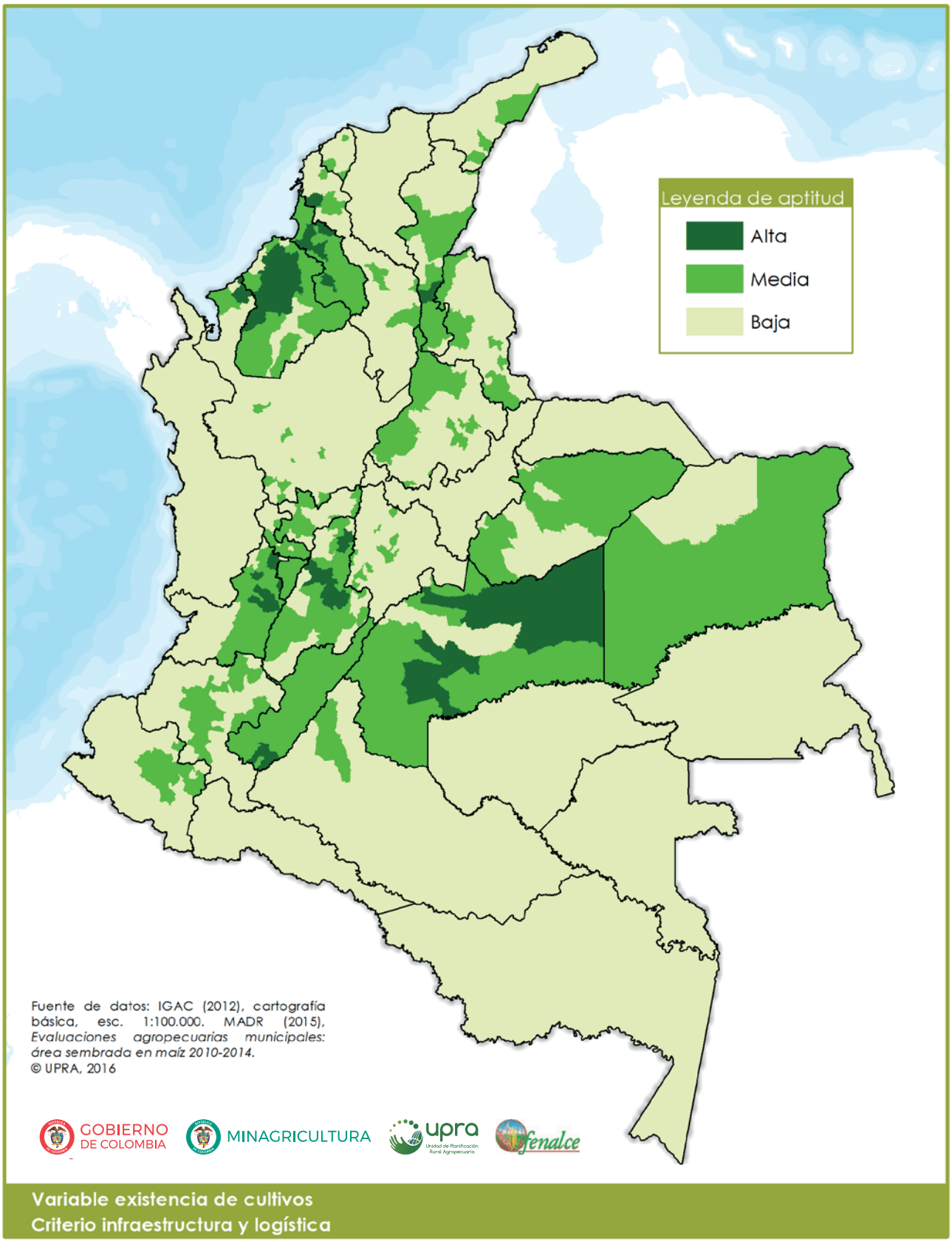
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión del área sembrada. Para analizar los datos, se elabora el histograma de distribución y se calculan los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minagricultura. (2015a). *Área sembrada en maíz tecnificado 2007-2014, con base en las evaluaciones agropecuarias municipales (EVA*). Recuperado del sitio web de Agronet: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Ma%C3%ADz%20Tecnificado.pdf>

Representación cartográfica de la variable



3.4.5. Variable interconexión eléctrica

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: interconexión eléctrica	Unidad de medida: IC, calculado con base en el índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: plantas y equipos de generación, red de interconexión, redes regionales e interregionales de transmisión, redes de distribución y cargas eléctricas de los usuarios (artículo 11, Ley 143 de 1994).

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2012), precisa las siguientes definiciones:

ICEE: relación entre los usuarios de energía eléctrica y las viviendas.

Usuario del servicio de energía eléctrica: persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta o como receptor directo del servicio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a las condiciones del municipio para acceder y utilizar maquinaria, equipos, tecnologías de información y comunicación en los procesos operativos, y los asociados con la administración del cultivo, que requieren energía eléctrica. La posibilidad de uso de la energía eléctrica contribuye a una mayor productividad y competitividad.

Existe una relación directa entre el nivel de interconexión eléctrica y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios donde se registran altos niveles de interconexión eléctrica están asociados con un mayor desarrollo comercial e industrial, lo cual constituye una ventaja competitiva, ya que el productor puede aprovechar, de manera más eficiente, la infraestructura para desplegar una logística más apropiada en el desarrollo la cadena productiva maicera.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC	Aptitud
Índice de cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio.	
IC ≥ 0,900	A1
≥ 90 %	
IC > 0,800 y < 0,900	A2
≥ 80 % - < 90 %	
IC < 0,800	A3
< 80 %	

En consideración a los estadígrafos de la variable, se establece que el promedio de ICEE para los 1122 municipios en 2013 era de 90,7 %, con una mediana de 96,8 %. La región andina registra los mayores ICEE, mientras que regiones como la Amazonia y la Orinoquia presentan la menor cobertura del servicio de energía eléctrica.

Limitantes de la evaluación de la variable

La estimación del número de viviendas se realiza mediante el índice de habitantes por vivienda, con base en la proyección de la población realizada por el DANE para 2013, estimada a partir del censo del 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- SIEL. (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013*. Cifras de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

2. Precisiones de la información.

La UPME identifica tres ICEE para cada municipio: ICEE para cabecera municipal, ICEE resto e ICEE total. Este último se toma como referencia para el cálculo del índice de competitividad.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se excluyen cinco registros de la base de datos de la información fuente, que no correspondían a la clasificación de municipios del DANE: Belén de Bajirá, en Chocó; Acaricuara y Villa Fátima, en Vaupés; y Santa Rita y San José de Ocuné, en Vichada.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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. Clasifcación de los municipios por aptitud competitiva.

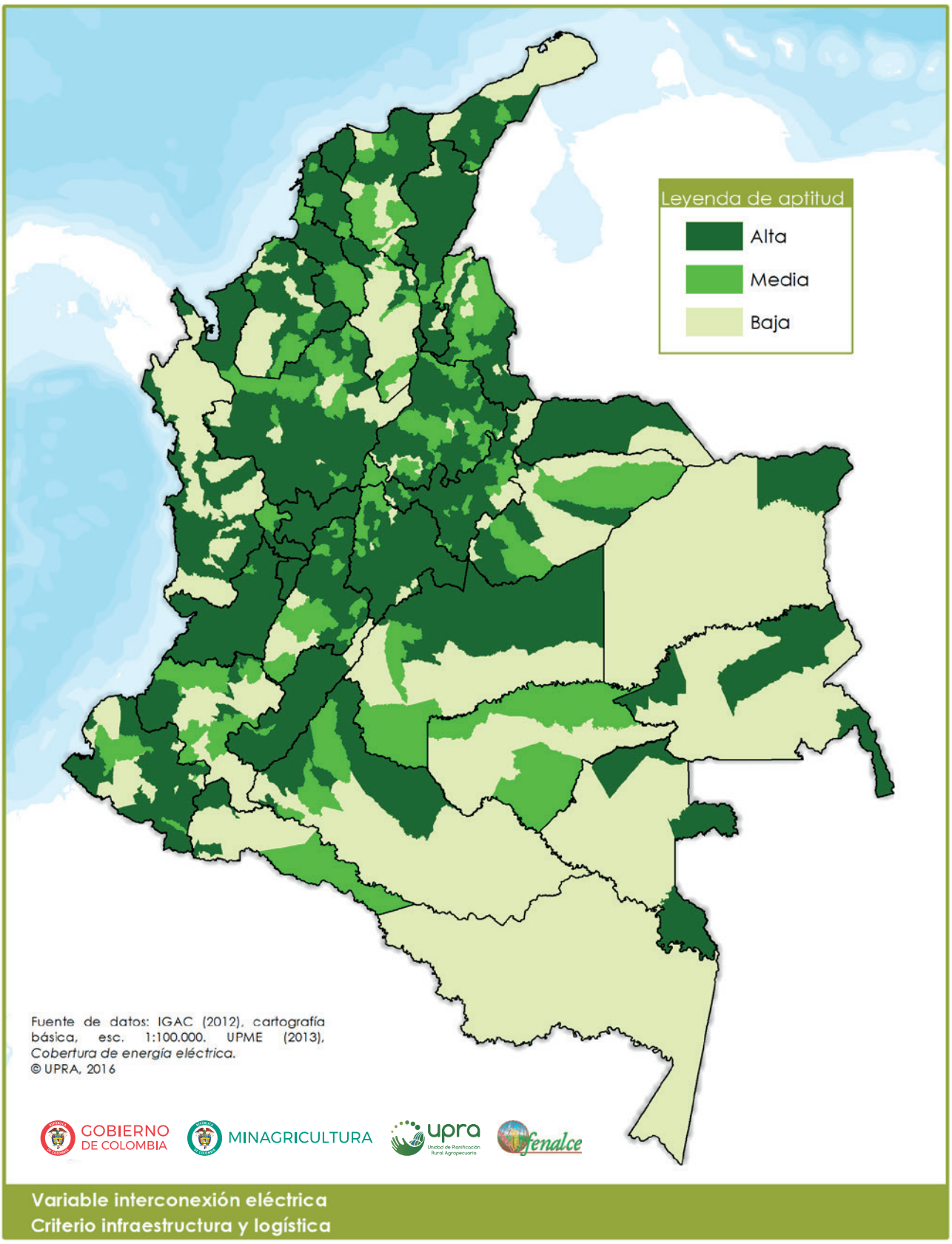
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión del ICEE. Para analizar los datos, se elabora el histograma de distribución y se calculan los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- SIEL. (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013*. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>
- UPME. (2012). *Metodología para la estimación del índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE)*. Recuperado de <http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Anexo3_MetodologiaCalculoCoberturaEE_2012.pdf>

Representación cartográfica de la variable



3.4.6. Variable presencia de entidades bancarias

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: presencia de entidades bancarias	Unidad de medida: número de entidades bancarias en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Existencia de establecimientos bancarios cuya función principal es la captación de recursos en cuenta corriente bancaria, así como también la captación de otros depósitos a la vista o a término, con el objeto primordial de realizar operaciones activas de crédito (artículo 2, numeral 2 del Decreto 663 de 1993).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a las condiciones del municipio para acceder y utilizar diferentes canales para realizar movimientos financieros, indispensables en los procesos productivos del cultivo de maíz tecnificado.

La probabilidad de contar con los servicios que ofrecen las entidades bancarias incide en la reducción de los costos de transacción y en el incremento de la seguridad en las transacciones, y facilita el acceso a recursos financieros propios o al crédito.

Existe una relación directa entre el número de entidades bancarias y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Número de entidades bancarias en el municipio	Aptitud
> 3	A1
≥ 1 - ≤ 3	A2
Sin entidad bancaria	A3

El número de entidades bancarias más alto es el de Bogotá, con 21, y en Cali y Barranquilla, con 20 cada ciudad. En 921 municipios del país existen menos de tres entidades bancarias, de los cuales, 632 tienen entre una y dos entidades, mientras que en 289 no hay registro de estos establecimientos.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se incorporan compañías de financiamiento, cooperativas y demás entidades financieras distintas a los bancos —que ayudan también a agilizar los movimientos financieros y que ofrecen servicios de crédito— porque no en todos los municipios del país hay presencia de dichas organizaciones.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Superfinanciera. (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio: bancos*.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización, se toma como referente el número de entidades bancarias existentes en el municipio.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

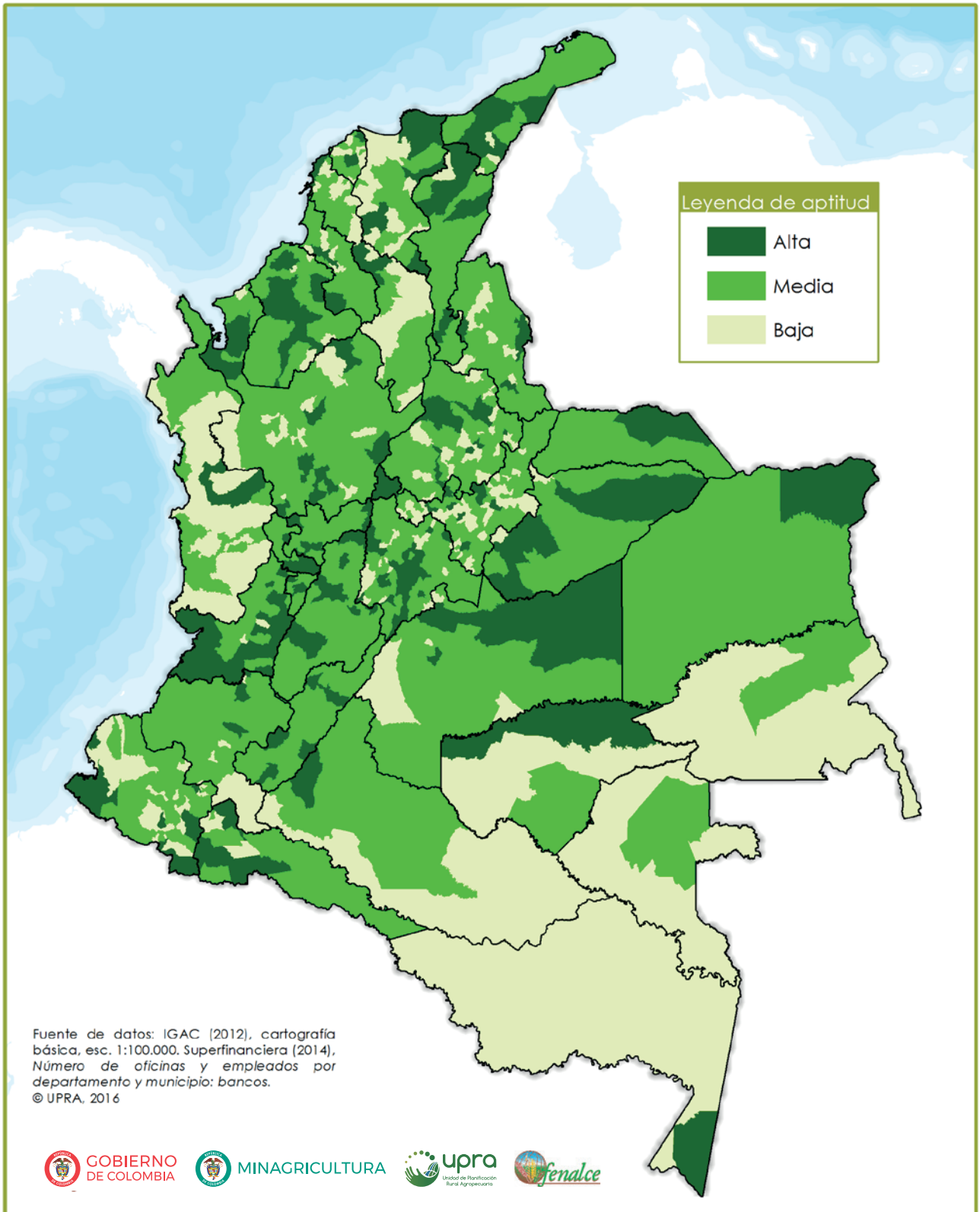
Los puntos de corte para establecer las categorías de aptitud se definen como con aptitud alta (A1), los municipios donde tienen presencia más de tres entidades bancarias, puesto que muestran una mayor capacidad para ofrecer recursos financieros requeridos por el sector para el cultivo; con aptitud media (A2), los municipios donde hay entre una y tres entidades bancarias, y con aptitud baja (A3), aquellos sin entidades bancarias.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- Decreto 663 de 1993. Por medio del cual se actualiza el Estatuto Orgánico del Sistema Financiero y se modifica su titulación y numeración. *Diario Oficial* 40.820, del 5 de abril de 1993. Colombia. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1348>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Superfinanciera. (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio: bancos*. Bogotá: Superintendencia Financiera de Colombia. Recuperado de: <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10084297>

Representación cartográfica de la variable



Variable presencia de entidades bancarias
Criterio infraestructura y logística

3.4.7. Variable distritos de adecuación de tierras

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: distritos de adecuación de tierras	Unidad de medida: presencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Delimitación del área de influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje o protección contra inundaciones para el desarrollo de actividades agropecuarias.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la toma de decisiones de los agentes económicos con respecto a la posibilidad de disponer de infraestructura que mejore las condiciones del uso eficiente del recurso hídrico.

Las condiciones mejoradas de suelos, el abastecimiento y el drenaje de agua impactan en los costos de producción y en la productividad del cultivo. Existe una relación directa entre la presencia de distritos de adecuación de tierras y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios con distritos de riego ofrecen alternativas para mitigar el riesgo de deficiencia de lluvias.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la presencia y el tamaño de los distritos de adecuación de tierras, así:

Presencia y escala de los distritos de adecuación de tierras en el municipio.	Aptitud
Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala grande o mediana	A1
Con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala pequeña	A2
Sin registro de presencia de distritos de adecuación de tierras	A3

De acuerdo con los registros sobre distritos de adecuación de tierras, para el 2007, se encuentran 512 distritos de adecuación de tierras (14 de escala grande, 9 de escala mediana y 489 de escala pequeña), distribuidos en 267 municipios de Colombia. De los 19 municipios clasificados con aptitud alta (A1), 4 de ellos se encuentran en el departamento del Tolima, 3 en Atlántico, 2 en Huila, 2 en Boyacá, 2 en Magdalena y 2 más en Norte de Santander, entre los más representativos.

Limitantes de la evaluación de la variable

La serie de datos analizada presenta información actualizada al año 2007; por lo que hay la posibilidad de presentar diferencias respecto a la situación actual de los distritos de adecuación de tierras en los municipios.

La clasificación por escala (grande, mediana y pequeña) obedece a la categorización propia de la fuente en función a un rango de área del distrito de riego, pero sin precisar el área de cada polígono. La base de datos no incluye la información completa de áreas regadas o beneficiadas para todos los distritos de adecuación de tierras registrados.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Incoder. (2007). *Ubicación de los distritos de riego a 2007*. Sistema de Información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial.

2. Precisiones de la información.

Para definir la aptitud competitiva de los municipios que presentan más de un distrito, se toma como referencia el distrito de adecuación de tierras de mayor tamaño en el municipio.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

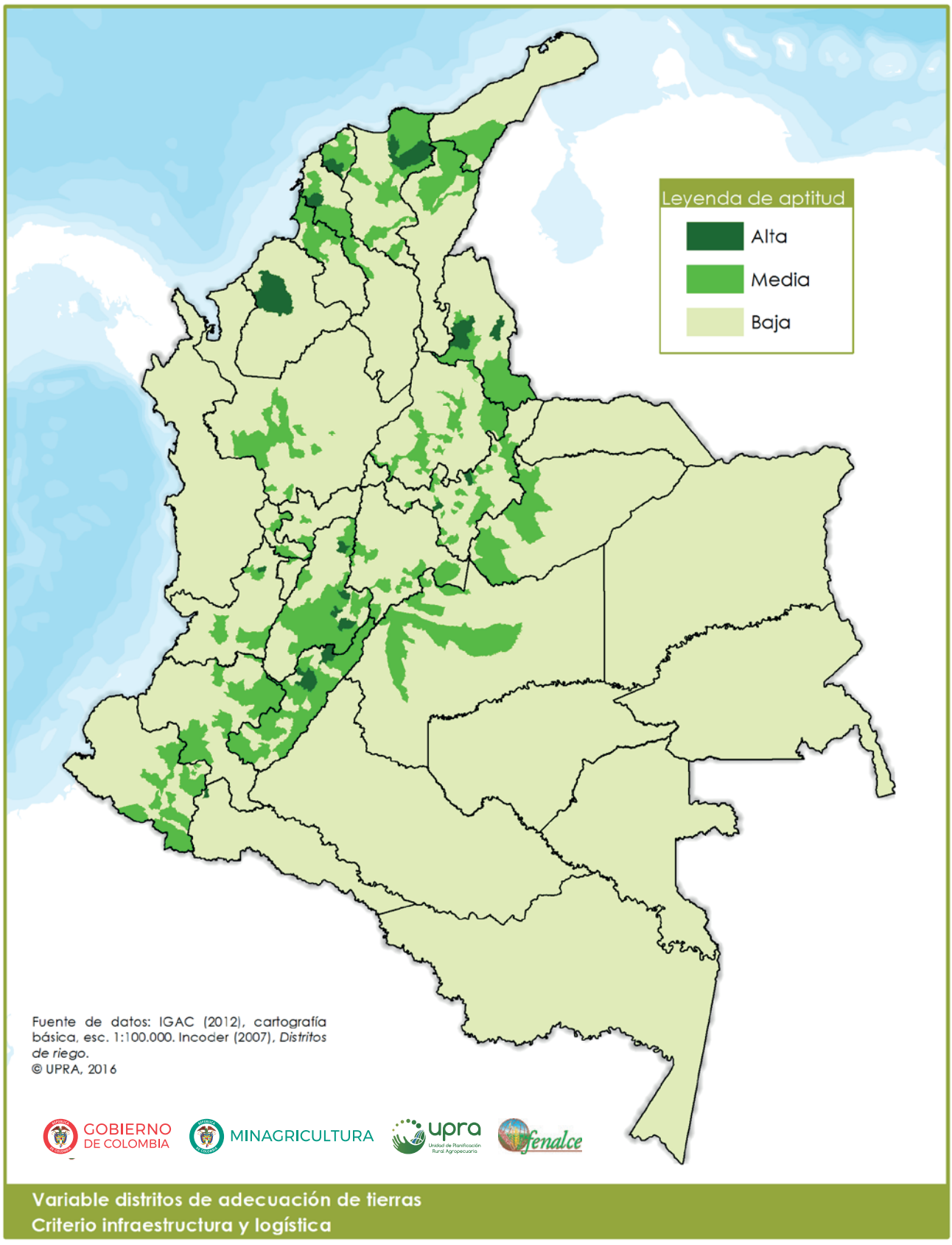
Se agrupa la escala de los distritos de riego en el municipio, así: aptitud alta (A1), municipios con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala grande o mediana; aptitud moderada (A2), municipios con presencia de distritos de adecuación de tierras de escala pequeña y aptitud baja (A3), municipios sin distritos de adecuación de tierras.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2007). *Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIG-OT)*. Recuperado de <www.sigotn.igac.gov.co>
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Incoder. (2007). *Ubicación de los distritos de riego a 2007* [capa].

Representación cartográfica de la variable



Variable distritos de adecuación de tierras
Criterio infraestructura y logística

3.4.8. Variable cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA)	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la planta de transformación ABA más cercana	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se pueden alcanzar las plantas de transformación de alimentos balanceados para animales (ABA), desde un punto del territorio donde se cultiva el maíz.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta las plantas de transformación de ABA.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la comercialización de la producción agrícola. Los municipios más cercanos a las plantas de transformación de ABA cuentan con mayores oportunidades y costos más competitivos para comercializar el maíz.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta la planta de transformación de ABA, así:

Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la planta de transformación de ABA más cercana.	Aptitud
≤ 3 horas	A1
> 3 horas - ≤ 6 horas	A2
> 6 horas	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1.100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional*.
- Fenavi. (2015). *Plantas de transformación de ABA*.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas que emplea 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.

La localización de las plantas de transformación de ABA 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.

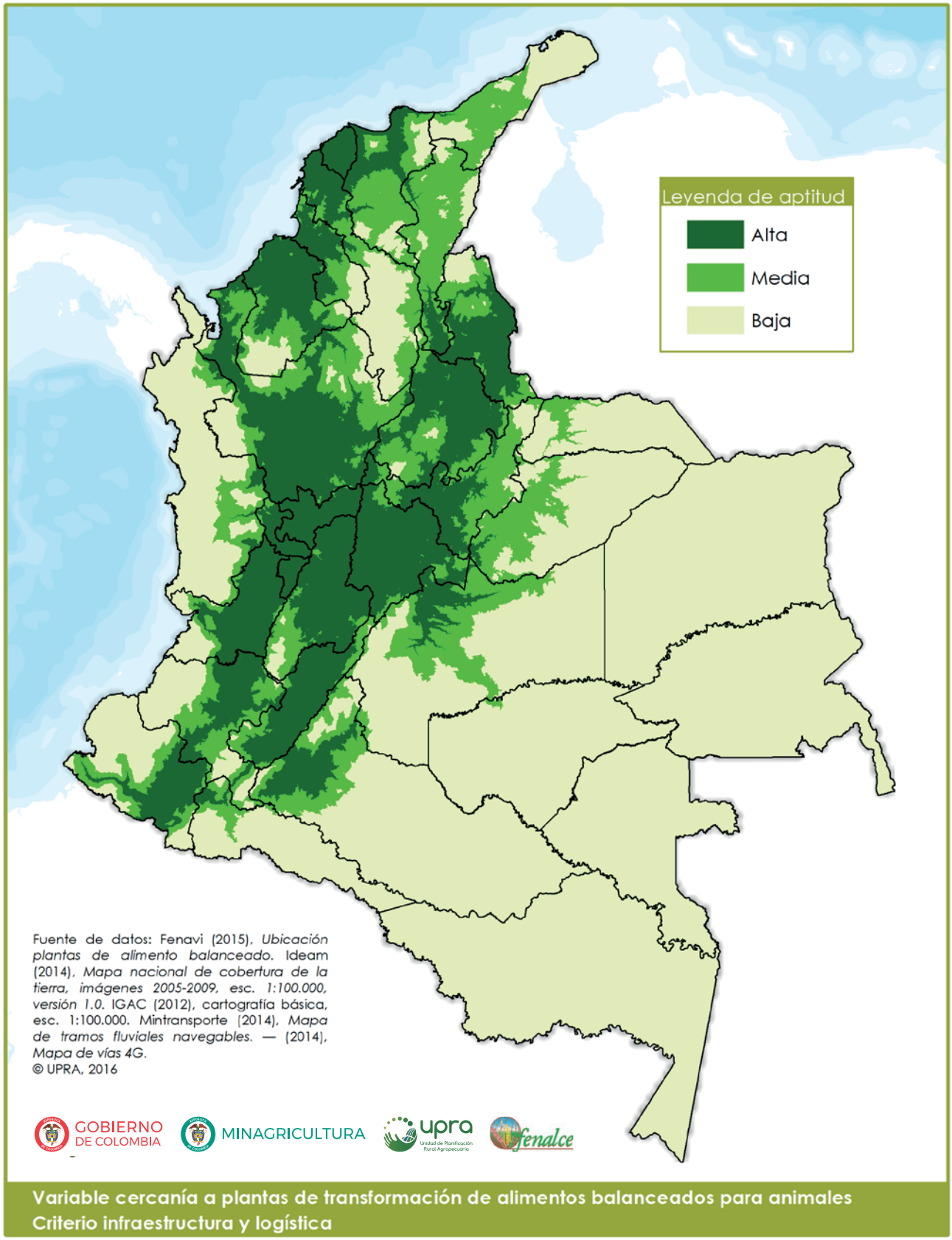
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen de acuerdo con los tiempos de desplazamiento hasta las plantas de transformación de ABA. Si estas están ubicadas a menos de tres horas, se requiere de menos de medio día para entregar la producción en la planta. Si están a más de tres y menos de seis horas, se requiere de hasta un día para entregar la producción en la planta. Aquellas ubicadas a más de seis horas, implican que se requiere de más de un día para entregar la producción en la planta.

Unidad de análisis	Isócronas.

Fuentes de información

- Fenavi. (2015). *Plantas de transformación de ABA*.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Fenavi (2015), *Ubicación plantas de alimento balanceado*. Ideam (2014), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000, versión 1.0*. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte (2014), *Mapa de tramos fluviales navegables*. — (2014), *Mapa de vías 4G*.
© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Variable cercanía a plantas de transformación de alimentos balanceados para animales
Criterio infraestructura y logística

3.5. CRITERIO MERCADO LABORAL

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: mercado laboral		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Cercanía a centros petroleros, expresada como tiempo de desplazamiento en horas calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro petrolero más cercano.
- Población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$), expresada como IC, calculado con base en rangos de población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$).
- Años promedios de escolaridad, expresados como IC, calculado con base en el número de años promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio.
- Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales, expresada como número de programas de formación académica en actividades del sector agrícola y forestal en el municipio.

Definición

Identifica condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del sector maicero en el municipio.

Importancia del criterio para el cultivo

Genera información sobre el potencial de la oferta laboral de un municipio en función de la disponibilidad de mano de obra, las habilidades para asimilación y transferencia de conocimientos, y las posibilidades de acceder a programas de formación académica para la capacitación de la fuerza laboral; elementos que hacen posible operar un sistema productivo y orientarlo a la productividad y la competitividad.

Permite a los agentes económicos proyectar y dimensionar la permanencia del capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, factores que determinan la competitividad de un cultivo en los ámbitos municipal y sectorial.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los algoritmos utilizados para la estimación de los tiempos de desplazamiento y la metodología de isócronas no incluyen los costos ni la frecuencia de los servicios de transporte, los cuales también inciden en la movilidad de la mano de obra en el municipio.

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.

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: 6,6 %

Metodología de evaluación

Las variables que comprende el criterio califican a los municipios según categorías de aptitud competitiva. Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Para el caso de maíz tecnificado de clima cálido, a las variables se les asigna la siguiente participación porcentual: cercanía a centros petroleros, 10 %; para población en edad de trabajar $PET_{20\text{-}64}$, años promedio de escolaridad, y oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales, cada una de ellas, un 30 %.

Los resultados de cada variable se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, donde los rangos se definen con base en un árbol de decisión.

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Mercado laboral	Municipios con sumatoria de aptitud mayor a 7.	Municipios con sumatoria de aptitud entre 6 y 7.	Municipios con sumatoria de aptitud menor a 6.

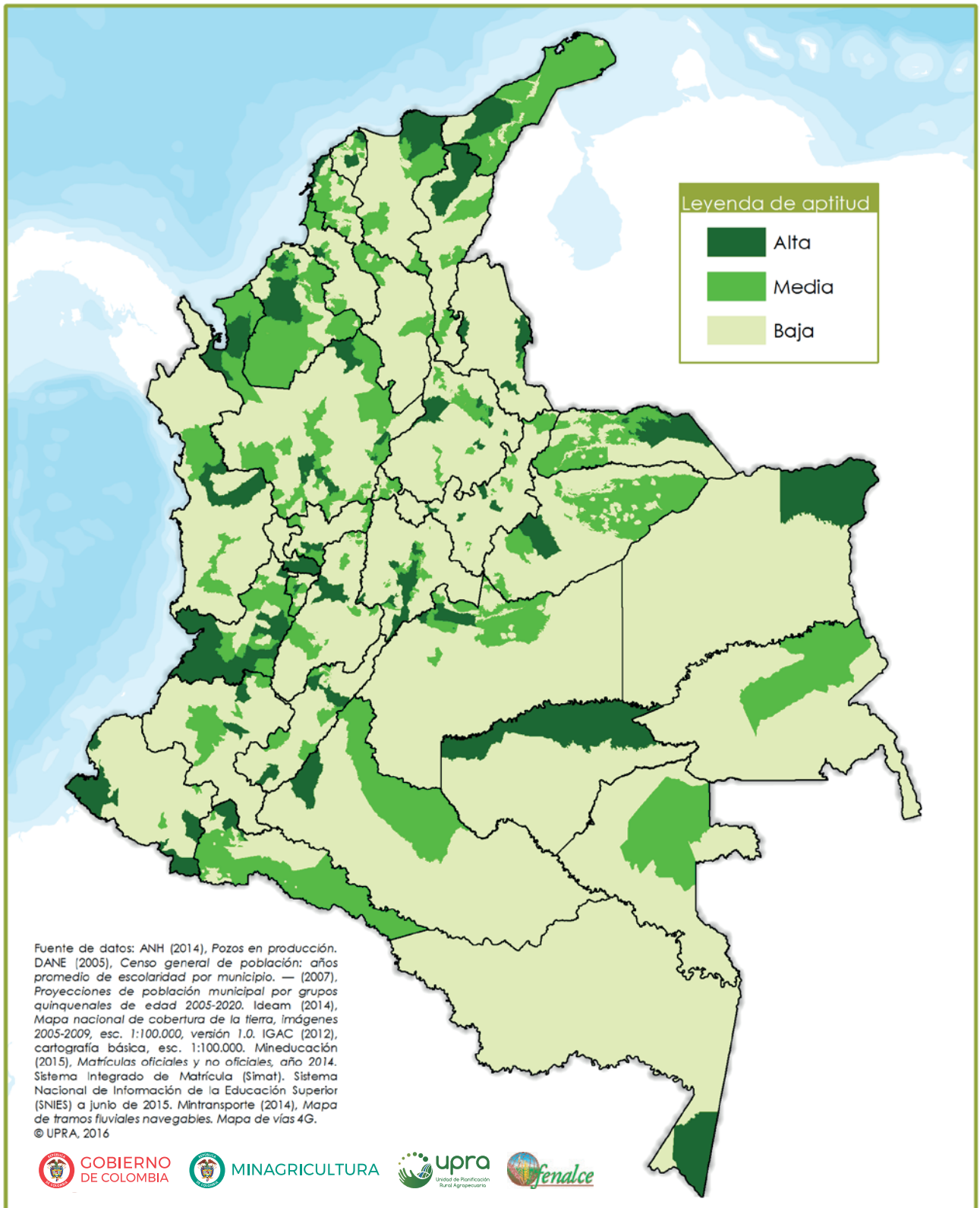
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Cercanía a centros petroleros	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro petrolero más cercano.	> 2	≥ 1 y ≤ 2	< 1
Población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$)	IC, calculado con base en rangos de población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$).	IC > 0,01015	IC > 0,00419 e IC ≤ 0,01015	IC ≤ 0,00419
		> 50.000 personas	≥ 20.000 - ≤ 50.000 personas	< 20.000 personas
Años promedio de escolaridad	IC, calculado con base en el número de años promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio.	IC > 0,6510	IC > 0,3835 e IC ≤ 0,6510	IC ≤ 0,3835
		> 8 años	≥ 6 años - ≤ 8 años	< 6 años
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales	Número de programas de formación académica en actividades del sector agrícola y forestal en el municipio.	4 o más	2 o 3	1 o menos

Fuentes de información

- ANH. (2014). *Áreas en producción y exploración.*
- DANE. (2005). *Censo general de población*. Bogotá: DANE. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- —. (2007b). *Proyecciones de población 2005-2020*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mineducación. (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014*. Bogotá: Mineducación.
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G.*

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: ANH (2014), *Pozos en producción.* 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 (2014), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000, versión 1.0.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Mineducación (2015), *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014.* Sistema Integrado de Matrícula (Simat). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015. Mintransporte (2014), *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Criterio mercado laboral

3.5.1. Variable población en edad de trabajar (PET_{20-64})

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: población en edad de trabajar (PET_{20-64})	Unidad de medida: IC, calculado con base en la población en edad de trabajar (PET_{20-64})	
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. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorporó como la población en capacidad de trabajar, en el rango entre 20 y 64 años de edad.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la disponibilidad de mano de obra para atender el desarrollo de las actividades propias del cultivo.

Existe una relación directa entre la población en edad de trabajar y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios con una mayor PET_{20-64} les muestran a los agentes económicos mejores opciones de mano de obra que podría ser aprovechada para el cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC	Aptitud
Población en edad de trabajar (PET_{20-64})	
IC > 0,01015	A1
> 50.000 personas	
IC > 0,00419 e IC ≤ 0,01015	A2
≥ 20.000 - ≤ 50.000 personas	
IC ≤ 0,00419	A3
< 20.000 personas	

La participación porcentual de la PET_{20-64}, respecto a la población total municipal en Colombia, oscila entre 36,42 % y 65,34 %, con una PET_{20-64} promedio de 52,30 % en el ámbito nacional.

En valores absolutos, las cifras de la PET_{20-64} de los municipios y áreas no municipalizadas del país varían desde 150 personas en La Guadalupe (Guainía) hasta los 4.758.551 habitantes en Bogotá y una cifra promedio del orden de los 24.000 habitantes en este grupo de edad.

Limitantes de la evaluación de la variable

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 estar pensionados por algún régimen especial.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- DANE. (2014). *Proyecciones de población 2005-2020*

2. Precisiones de la información.

La fuente para la estimación de la $PET_{20\text{-}64}$ son las proyecciones de población de mediano plazo (2005-2020). Para efectos de la zonificación, se consideró inicialmente, para mayor precisión, tener en cuenta la población rural mayor de edad entre 18 y 64 años. Sin embargo, debido a que la información de la PET está disponible únicamente por grupos quinquenales y para el conjunto municipal, se toman únicamente los rangos de población entre los 20 a 64 años.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para definir los rangos de aptitud, se toma la población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$) proyectada para el municipio a 2014.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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.

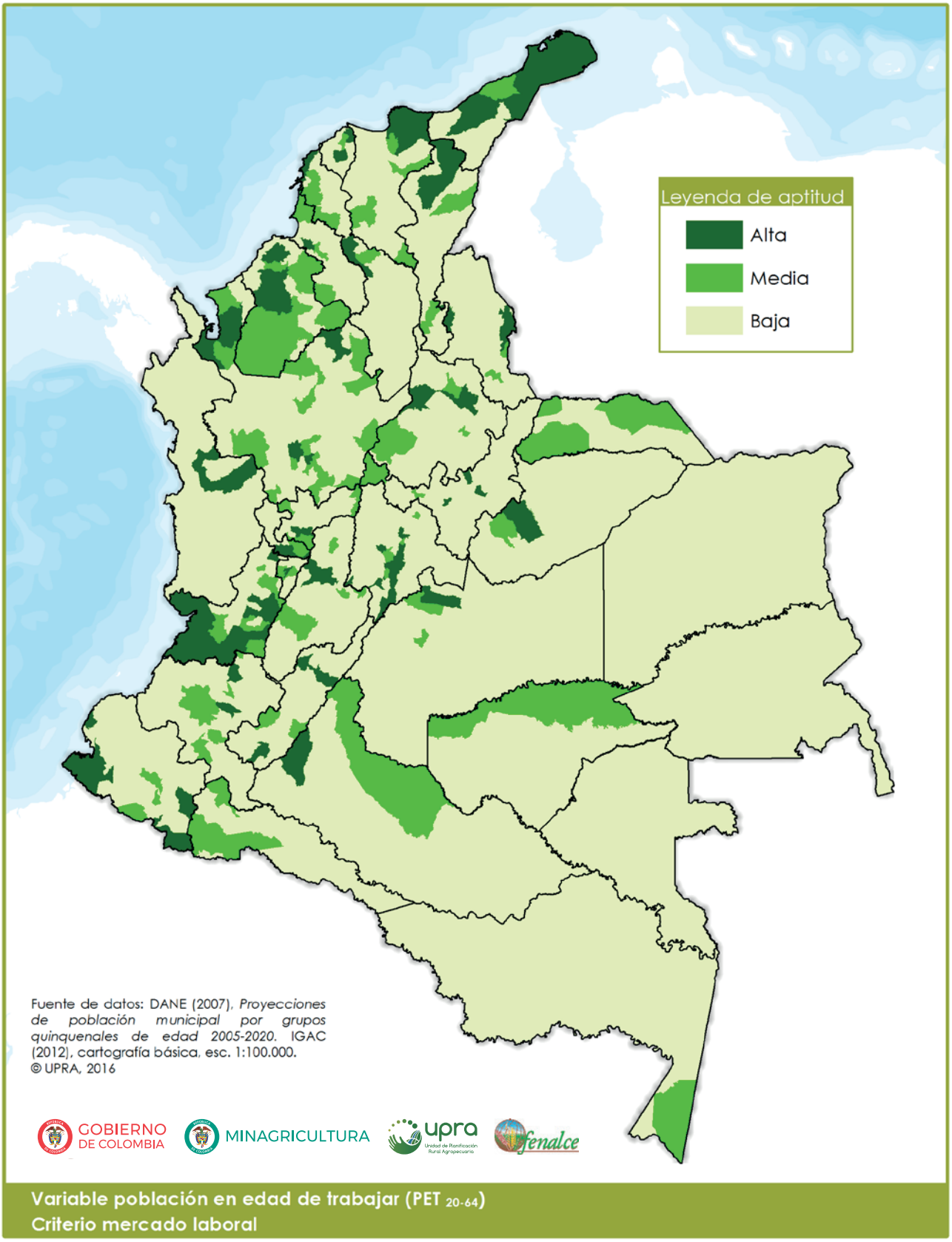
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de la participación porcentual de la $PET_{20\text{-}64}$ respecto a la población total del municipio. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calculan la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DANE. (2007b). *Proyecciones de población 2005-2020*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable población en edad de trabajar (PET 20-64)
Criterio mercado laboral

3.5.2. Variable años promedio de escolaridad

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: años promedio de escolaridad	Unidad de medida: IC, calculado con base en el número de años promedio de escolaridad de la población de 15 años o más 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, por municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la disponibilidad de mano de obra mejor preparada en términos educativos, lo cual contribuye a mejorar la productividad y, en consecuencia, la competitividad de las diferentes actividades que hacen parte del proceso productivo.

Municipios cuya población tiene mayor registro de años promedio de escolaridad aprobados cuentan con una mano de obra con mayores habilidades para asimilar capacidades y transferir conocimientos que benefician el desarrollo del cultivo.

Por consiguiente, la competitividad de los municipios es proporcional a los años promedio de escolaridad de la población.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC	Aptitud
Número de años promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio	
IC > 0,6510	A1
> 8 años	
IC > 0,3835 e IC ≤ 0,6510	A2
≥ 6 años - ≤ 8 años	
IC ≤ 0,3835	A3
< 6 años	

En consideración a los estadígrafos de la variable, el promedio nacional es de 8,4 años de escolaridad para la población de 15 años o más.

Los valores de esta variable oscilan entre un máximo de 10,6 años promedio de escolaridad en el municipio de Envigado (Antioquia) y un mínimo de 3,13 años en el municipio de Argelia (Cauca).

Limitantes de la evaluación de la variable

La información disponible a la fecha corresponde al momento del «Censo general de población y vivienda» de 2005; en consecuencia, presenta una década de atraso, por lo que no refleja el impacto de las políticas de educación en años recientes.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- DANE. (2005). *Censo general de población.*

2. Precisiones de la información.

Bajo el supuesto que todo niño o niña ingresa al colegio a los siete años cumplidos y la tasa de repitencia es cero, a los 15 años cumplidos se deben haber aprobado como mínimo ocho años de estudio; seis años aprobados suponen haber cursado un año de preescolar y los cinco años de básica primaria.

3. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

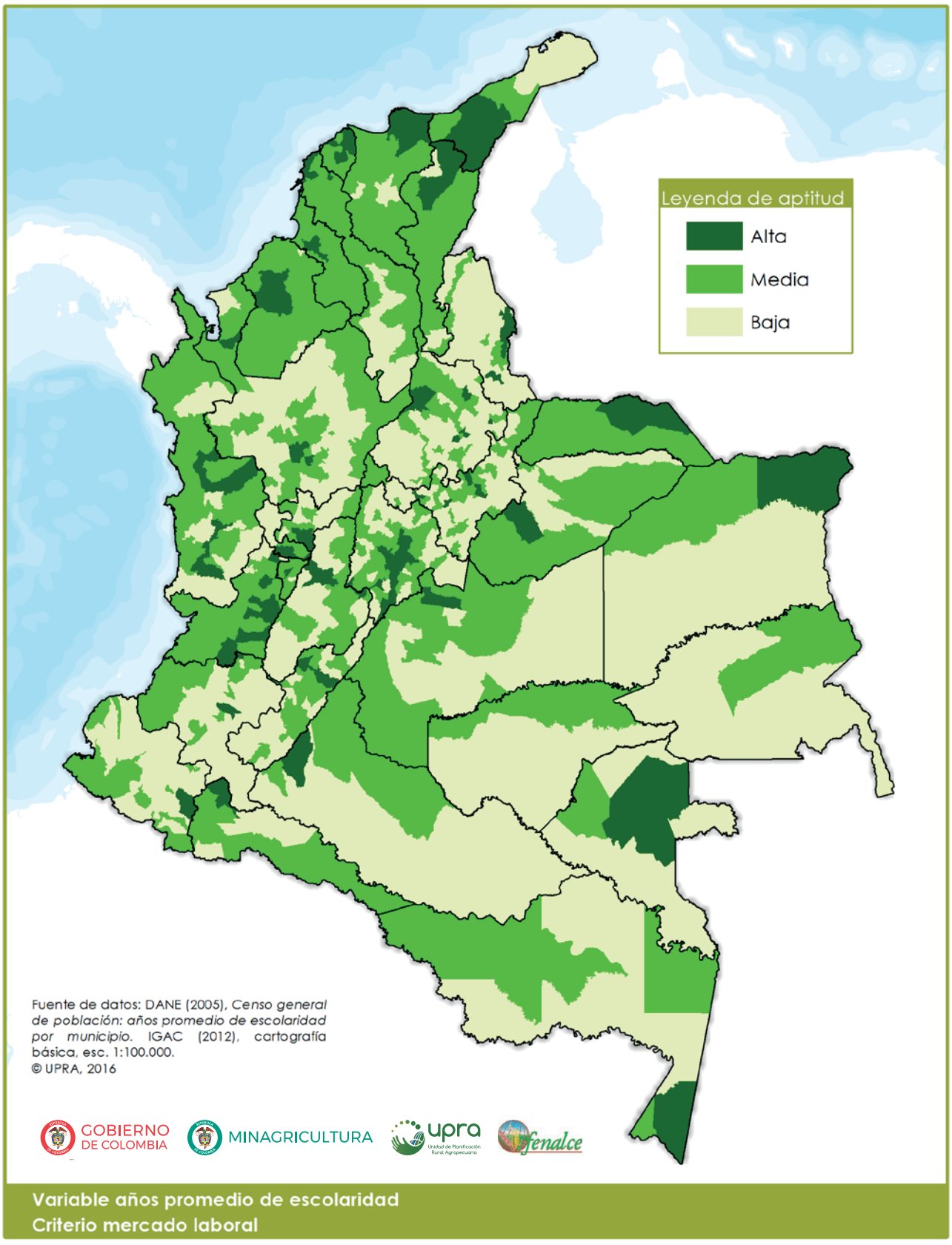
Los puntos de corte para establecer los rangos se definen teniendo en cuenta la dispersión de los registros de promedio de años de escolaridad. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas y se calcula el promedio nacional como estadígrafo de referencia.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DANE. (2005). *Censo general de población*. Bogotá: DANE. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable años promedio de escolaridad
Criterio mercado laboral

3.5.3. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales	Unidad de medida: número de programas de formación académica en actividades del sector agrícola y forestal en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Existencia de programas de formación académica con modalidad presencial en las áreas agrícola, forestal y afines, con modalidad presencial en el municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos 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 cultivo.

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 es proporcional a la oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales en los mismos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

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 depende del número de programas registrados en el Mineducación según cada municipio y no del número de graduados o egresados.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Mineducación. (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014*. Bogotá: Mineducación.

2. Precisiones de la información.

El número de programas académicos ofertados para cada municipio se identifica, por una parte, a partir de los registros de educación superior, y por otra, con base en la relación de los colegios con especialidad o énfasis agropecuario en el país. Entre los programas que se asignan a cada municipio se tiene en cuenta la formación técnica, tecnológica, universitaria y las especializaciones. No se consideran los programas de maestría y doctorado.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

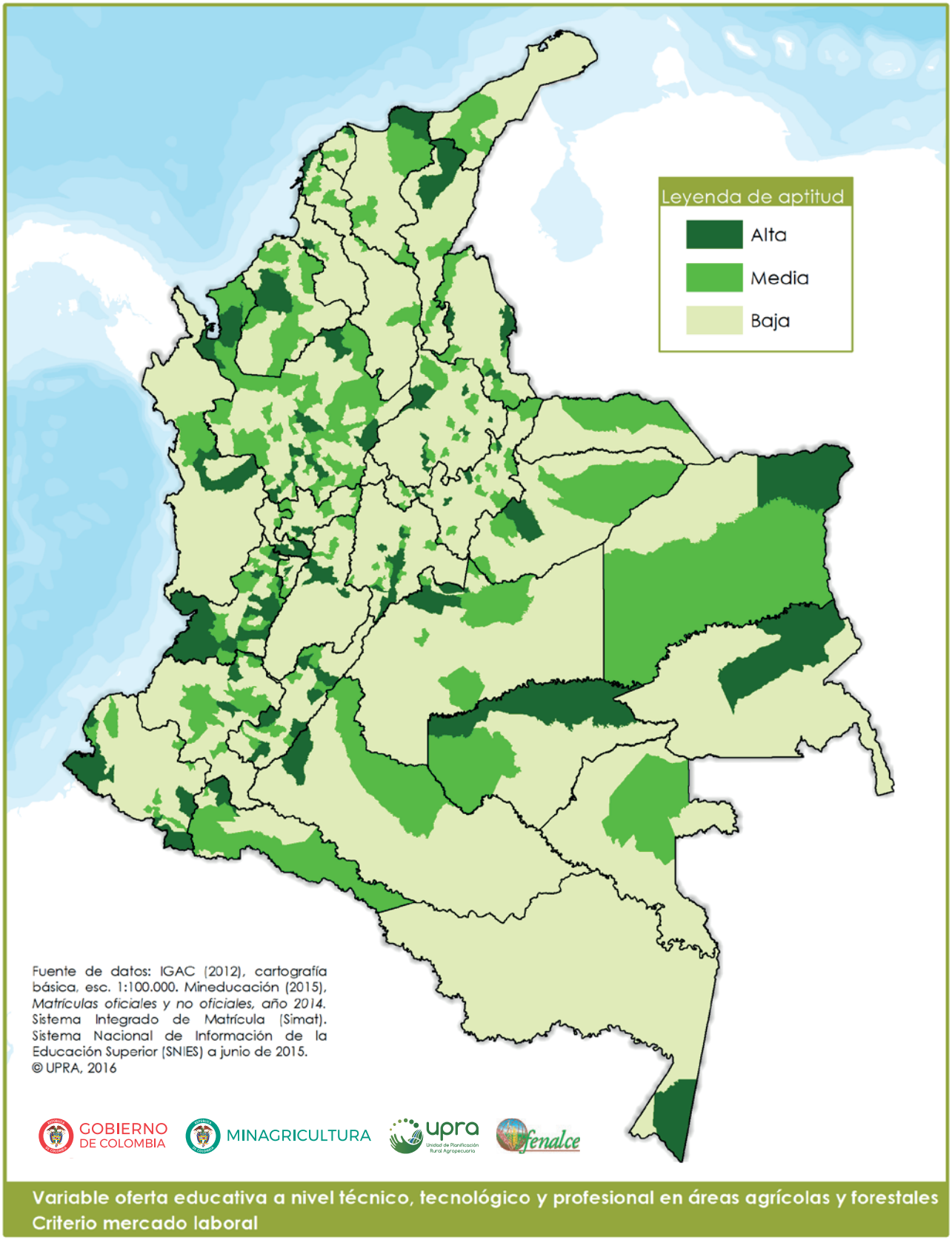
Los puntos de corte para establecer los rangos se definen con base en tres categorías de aptitud competitiva: los municipios con cuatro o más programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agronómicas, se consideran de aptitud alta (A1); los que cuentan con dos o tres programas de estas características, se consideran de aptitud moderada (A2); y si solamente existe uno o ninguno, se consideran de aptitud baja (A3).

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mineducación. (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014*. Bogotá: Mineducación.

Representación cartográfica de la variable



Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y forestales
Criterio mercado laboral

3.5.4. Variable cercanía a centros petroleros

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: cercanía a centros petroleros	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro petrolero más cercano	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro petrolero) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hasta los centros petroleros 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 los centros petroleros.

Centro petrolero: área geográfica donde se lleva a cabo la perforación de pozos profundos para la explotación de yacimientos petrolíferos o refinerías de petróleo crudo.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la forma como las actividades petroleras afectan la disponibilidad de la mano de obra necesaria para el desarrollo de actividades productivas del sector agropecuario. Las actividades petroleras generan movimientos espaciales de carácter temporal, periódico o permanente de la población hacia los centros donde se desarrollan dichas actividades.

Existe una relación inversa entre la cercanía a centros petroleros y la aptitud competitiva del municipio. Un municipio más cercano a centros petroleros es menos competitivo, porque cuenta con alternativas de ingresos a 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 centros petroleros, así:

Tiempo de desplazamiento en horas calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro petrolero más cercano	Aptitud
> 2 horas	A1
≥1 hora - ≤ 2 horas	A2
< 1 hora	A3

Las regiones de la Orinoquia, Amazonia y parte de la región Pacífica muestran mayor aptitud competitiva; el Caribe y la región andina tienen menor aptitud competitiva.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se identificaron limitantes para evaluar esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional.*
- ANH. (2014). *Áreas en producción y exploración.*

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas que emplea 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 toma la información más reciente de la ANH sobre las áreas en producción y exploración, como 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 definen con base en los tiempos de desplazamiento de la mano de obra hasta los centros petroleros. La mano de obra ubicada a tiempos de viaje cortos tendría un mayor incentivo para desplazarse desde las actividades agropecuarias en búsqueda de actividades petroleras.

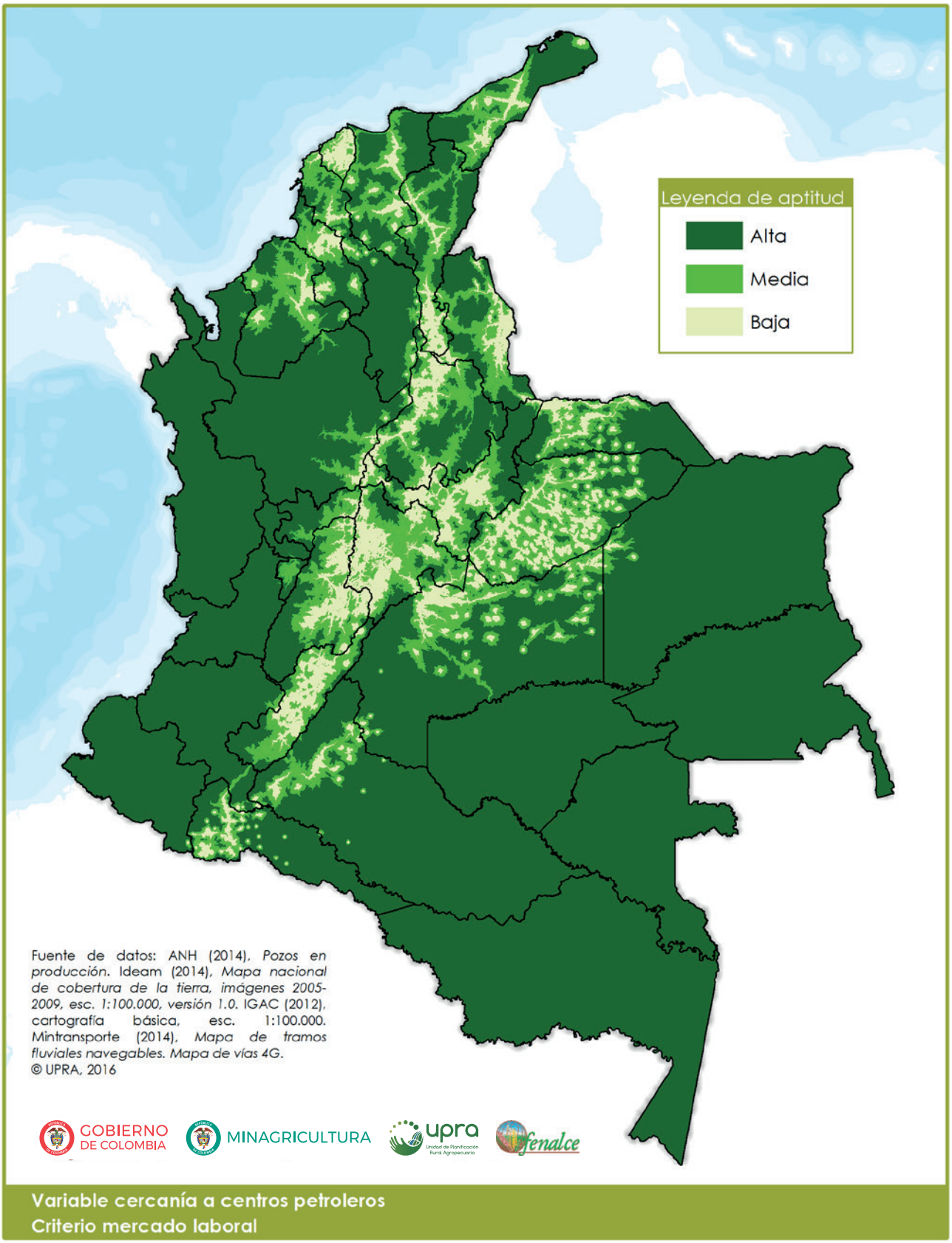
Los centros petroleros ubicados a más de dos horas de viaje implican que los trabajadores requieran de al menos la mitad de la jornada laboral para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. Si estos centros están entre una y dos horas de viaje, los trabajadores requieren de un tiempo razonable para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. La población residente a menos de una hora de viaje hasta los centros petroleros destinaría tan solo una fracción de su tiempo diario para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia.

Unidad de análisis	Isócronas.

Fuentes de información

- ANH. (2014). *Áreas en producción y exploración*.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mintransporte. (2014c). *Tramos red vial nacional* [capa].

Representación cartográfica de la variable



Variable cercanía a centros petroleros
Criterio mercado laboral

3.6. CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: seguridad ciudadana		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Homicidios, expresado como IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de homicidios por 100.000 habitantes en el municipio.
- Riesgos de amenazas, expresado como IC, calculado con base en el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 en el municipio.
- Accidentes e incidentes por minas antipersonas, expresado como IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de accidentes e incidentes por minas antipersonal por 100.000 habitantes en el municipio.
- Desplazamiento forzado, expresado como IC, calculado con base en la tasa anual de desplazamiento forzado promedio 2010-2014 por 1000 habitantes en el municipio.

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

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al clima de inversión que existe en una zona para el adecuado desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado.

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 los homicidios, el riesgo de amenazas, los eventos por minas antipersonas y el desplazamiento forzado, y la aptitud competitiva del municipio.

Limitantes de la evaluación del criterio

En las fuentes de información consultadas se encuentran municipios sin registros para las variables analizadas. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud competitiva alta (A1).

Para el caso del riesgo de amenazas, los municipios sin información disponible, bajo el principio de cercanía, se asimilan 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: 0,9 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables califican los municipios según categorías de aptitud competitiva: alta (A1); media (A2) y baja (A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión, se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva, así:

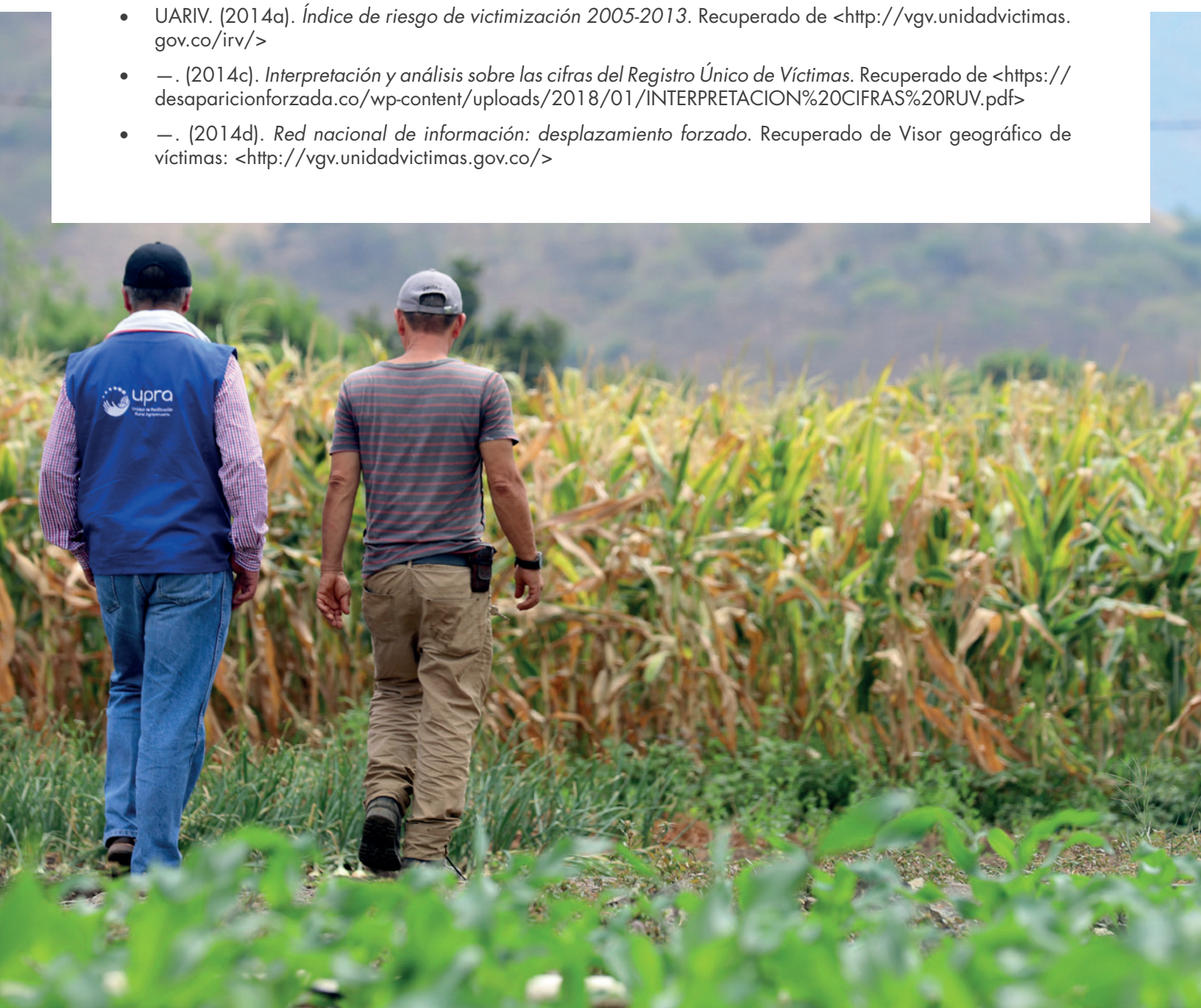
Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Seguridad ciudadana	Municipios con sumatoria de aptitud ≥ 11	Municipios con sumatoria de aptitud entre 7 y 10	Municipios con sumatoria de aptitud ≤ 6

Rangos para la asignación de valores de aptitud

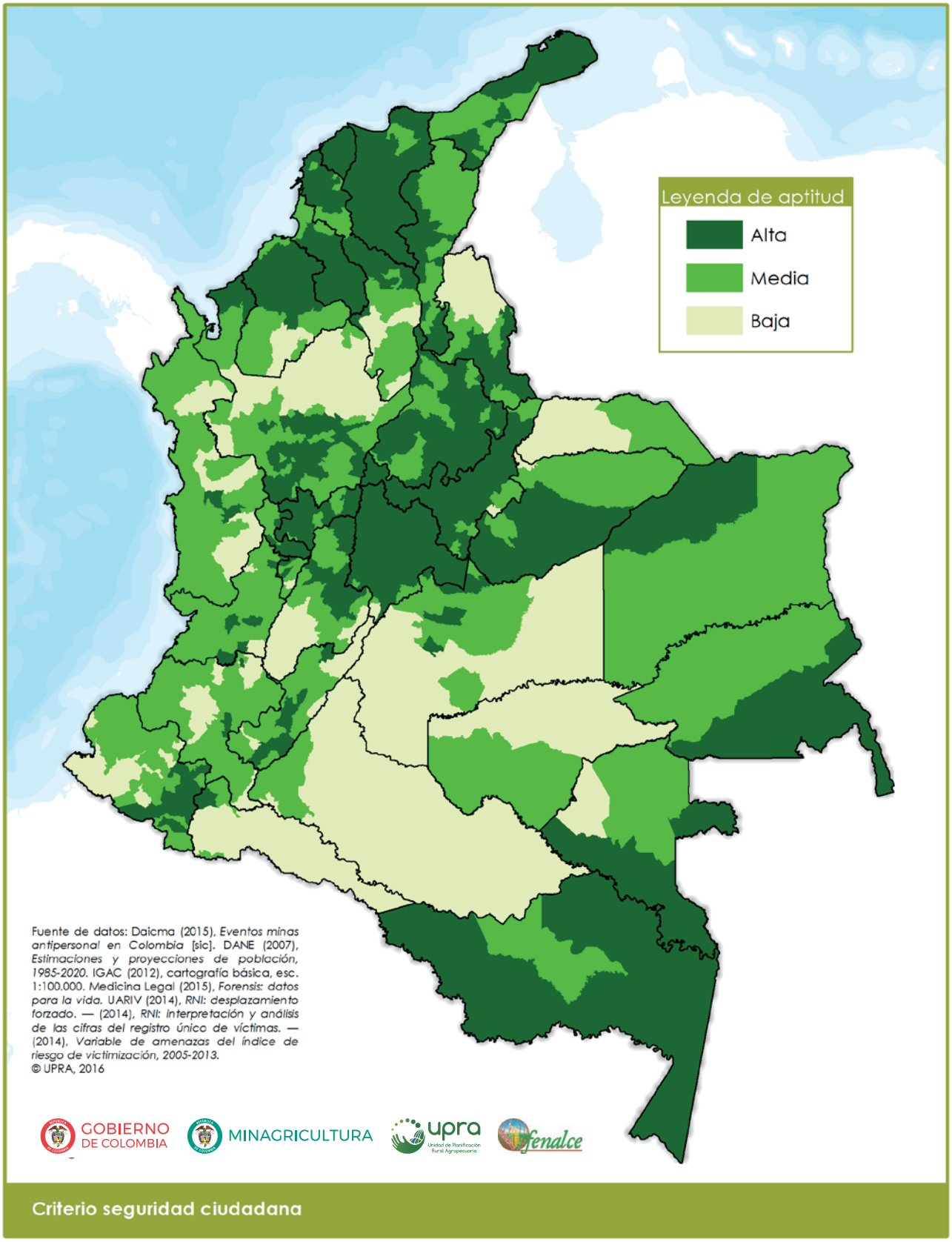
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Homicidios	IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de homicidios por cada 100.000 habitantes en el municipio.	IC > 0,877	IC > 0,621 e IC ≤ 0,877	IC ≤ 0,621
		Sin información y < 23,80	≥ 23,80 - ≤ 69,30	> 69,30
Riesgo de amenazas	IC, calculado con base en el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 en el municipio.	IC > 0,720	IC > 0,519 e IC ≤ 0,720	IC ≤ 0,519
		≤ 0,42	> 0,42 - ≤ 0,58	> 0,58
Accidentes e incidentes por minas antipersonas	IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de accidentes e incidentes por minas antipersonal por cada 100.000 habitantes en el municipio.	IC ≥ 0,9929	IC > 0,9600 e IC < 0,9929	IC ≤ 0,9600
		Sin información y ≤ 3,15)	> 3,15 - ≤ 17,71	> 17,71
Desplazamiento forzado	IC, calculado con base en la tasa anual de desplazamiento forzado promedio 2010-2014 por cada 1000 habitantes en el municipio.	IC > 0,9656	IC > 0,9323	IC ≤ 0,9323
		< 5	IC ≤ 0,9656 ≥ 5 - ≤ 10	> 10

Fuentes de información

- DANE. (2007a). *Estimaciones y proyecciones de población 1985-2020*. Recuperado de Geoportal DANE: <https://geoportal.dane.gov.co/laboratorio/estimaciones/indicador1.html>
- Dirección para la Acción Integral Contra Minas Antipersonal. (2015). *Eventos minas antipersonal en Colombia [base de datos]*. Recuperado de sitio web de Datos abiertos: <https://www.datos.gov.co/Inclusi-n-Social-y-Reconciliaci-n/Eventos-Minas-Antipersonal-en-Colombia/xjwj-j6bq>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2015). *Forensis: datos para la vida*. Recuperado de <http://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>
- Ley 387 de 1997. Por la cual se adoptan medidas para la prevención del desplazamiento forzado; la atención, protección, consolidación y esta estabilización socioeconómica de los desplazados internos por la violencia en la República de Colombia. *Diario Oficial* 43.091, de 24 de julio de 1997. Colombia.
- UARIV. (2014a). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*. Recuperado de <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/irv/>
- —. (2014c). *Interpretación y análisis sobre las cifras del Registro Único de Víctimas*. Recuperado de <https://desaparicionforzada.co/wp-content/uploads/2018/01/INTERPRETACION%20CIFRAS%20RUV.pdf>
- —. (2014d). *Red nacional de información: desplazamiento forzado*. Recuperado de Visor geográfico de víctimas: <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/>



Representación cartográfica del criterio



3.6.1. Variable homicidios

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variable: homicidios	Unidad de medida: IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de homicidios por 100.000 habitantes en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Eventos que ocasionan supresión de la vida humana de forma dolosa o preintencional sin justificación jurídica (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2015).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. El análisis histórico del comportamiento de esta variable durante el último quinquenio permite evidenciar fenómenos de concentración territorial de este delito que representa un riesgo para la vida humana.

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 la tasa de homicidios y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de homicidios por 100.000 habitantes en el municipio	Aptitud
IC > 0,877 Sin información y < 23,80	A1
IC > 0,621 e IC ≤ 0,877 ≥ 23,80 - ≤ 69,30	A2
IC ≤ 0,621 > 69,30	A3

Para el periodo 2010-2014 se reportaron 76.660 homicidios en Colombia. Para el país, la tasa anual promedio de homicidios por cada 100.000 habitantes para ese mismo periodo fue de 33,18. Por cada 100.000 habitantes, durante este periodo de análisis, la tasa anual promedio de homicidios en Colombia alcanzó un máximo de 39,36 en 2010 y un mínimo de 26,49 en 2014.

Por municipio, para el periodo de análisis 2010-2014, las tasas máximas promedio de homicidios por cada 100.000 habitantes se observan en Zaragoza (180) y Briceño (179) en el departamento de Antioquia, y en el municipio de El Dovio (170) en el Valle del Cauca.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin registros de homicidios. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud competitiva alta (A1).

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.

- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Tasa de homicidios por cada 100.000 habitantes, 2010-2014.

2. Precisiones de la información.

La información de la fuente proviene de estadísticas directas consignadas en la plataforma web del Sistema de Información de la Red de Desaparecidos y Cadáveres (Sirdec), del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses y de estadísticas indirectas reportadas por médicos adscritos al sector salud que se desempeñan como forenses. El promedio de la tasa anual de homicidios se presenta por cada 100.000 habitantes.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se promediaron las tasas anuales de la serie analizada para el periodo 2010-2014. Para los municipios que no cuentan con información para todos los años de la serie de tiempo analizada, se realiza imputación de datos con base en las tasas de homicidios disponibles para este periodo de análisis.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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.

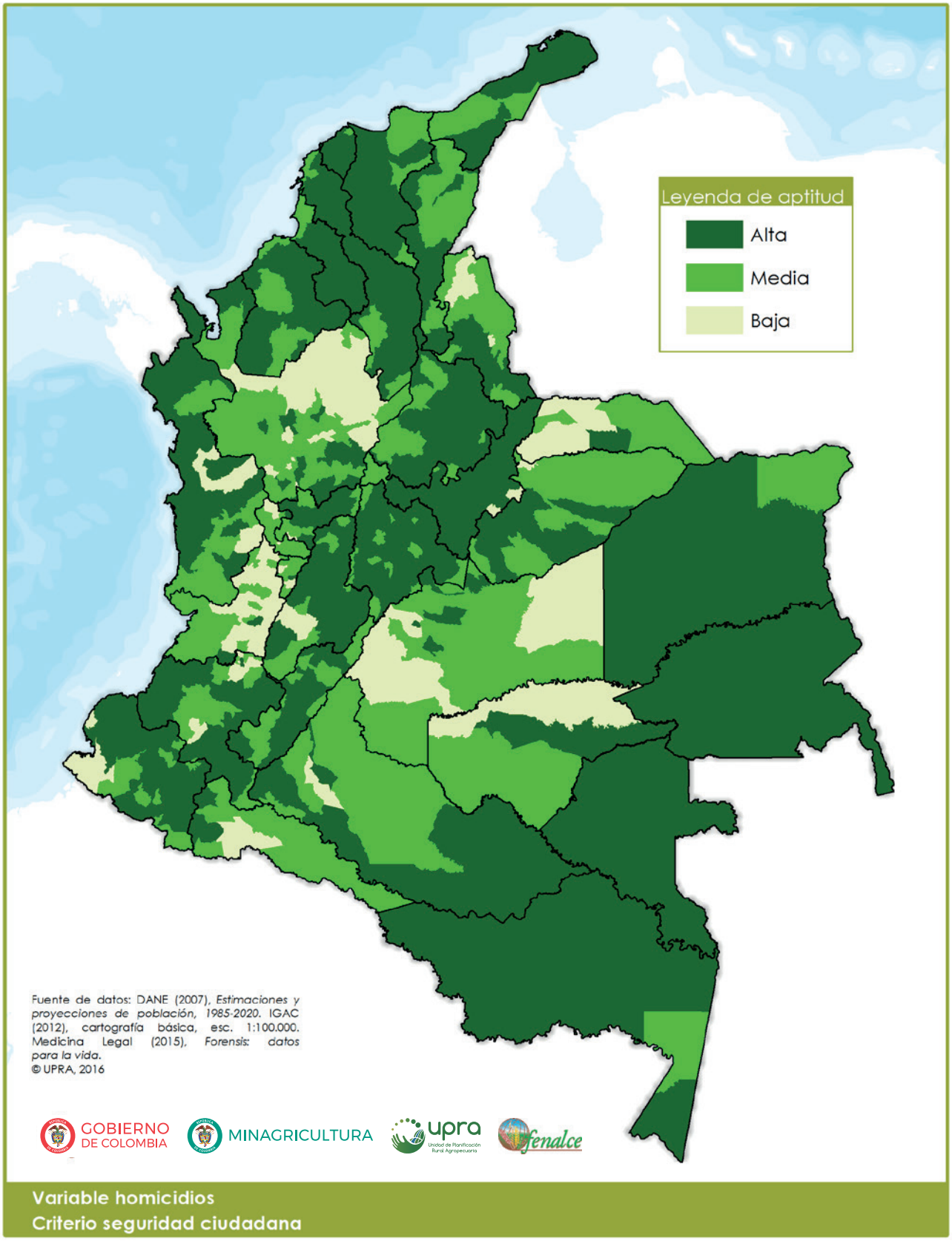
Los puntos de corte para establecer los rangos se definen con base en la dispersión de la tasa de homicidios. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas y se toma la mediana como estadígrafo de referencia.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2015). *Forensis: datos para la vida*. Recuperado de <http://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/forensis>

Representación cartográfica de la variable



Variable homicidios
Criterio seguridad ciudadana

3.6.2. Variable riesgo de amenazas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variable: riesgo de amenazas	Unidad de medida: IC, calculado con base en el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 en el municipio	
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, 2014b).

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 al cultivo.

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 clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC, calculado con base en el índice de riesgo de amenazas 2005-2013 en el municipio	Aptitud
IC > 0,720 ≤ 0,42	A1
IC > 0,519 e IC ≤ 0,720 > 0,42 - ≤ 0,58	A2
IC ≤ 0,519 > 0,58	A3

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 encuentran municipios sin información disponible para el cálculo del índice de riesgo de amenazas. Estos municipios, bajo el principio de cercanía, se asimilan a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. 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.

- Unidad para la Atención y Reparación Integral de Víctimas (UARIV). *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.

Se acoge el índice de riesgo de amenazas 2005-2013, calculado por la fuente por municipio.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El 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 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.

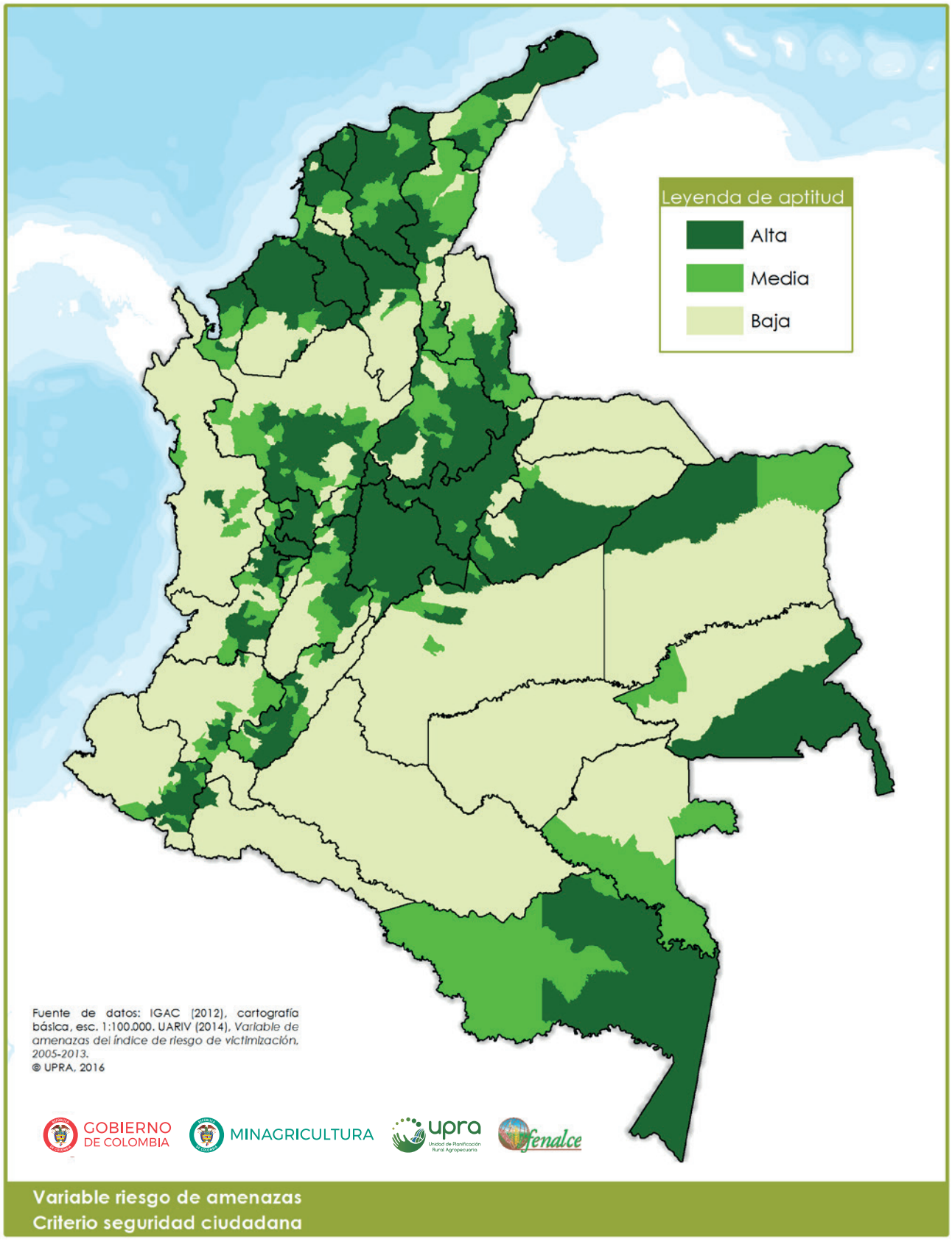
De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de riesgo de amenazas, estos se agruparon dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1 (bajo y medio bajo), A2 (medio) y A3 (alto y medio alto).

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- UARIV. (2014a). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*. Recuperado de <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/irv/>
- —. (2014b). *Índice de riesgo de victimización 2010-2014*. Recuperado de <http://repository.oim.org.co/bitstream/handle/20.500.11788/806/COL-OIM%200340.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Representación cartográfica de la variable



3.6.3. Variable accidentes e incidentes por minas antipersonas

Ficha metodológica de la variable			
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.			
Criterio asociado: seguridad ciudadana			
Variable: accidentes e incidentes por minas antipersonas	Unidad de medida: IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de accidentes e incidentes por minas antipersonas por 100.000 habitantes en el municipio		
Tipo de criterio asociado		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Exclusión legal	
		Condicionante	
Definición			

Acontecimientos de diferente intensidad por mina antipersonal. Aquellos que causan daño físico o psicológico a una o más personas se denominan accidentes; los que pueden aumentar hasta un accidente o tienen el potencial para conducir a un accidente, se conocen como incidentes.

Mina antipersonal (MAP): mina concebida para que explosione por la presencia, la proximidad o el contacto de una persona y que, en caso de explosionar, tenga la potencialidad de incapacitar, herir o matar a una o más personas (Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersonal, 2015).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. Las zonas donde se reportan eventos con minas antipersonas constituyen un riesgo para la vida humana y podrían estar relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales.

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 la tasa de accidentes e incidentes por mina antipersonal y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC, calculado con base en la tasa anual promedio 2010-2014 de accidentes e incidentes por minas antipersonal por cada 100.000 habitantes en el municipio	Aptitud
IC ≥ 0,9929 Sin información y ≤ 3,15	A1
IC > 0,9600 e IC < 0,9929 > 3,15 - ≤ 17,71	A2
IC ≤ 0,9600 > 17,71	A3

Para los años 2010-2014, se reporta un total 14.242 accidentes e incidentes por MAP en Colombia. Para el país, la tasa anual promedio de accidentes e incidentes por MAP, por cada 100.000 habitantes, para ese mismo periodo, es de 18. Por municipio, para el periodo de análisis, las tasas máximas promedio de accidentes e incidentes por MAP por cada 100.000 habitantes se observan en La Uribe (442) y Mesetas (439) en el departamento del Meta, y en San Miguel (333), en el departamento de Santander.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encuentran municipios sin registro de accidentes e incidentes por minas antipersonas. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud competitiva alta (A1). 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.

- Dirección para la Acción Integral Contra Minas Antipersonal. (2015). *Eventos minas antipersonal en Colombia [base de datos]*.
- DANE. (2014). Proyecciones de población por municipio, 2010-2014.

2. Precisiones de la información.

La información de accidentes e incidentes corresponde a la sumatoria anual por tipo de eventos, así:

- Accidentes: por minas antipersonas y por municiones sin explotar.
- Incidentes: desminado militar, incautaciones y sospecha de campo minado.
- El promedio de la tasa anual de accidentes e incidentes por MAP se presenta por cada 100.000 habitantes en el municipio.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La tasa anual de accidentes e incidentes por minas antipersonas para los años 2010-2014 se calcula con base en los registros y la población total municipal. Se promedian las tasas anuales de la serie analizada para el periodo 2010-2014.

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 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.

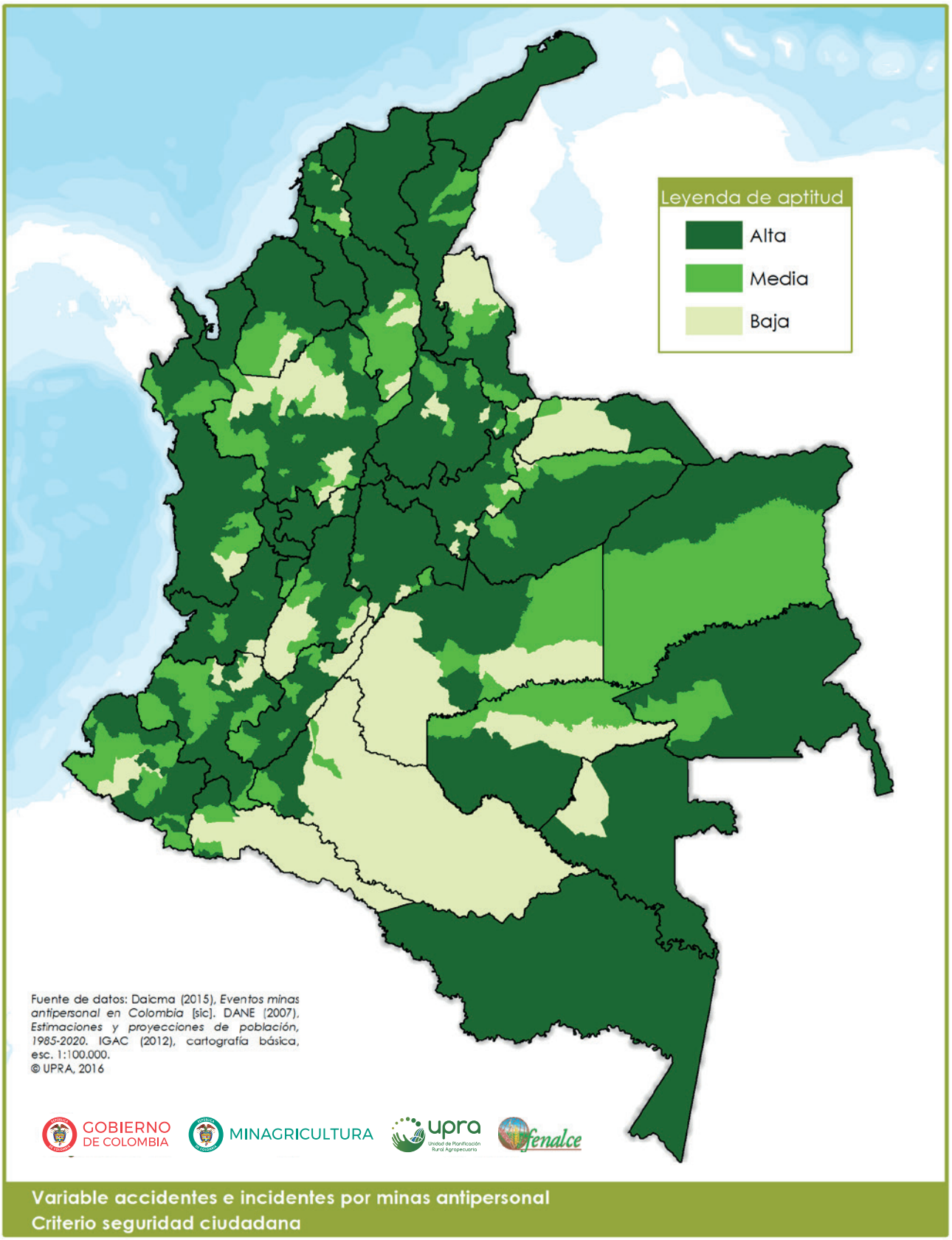
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de la tasa de accidentes e incidentes por minas antipersonas. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calculan la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DANE. (2007a). *Estimaciones y proyecciones de población 1985-2020*. Recuperado de Geoportal DANE: <https://geoportal.dane.gov.co/laboratorio/estimaciones/indicador1.html>
- Dirección para la Acción Integral Contra Minas Antipersonal. (2015). *Eventos minas antipersonal en Colombia [base de datos]*. Recuperado de sitio web de Datos abiertos: <https://www.datos.gov.co/Inclusi-n-Social-y-Reconciliaci-n/Eventos-Minas-Antipersonal-en-Colombia/xjwj-j6bq>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable accidentes e incidentes por minas antipersonal
Criterio seguridad ciudadana

3.6.4. Variable desplazamiento forzado

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variable: desplazamiento forzado	Unidad de medida: IC, calculado con base en la tasa anual de desplazamiento forzado promedio 2010-2014 por 1000 habitantes en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	√
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Desplazada es toda persona que se ha visto forzada a migrar dentro del territorio nacional y a abandonar su localidad de residencia o actividades económicas habituales, porque su vida, su integridad física, su seguridad o libertad personales han sido vulneradas o se encuentran directamente amenazadas con ocasión del conflicto armado interno, disturbios y tensiones interiores, violencia generalizada, violaciones masivas de los derechos humanos, infracciones al derecho internacional humanitario u otras circunstancias emanadas de las situaciones anteriores que puedan alterar drásticamente el orden público (Ley 387 de 1997).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. Las zonas donde se registra desplazamiento forzado son consideradas menos atractivas, dado que se asocian con la presencia de grupos armados ilegales, la alteración del orden público, la probabilidad de repetición del evento y la posible pérdida de la inversión. 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 la tasa de desplazamiento forzado y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC, calculado con base en la tasa anual de desplazamiento forzado promedio 2010-2014 por 1000 habitantes en el municipio	Aptitud
IC > 0,9656 < 5	A1
IC > 0,9323 e IC ≤ 0,9656 ≥ 5 - ≤ 10	A2
IC ≤ 0,9323 > 10	A3

Los registros oficiales de población desplazada en Colombia reportan un promedio anual de 217.144 personas para el periodo 2010-2014. Las tasas de desplazamiento por municipio oscilan entre 0 y 147 personas por cada 1000 habitantes. Las tasas máximas del periodo se observan en municipios del andén pacífico de Cauca, Chocó y Nariño, en tanto que aquellos en donde no se reportan desplazamientos durante el periodo corresponden al altiplano cundiboyacense.

Limitantes de la evaluación de la variable

Según la Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas, (2014c), si hay casos en los que no se reporta información para algunos municipios, esto se debe a la no ocurrencia de hechos victimizantes. 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.

- Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas (UARIV). *Red nacional de información: desplazamiento forzado*
- DANE. Proyecciones de población por municipio, 2010-2014.

2. Precisiones de la información.

Los datos utilizados para el análisis corresponden únicamente a la población que adelanta los procedimientos requeridos para validar su condición de desplazada y que se incorporan a los registros oficiales.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La tasa anual de accidentes e incidentes por minas antipersonas para los años 2010-2014 se calcula con base en los registros y la población total municipal. Se promedian las tasas anuales de la serie analizada para el periodo 2010-2014.

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 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.

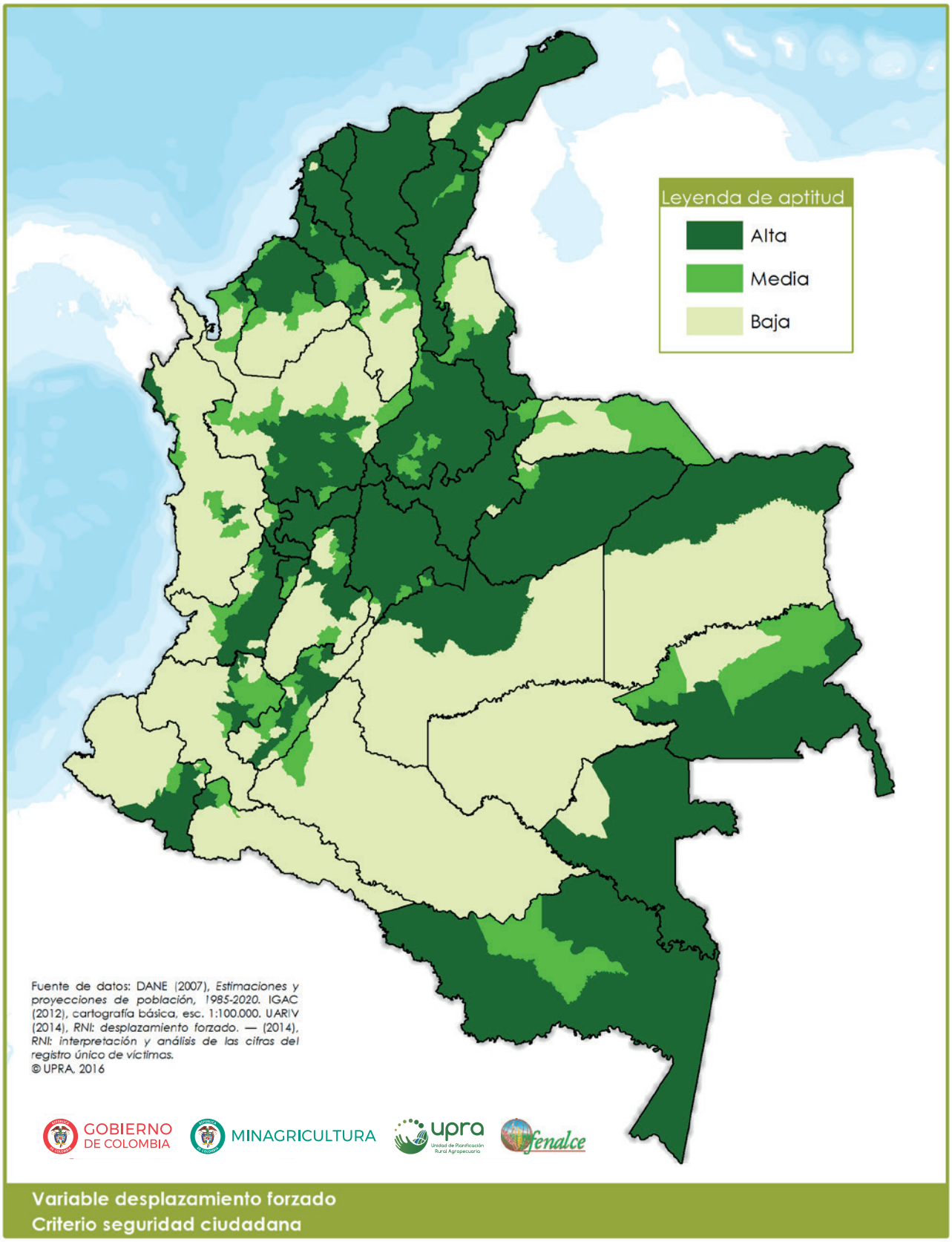
Los puntos de corte para establecer los rangos se definen con base en las tendencias del desplazamiento en Colombia y la distribución de los datos, analizada a partir de los estadígrafos de la información del periodo.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DANE. (2007a). *Estimaciones y proyecciones de población 1985-2020*. Recuperado de Geoportal DANE: <https://geoportal.dane.gov.co/laboratorio/estimaciones/indicador1.html>
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Ley 387 de 1997. Por la cual se adoptan medidas para la prevención del desplazamiento forzado; la atención, protección, consolidación y esta estabilización socioeconómica de los desplazados internos por la violencia en la República de Colombia. *Diario Oficial* 43.091, de 24 de julio de 1997. Colombia.
- UARIV. (2014c). *Interpretación y análisis sobre las cifras del Registro Único de Víctimas*. Recuperado de <https://desaparicionforzada.co/wp-content/uploads/2018/01/INTERPRETACION%20CIFRAS%20RUV.pdf>
- —. (2014d). *Red nacional de información: desplazamiento forzado*. Recuperado de Visor geográfico de víctimas: <http://vgv.unidadvictimas.gov.co/>

Representación cartográfica de la variable



Variable desplazamiento forzado
Criterio seguridad ciudadana

3.7. CRITERIO INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: institucionalidad y asociatividad		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		

- Desempeño fiscal, expresada como IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.
- Cercanía al SENA, expresada como tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la sede del SENA más cercana.
- Presencia del ICA, expresada como área de influencia, calculada con base en presencia de sedes del ICA en el municipio.
- Presencia de Corpoica, expresada como área de influencia, calculada con base en presencia de sedes de Corpoica en el municipio.
- Extensión y asistencia técnica sectorial, expresada como número de organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio.
- Organizaciones gremiales o de base del sector, expresada como área de influencia con base en la presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio.

Definición

Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector maicero. Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, porque su apoyo a los procesos productivos y comerciales se constituye en un elemento central para la competitividad.

Importancia del criterio para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada en el municipio, así como la articulación de organizaciones y productores que faciliten el desarrollo y soporte del sector maicero en el territorio. La mayor oferta institucional del orden nacional y la asociatividad favorecen 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 del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido. Los municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta de servicios, por lo cual se consideran más competitivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

La presencia de SENA se calcula con base en isócronas, debido a que es la cercanía la que determina la accesibilidad a los servicios que presta, pues su función operativa es ofertar formación en sus sedes, mientras que el ICA y Corpoica son entidades que prestan sus servicios por demanda y su presencia es indispensable para acceder a ellos. 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.

Valor de ponderación del criterio: 3,4 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables califican a los municipios según categorías de aptitud competitiva alta (A1), media (A2) y baja (A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

Se presentan dos variables que poseen solo dos rangos de aptitud, en consideración a que responden a municipios que cuentan con sede del ICA y Corpoica, a las que se les asigna una mayor aptitud (A1) por la facilidad de acceso a la oferta institucional; los demás municipios se consideran en aptitud baja (A3) por su ubicación distante del acceso a los servicios que ofrecen estas entidades.

Mediante un árbol de decisión, se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva, así:

Se asigna participación a cada variable en la construcción del criterio: 10 % para desempeño fiscal, cercanía al SENA, y presencia de Corpoica y organizaciones gremiales o de base del sector; y 30 % para presencia del ICA y extensión y asistencia técnica, respectivamente.

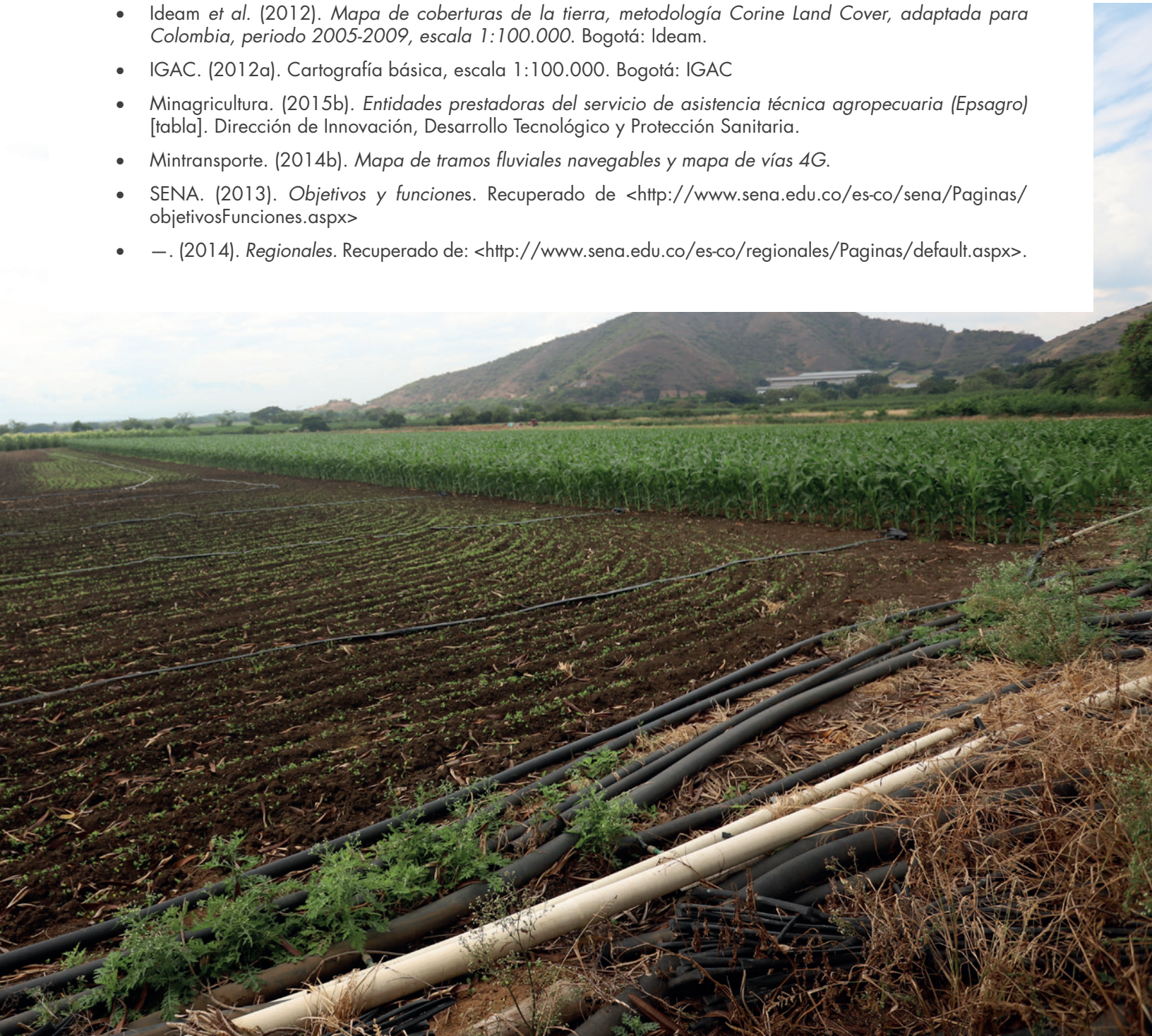
Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Institucionalidad y asociatividad	Municipios con sumatoria de aptitud mayor o igual a 2,4.	Municipios con sumatoria de aptitud entre 1,7 y 2,3.	Municipios con sumatoria de aptitud menor o igual a 1,6.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

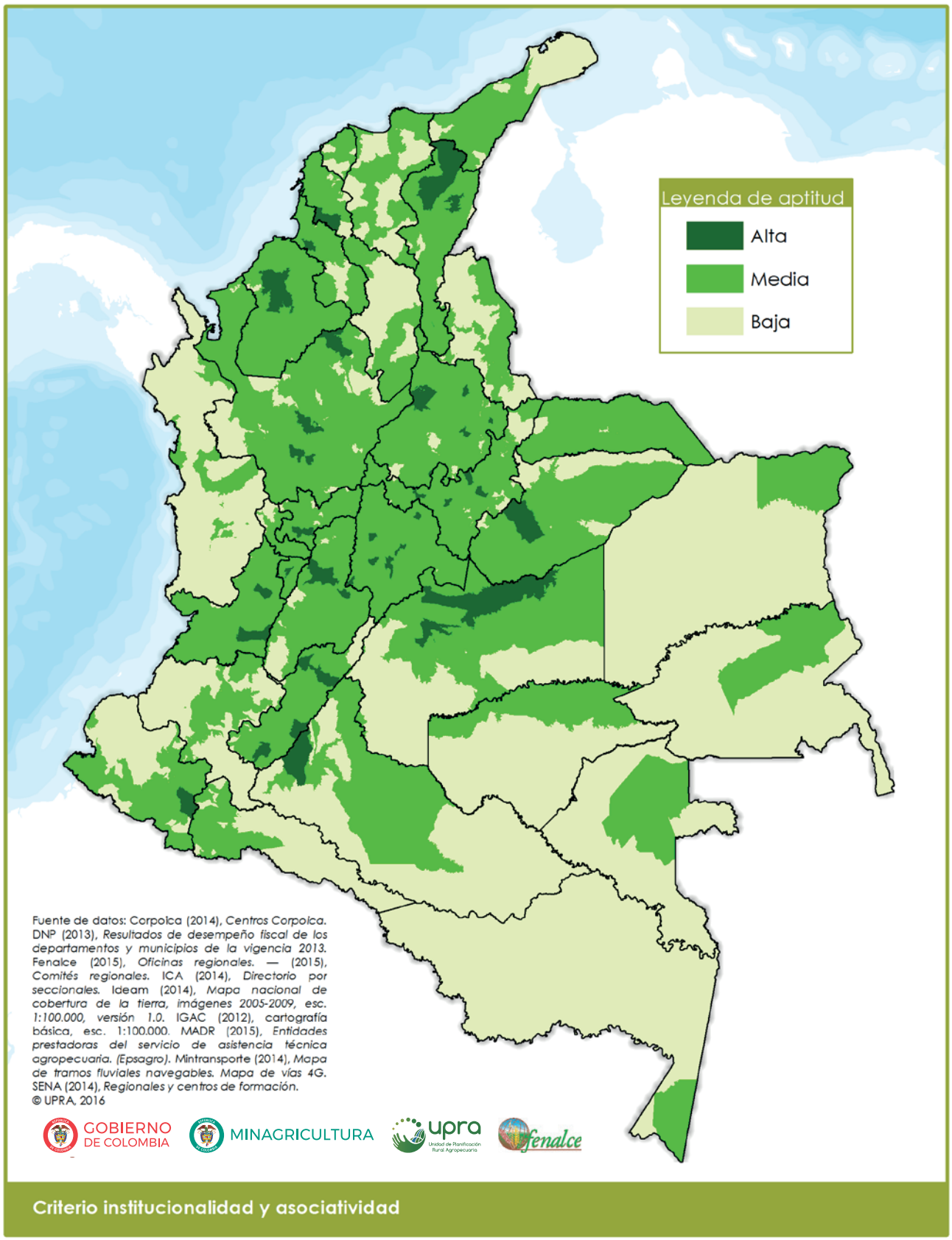
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de competitividad	IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.	IC ≥ 0,655	IC > 0,476 e IC < 0,655	IC ≤ 0,476
Desempeño fiscal		≥ 70,02 - ≤ 90,73	≥ 60,00 - < 70,02	≥ 33,23 - < 60,00
Cercanía al SENA	Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la sede del SENA más cercana.	≤ 2 horas	> 2 horas - ≤ 5 horas	> 5 horas
Presencia del ICA	Área de influencia, calculada con base en presencia de sedes del ICA en el municipio.	Con sede	-	Dentro del área de influencia institucional, sin sede.
Presencia de Corpoica	Área de influencia, calculada con base en presencia de sedes de Corpoica en el municipio.	Con sede	-	Dentro del área de influencia institucional, sin sede.
Extensión y asistencia técnica sectorial	Número de organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio.	Con Fenalce	Con Epsagros	Sin presencia de organizaciones de extensión y asistencia técnica agropecuaria.
Organizaciones gremiales o de base del sector	Área de influencia con base en la presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio.	Con Fenalce	Municipios del departamento con cobertura atendida por Fenalce	Sin Fenalce

Fuentes de información

- Corpoica. (2014). *Centros Corpoica*. Recuperado de: <http://www.corpoica.org.co/menu/nc/>.
- DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>.
- ICA. (2014). *Directorio por seccionales*. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/El-ICA/Directorio-por-departamentos.aspx>.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minagricultura. (2015b). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria (Epsagro)* [tabla]. Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria.
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*.
- SENA. (2013). *Objetivos y funcione*s. Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/objetivosFunciones.aspx>
- —. (2014). *Regionales*. Recuperado de: <http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/Paginas/default.aspx>.



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 maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: desempeño fiscal	Unidad de medida: IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
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.

Para ello, el DNP (2013) presenta los siguientes indicadores:

- 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 la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio	Aptitud
IC ≥ 0,655 ≥ 70,02 - ≤ 90,73	A1
IC > 0,476 e IC < 0,655 ≥ 60,00 - < 70,02	A2
IC ≤ 0,476 ≥ 33,23 - < 60,00	A3

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, Zetaquira (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 se agrupan 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 ≥ 80), sostenible (IDF ≥ 70 y < 80), vulnerable (IDF ≥ 60 y < 70), riesgo (IDF ≥ 40 y < 60) y deterioro (IDF < 40).

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula 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.

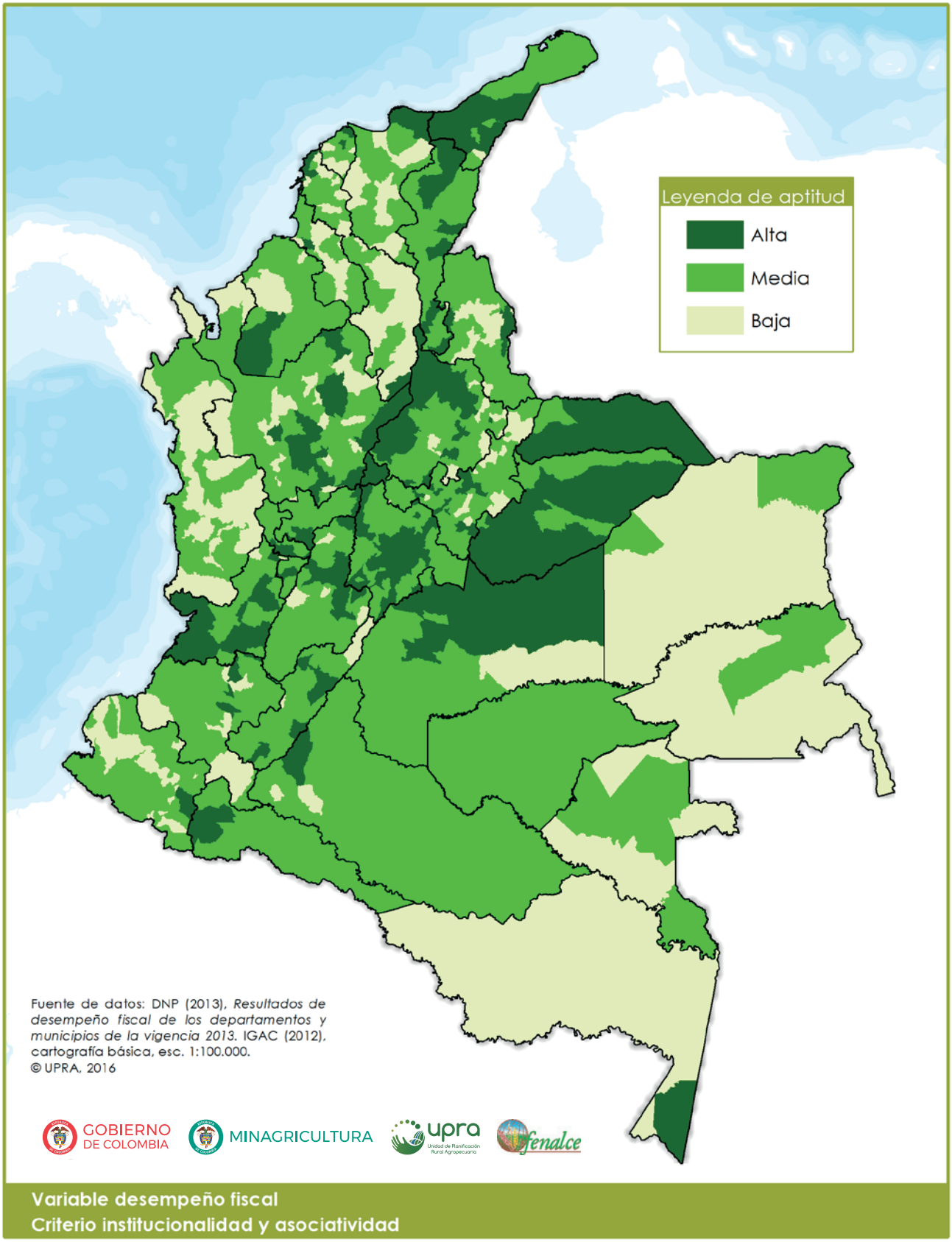
De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de desempeño fiscal (IDF), estos se agrupan dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1 (solvente y sostenible), A2 (vulnerable) y A3 (deterioro y riesgo).

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



3.7.2. Variable cercanía al SENA

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: cercanía al SENA	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la sede del SENA más cercana en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio un centro del Servicio Nacional de Aprendizaje, que ofrezca programas de formación profesional para la incorporación y el desarrollo de personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país. 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 la sede del SENA más cercana.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta educativa del Estado para la transferencia de conocimientos, capacitación o formación profesional, orientados al desarrollo y fortalecimiento de habilidades y competencias de la mano de obra asociada con la cadena productiva de maíz.

Las áreas geográficas más cercanas a los centros de formación del SENA tienen mayor probabilidad de brindar acceso a formación técnica y tecnológica a quienes participan en el desarrollo de la cadena productiva de maíz y, por ende, se consideran más competitivas. El personal capacitado tendrá un mejor desempeño en el desarrollo de las actividades requeridas por la cadena productiva, lo cual se traduce en un aumento de la competitividad del cultivo.

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, así:

Tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta la sede del SENA más cercana	Aptitud
≤ 2 horas	A1
> 2 horas - ≤ 5 horas	A2
> 5 horas	A3

Los 71 centros de formación están ubicados en su mayoría en las capitales departamentales y otras ciudades principales del país. La región andina muestra mayor aptitud competitiva, mientras que las regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen menor aptitud.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional.*
- SENA. (2014). *Regionales*.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización se toma como referente la existencia de centros de formación del SENA en los municipios.

La metodología de isócronas que emplea 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 2 o más carriles, transitable todo el año.
- Tipo 2: sin pavimentar, carretera de 2 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.

Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros del SENA.

Se definen tres categorías de aptitud competitiva:

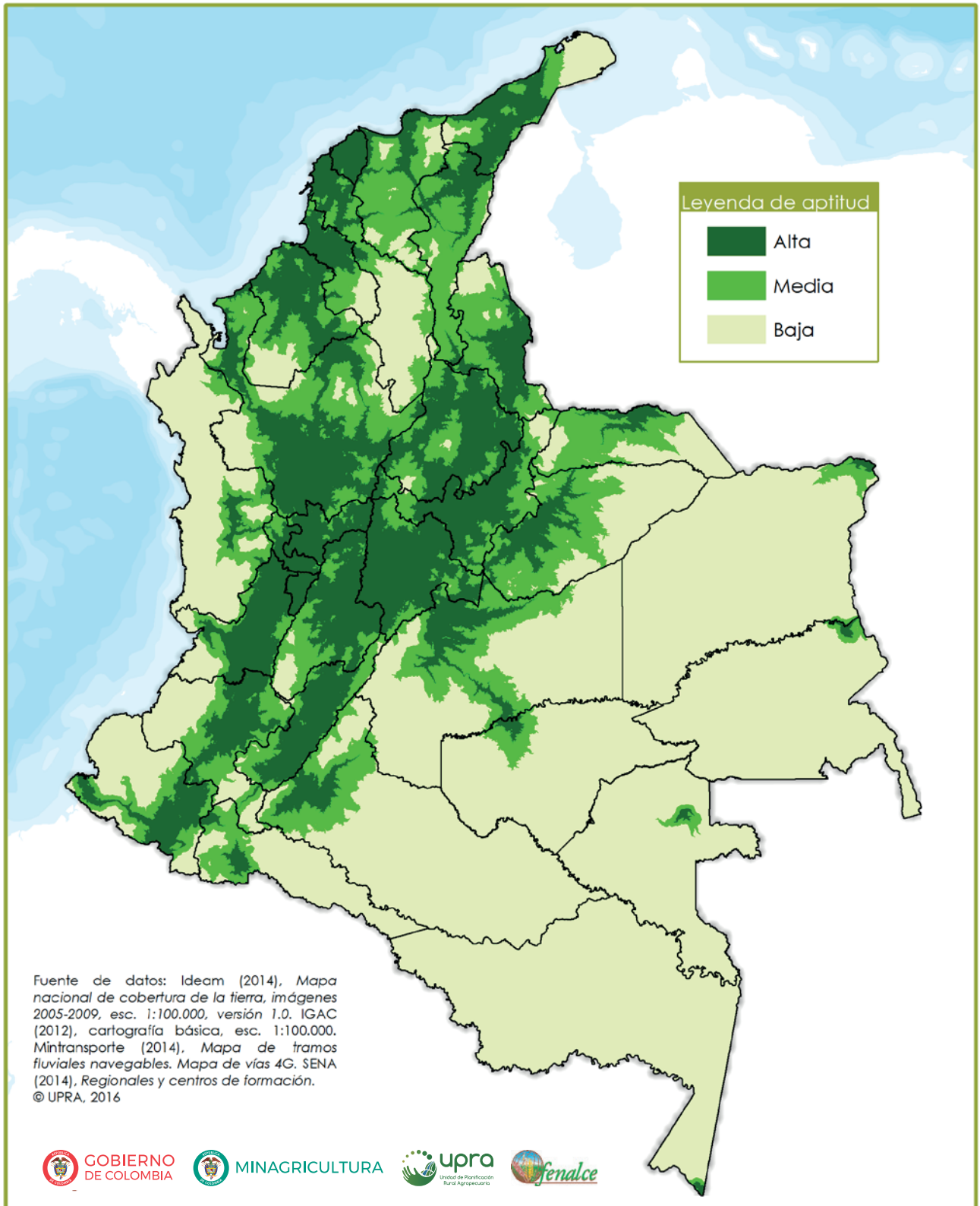
- Las áreas geográficas de los municipios con centros de formación SENA que se encuentran a menos de dos horas de distancia de dichos centros se consideran con aptitud alta (A1).
- Las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cinco horas de los centros de formación del SENA se clasificaron en aptitud media (A2).
- Las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cinco 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.

Unidad de análisis	Isócronas.

Fuentes de información

- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*.
- SENA. (2014). *Regionales*. Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/Paginas/default.aspx>.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam (2014), *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000, versión 1.0.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte (2014), *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa de vías 4G.* SENA (2014), *Regionales y centros de formación.*
© UPRA, 2016

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Variable cercanía al SENA
Criterio institucionalidad y asociatividad

3.7.3 Variable presencia del ICA

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: presencia del ICA	Unidad de medida: área de influencia, calculada con base en presencia de sedes del ICA en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Presencia del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales (ICA, 2008).

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, vigilancia, control y manejo fitosanitario, para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agropecuaria.

Los municipios con presencia de sedes del ICA tienen mayor probabilidad de brindar acceso a los servicios de la entidad 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 espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Presencia de sedes del ICA en el municipio	Aptitud
Con sede	A1
Dentro del área de influencia institucional sin sede	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2014). Sedes del ICA por municipio.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización, se toma como referente la existencia de sedes del ICA en los municipios.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

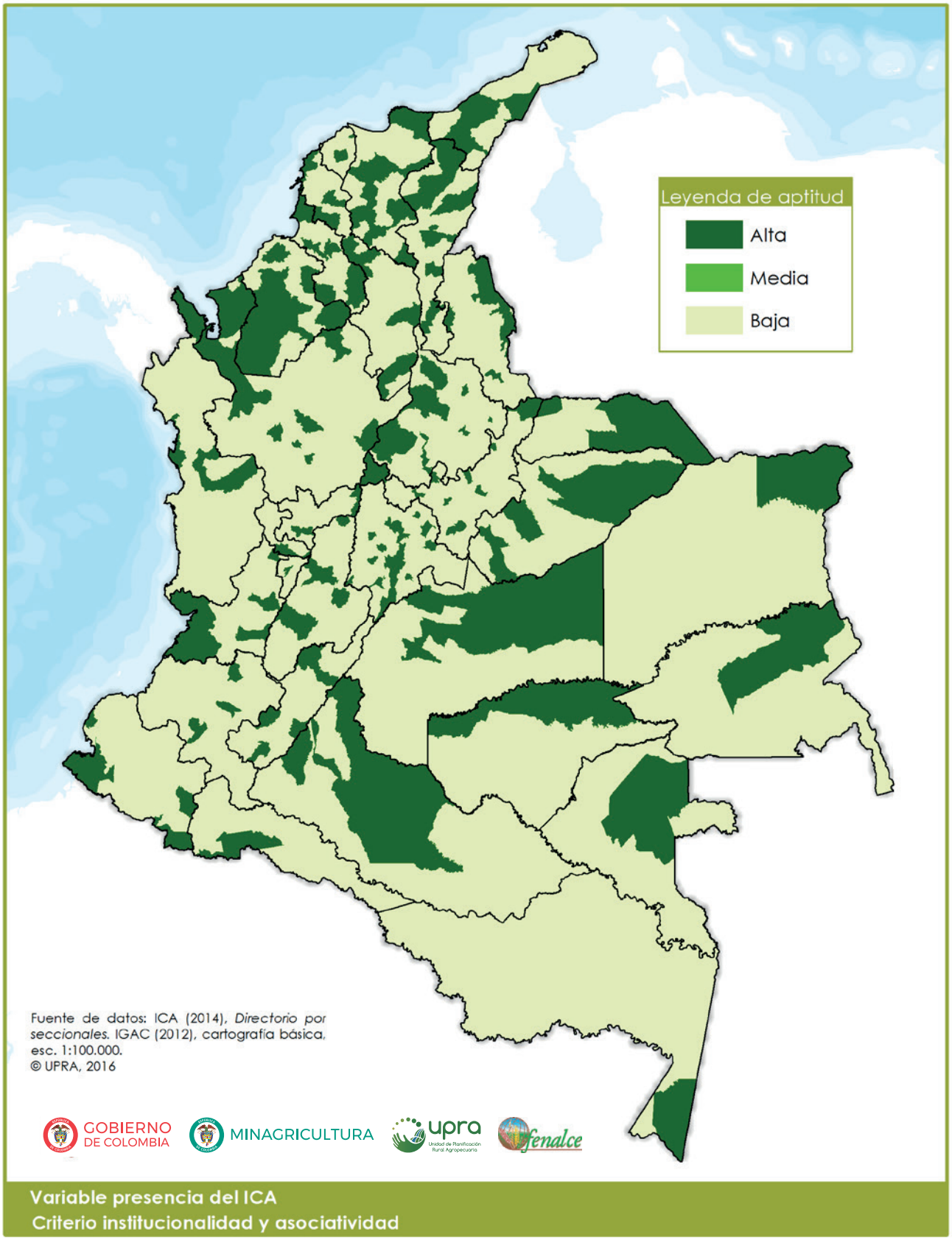
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta únicamente dos categorías de aptitud competitiva: los municipios con oficina seccional o local del ICA se clasifican en aptitud alta (A1) y aquellos sin sede del ICA se consideran con baja aptitud competitiva (A3), en razón a que dicha institución tiene influencia en todo el territorio nacional.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- Decreto 4765 de 2008. Por medio del cual se modifica la estructura del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* 47.207, de 18 de diciembre de 2008. Colombia. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/El-ICA/Funciones.aspx>.
- ICA. (2014). *Directorio por seccionales*. Recuperado de <http://www.ica.gov.co/El-ICA/Directorio-por-departamentos.aspx>.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable presencia del ICA
Criterio institucionalidad y asociatividad

3.7.4. Variable presencia de Corpoica

Ficha metodológica de la variable			
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido		
Componente: socioeconómico.			
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad			
Variable: presencia de Corpoica	Unidad de medida: área de influencia, calculada con base en la presencia de sedes de Corpoica en el municipio.		
Tipo de criterio asociado		Exclusión técnica	
		Análisis jerárquico	√
		Exclusión legal	
		Condicionante	
Definición			

Existencia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.

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 asociada con la innovación y la transferencia de conocimiento, y las tecnologías encaminadas a generar cambios tecnológicos y a mejorar la competitividad del cultivo tecnificado de maíz.

Los municipios con presencia de sedes de Corpoica tienen mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para mejorar los procesos productivos del cultivo comercial de maíz tecnificado y, por ende, se consideran más competitivos.

Productores con posibilidades de acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para el manejo de sus cultivos pueden obtener mayor productividad, lo cual se traduce en un cultivo más competitivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Presencia de sedes de Corpoica en el municipio	Aptitud
Con sede	A1
Dentro del área de influencia institucional sin sede	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2014). *Centros Corpoica*.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización, se toma como referente la existencia de sedes de Corpoica en los municipios.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

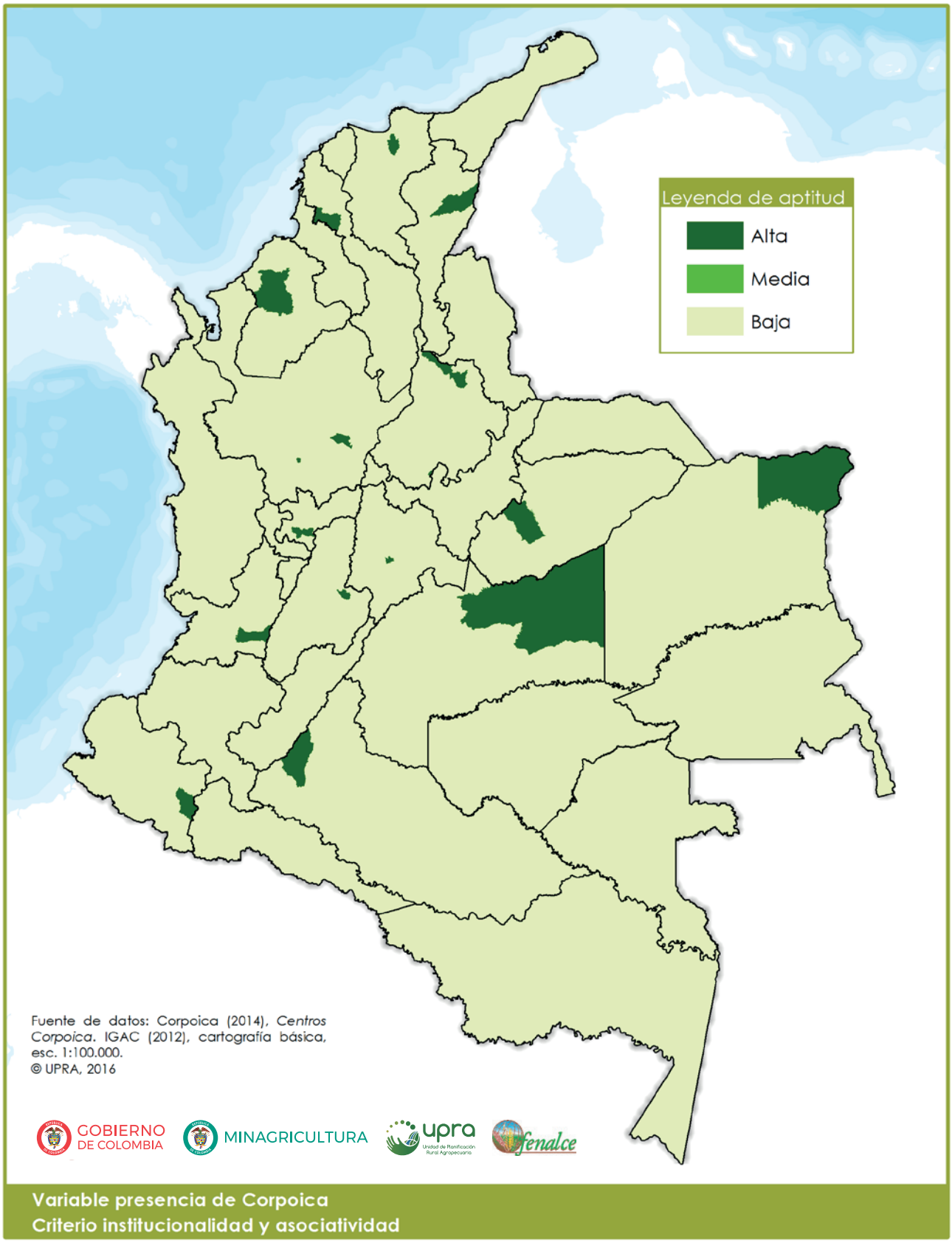
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen para dos categorías de aptitud competitiva: los municipios con centro regional de Corpoica se consideran de aptitud alta (A1) y aquellos sin sede se consideran de aptitud baja (A3), dado que dicha institución tiene influencia en todo el territorio nacional.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- Corpoica. (s.f.). *Corpoica MÁS*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/menu/qhc/>.
- —. (2014). *Centros Corpoica*. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/menu/nc/>.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable presencia de Corpoica
Criterio institucionalidad y asociatividad

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: extensión y asistencia técnica sectorial	Unidad de medida: número de organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Definición		

Existencia de entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria a nivel municipal, dirigidas a 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 maicero.

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 rural 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 el cultivo a partir de la capacitación en desarrollos tecnológicos acordes con los requerimientos específicos de las cadenas productivas; el desarrollo de capacidades de gestión y administración de los sistemas productivos y 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 la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Número de organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria en el municipio	Aptitud
3 o más	A1
1 o 2	A2
Sin organizaciones de extensión y asistencia técnica agropecuaria	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se identificaron limitantes.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Minagricultura. (2015). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria (Epsagro)* [tabla]. Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria. Actualización a12 de junio de 2015.

2. Precisiones de la información.

Para medir la presencia de organizaciones de extensión y asistencia técnica, se consideran los directorios o registros continuos de las Epsagros que se encuentran inscritas en las Secretarías Departamentales de Agricultura y en el Minagricultura.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

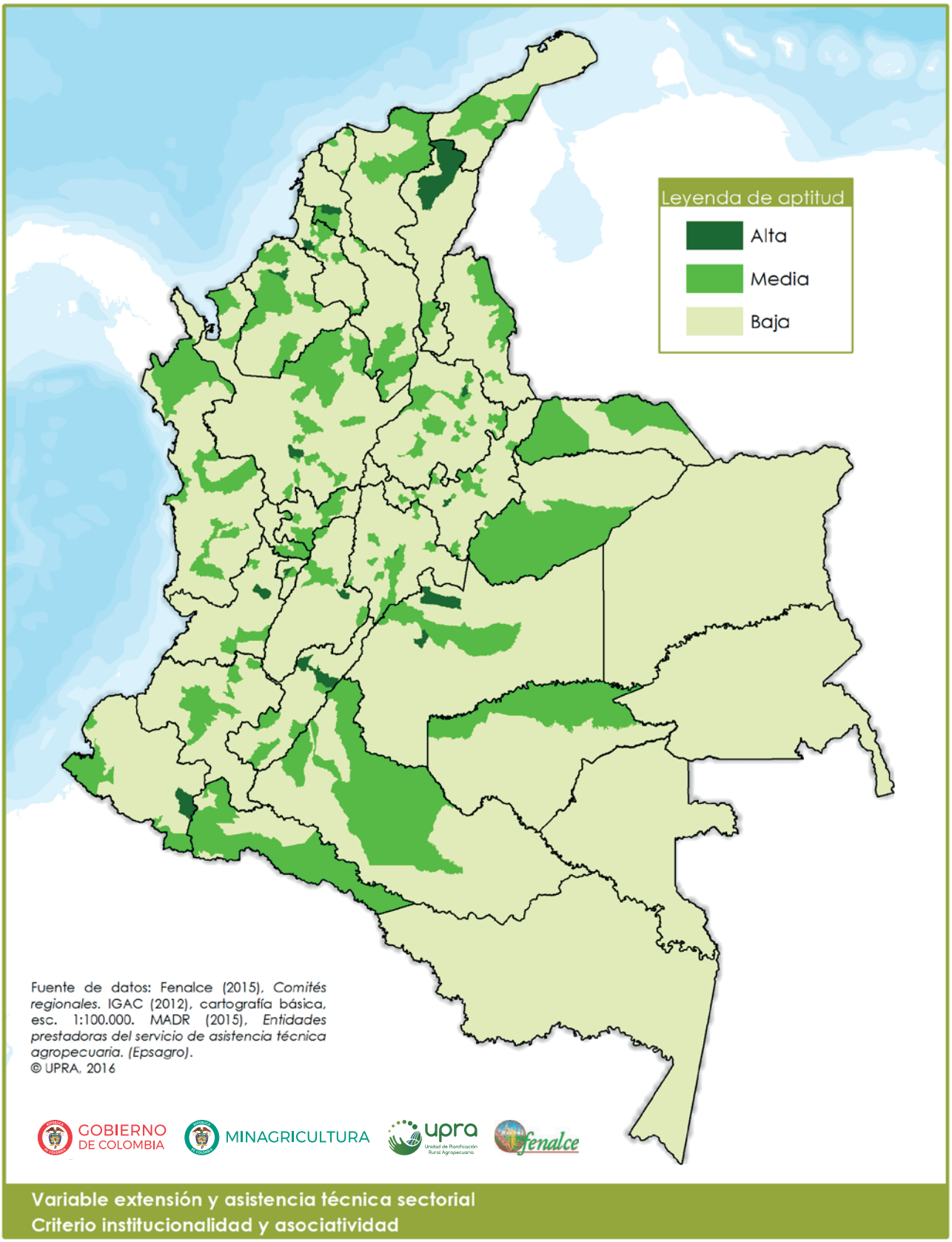
Los puntos de corte para establecer las categorías de aptitud se definen así: los municipios con tres o más Epsagros corresponden a aptitud alta (A1); aquellos con una o dos pertenecen a la categoría de aptitud moderada (A2); y los que no cuentan con Epsagros registradas se identifican como de aptitud baja (A3).

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minagricultura. (2015b). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria (Epsagro)* [tabla]. Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria.

Representación cartográfica de la variable



Variable extensión y asistencia técnica sectorial
Criterio institucionalidad y asociatividad

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 maíz tecnificado de clima cálido
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: organizaciones gremiales o de base del sector	Unidad de medida: área de influencia con base en la presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Presencia e influencia de organizaciones gremiales o de base del sector, como un indicador próximo a la existencia de redes sociales, de asociación o de cohesión social alrededor de proyectos de interés común.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a la institucionalidad sectorial presente en el municipio, tanto gremial como de otras formas asociativas de los productores maiceros.

La institucionalidad sectorial es un aspecto relevante en la toma de decisiones sobre el desarrollo de las actividades productivas, ya que refleja la existencia de liderazgos, de cohesión social y la construcción de redes que articulan a los productores de base y facilitan su acceso a instancias que pueden disponer de recursos para la implementación de proyectos productivos y el desarrollo del sector en un municipio.

Los municipios donde la presencia e influencia de las organizaciones gremiales o de base es mayor se consideran más competitivos, puesto que ofrecen un mejor contexto a los nuevos productores maiceros para insertarse en la cadena productiva y facilitan su acceso a la gestión de recursos y beneficios, lo que reduce los costos e incrementa las utilidades. La reducción de costos impacta positivamente la competitividad del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

Presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	Aptitud
Con Fenalce	A1
Municipios del departamento con cobertura atendida por Fenalce	A2
Sin Fenalce	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

- Fenalce. (2015). *Oficinas regionales a 2015.*

2. Precisiones de la información.

Sin precisiones de la información.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se verifica que las organizaciones en su totalidad correspondan al sector maicero.

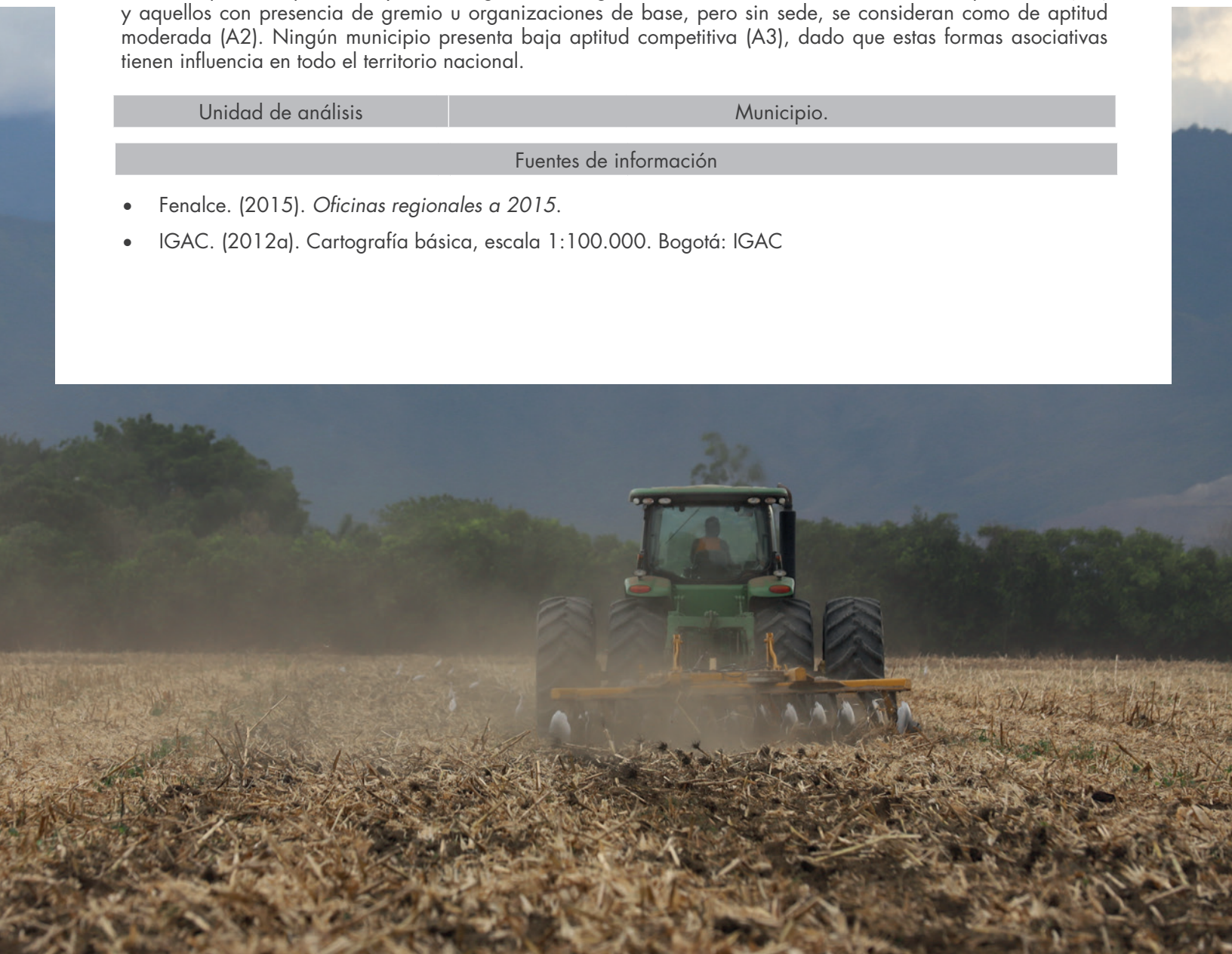
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen para dos categorías de aptitud competitiva: los municipios con presencia y sede de gremios u organizaciones de base se consideran de aptitud alta (A1) y aquellos con presencia de gremio u organizaciones de base, pero sin sede, se consideran como de aptitud moderada (A2). Ningún municipio presenta baja aptitud competitiva (A3), dado que estas formas asociativas tienen influencia en todo el territorio nacional.

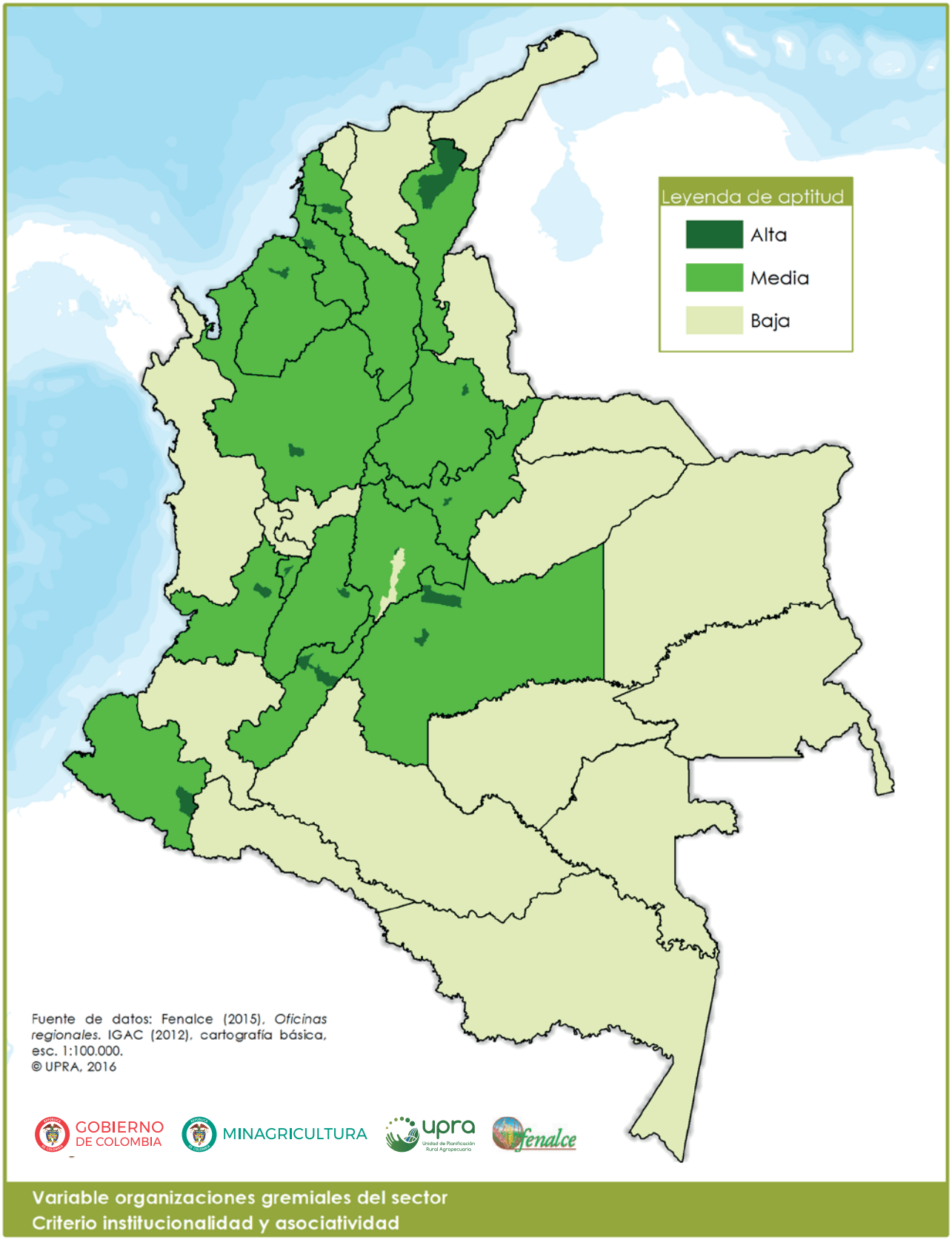
Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- Fenalce. (2015). *Oficinas regionales a 2015.*
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC



Representación cartográfica de la variable



Variable organizaciones gremiales del sector
Criterio institucionalidad y asociatividad

3.8. CRITERIO CONDICIONES DE VIDA

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio: condiciones de vida		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	
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 hace a partir del IPM municipal, calculado por el DNP con base en la información del censo general de 2005.

Dicho censo presenta 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: 0,9 %

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.

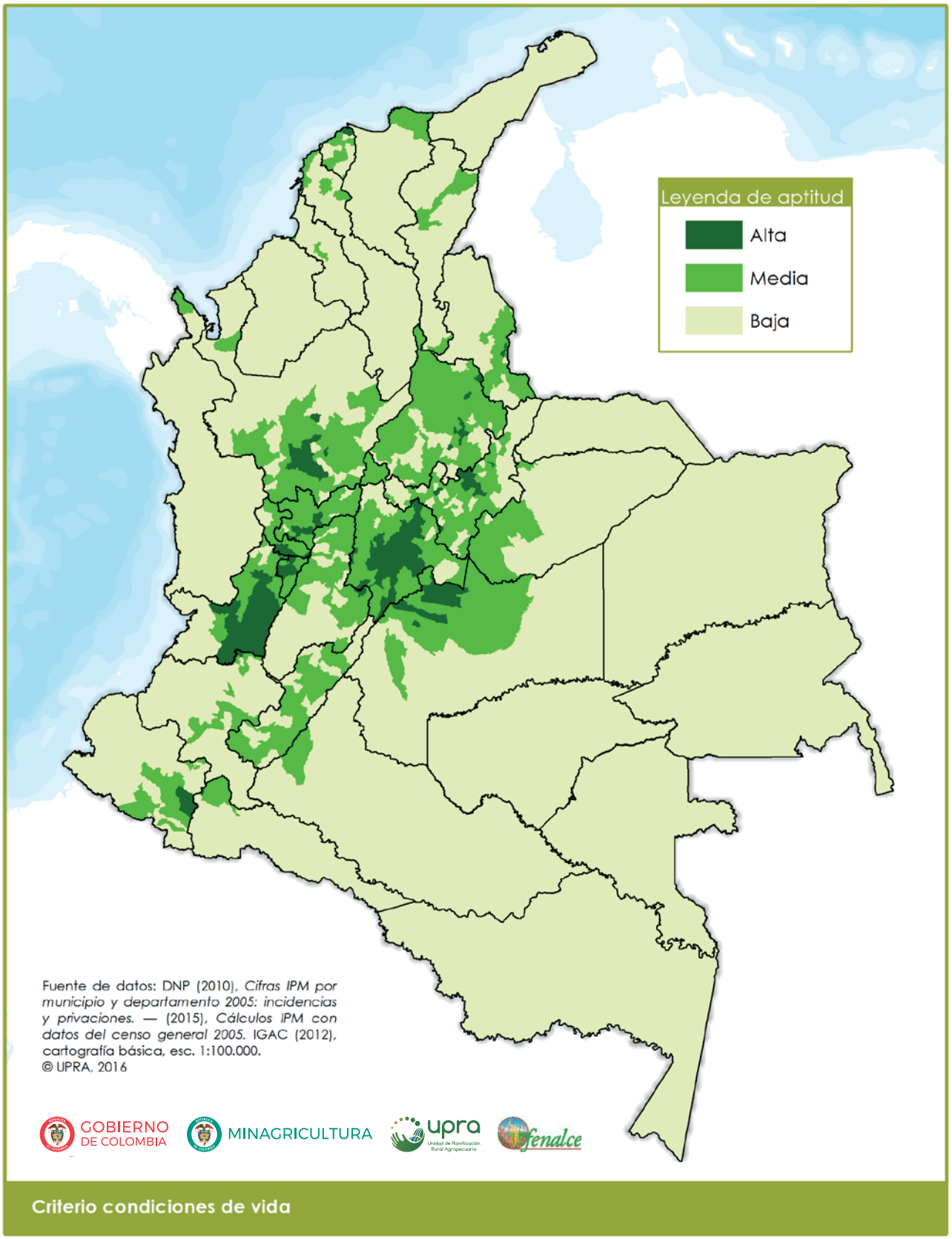
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de pobreza multidimensional (IPM)	IC, calculado con base en los resultados del índice de pobreza multidimensional para el año 2005, en el municipio.	IC > 0,46731	IC > 0,22069 e IC ≤ 0,46731	IC ≤ 0,22069
		< 64	≥ 64 - ≤ 83	> 83

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-social/pol%C3%ADticas-sociales-transversales/Paginas/promoci%C3%B3n-de-la-equidad-y-reducci%C3%B3n-de-la-pobreza.aspx>.
- —. (2011). *Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-Colombia) 1997-2008 y meta del PND*. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/%C3%8Dndice%20de%20Pobreza%20Multidimensional%20(IPM-Colombia)%201997-2008.pdf>
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del Censo General 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- PNUD. (2015). *Qué es el desarrollo humano*.

Representación cartográfica del criterio



Criterio condiciones de vida

3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Componente: socioeconómico.		
Criterio asociado: condiciones de vida		
Variable: índice de pobreza multidimensional (IPM)	Unidad de medida: IC, calculado con base en los resultados del índice de pobreza multidimensional para el año 2005 en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	√
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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.

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.

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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva, así:

IC, calculado con base en los resultados del índice de pobreza multidimensional para el año 2005 en el municipio	Aptitud
IC > 0,46731 < 64	A1
IC > 0,22069 e IC ≤ 0,46731 ≥ 64 - ≤ 83	A2
IC ≤ 0,22069 > 83	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

El IPM municipal se calcula por el DNP con base en la información del censo general de 2005. Dicho censo presenta 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. (2011). Índice de pobreza multidimensional por municipio, calculado con base en el censo general de 2005.

2. Precisiones de la información.

El procedimiento y la competencia para calcular el IPM, en Colombia, se definen y asignan 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 de incidencia de la pobreza por municipio (IPM) se ordenan de mayor a menor y se transforman 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.

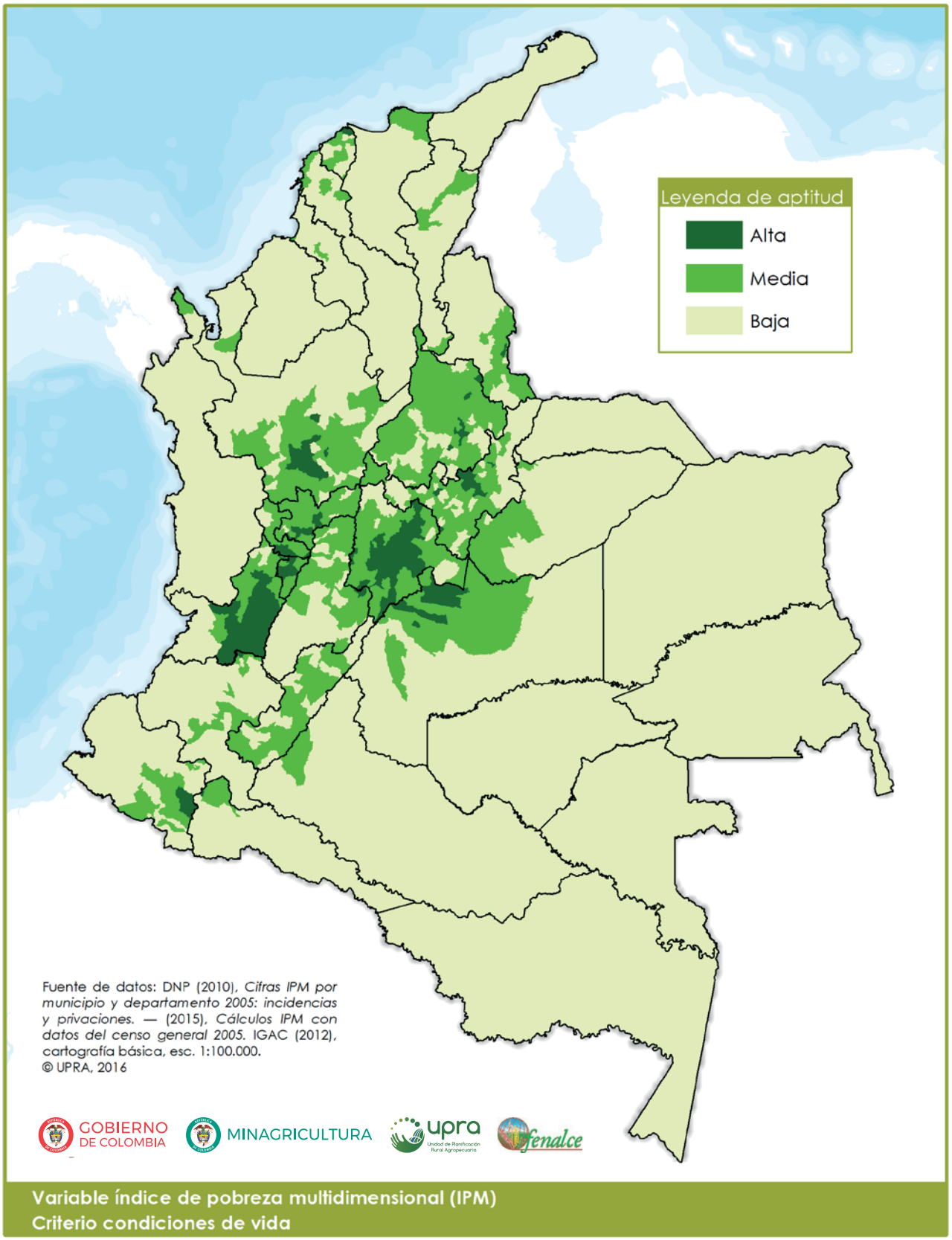
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta la dispersión de los datos del IPM. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calculan la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

Unidad de análisis	Municipio.

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-social/pol%C3%ADticas-sociales-transversales/Paginas/promoci%C3%B3n-de-la-equidad-y-reducci%C3%B3n-de-la-pobreza.aspx>.
- —. (2011). *Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-Colombia) 1997-2008 y meta del PND*. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/%C3%8Dndice%20de%20Pobreza%20Multidimensional%20(IPM-Colombia)%201997-2008.pdf>
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del Censo General 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- Ideam. (2014a). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- PNUD. (2015). *Qué es el desarrollo humano.*

Representación cartográfica de la variable



Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)
Criterio condiciones de vida

upra

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 maíz tecnificado de clima cálido	
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 y suburbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales).
- Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos).

Definición

Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agrícolas productivas. Las siguientes zonas son excluidas del proceso de zonificación de aptitud: ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras), áreas urbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales) y las áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos).

Importancia del criterio para el cultivo

Permite determinar dónde se puede o no 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

Para llevar a cabo la metodología de evaluación se analizan a profundidad las normas vigentes, se revisan las fuentes y, posteriormente, se obtiene la información cartográfica oficial.

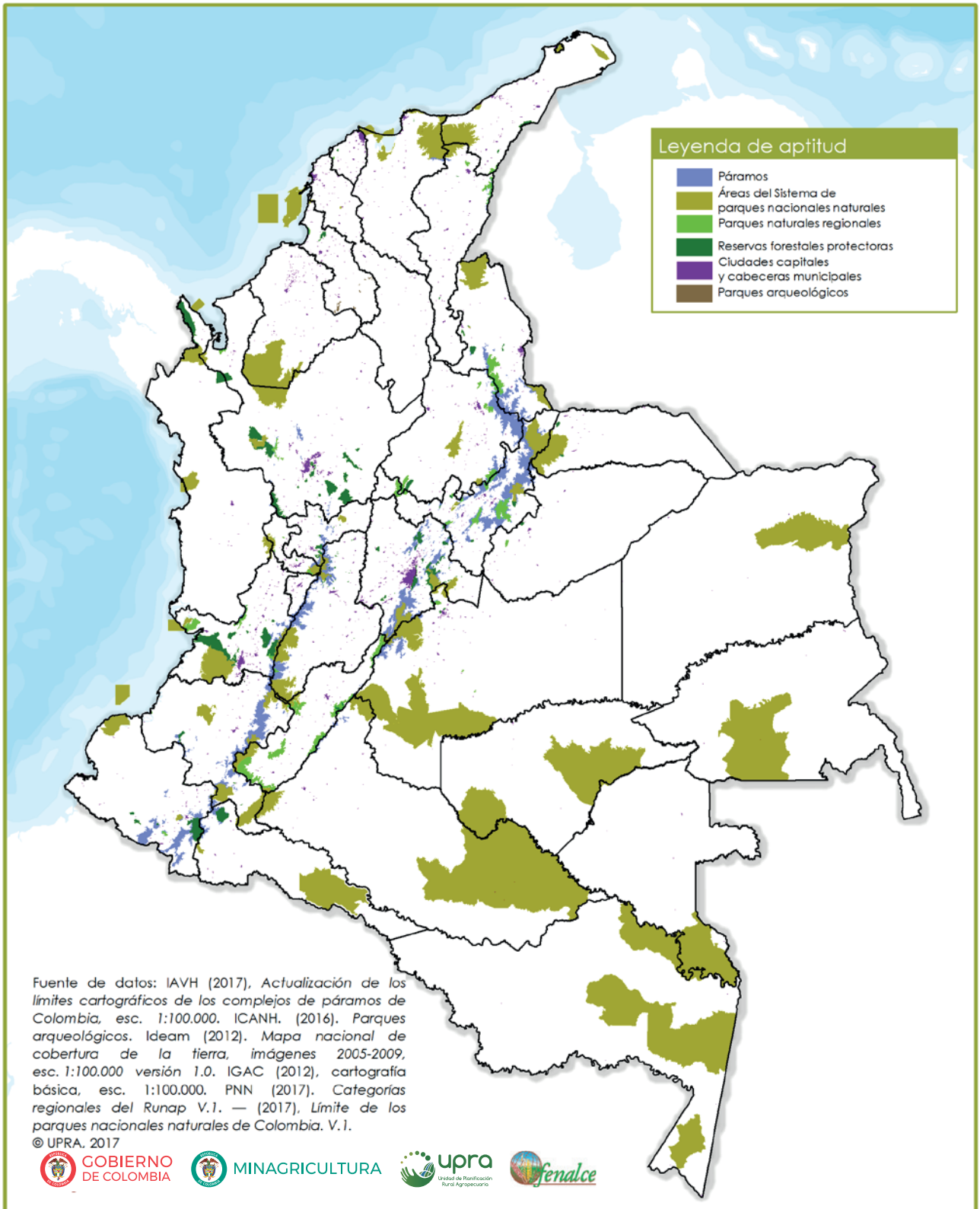
Rangos para la asignación de valores de aptitud

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.*
- ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos* [capa].
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del RUNAP V.1.*
- —. (2016b). *Límites de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.*

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IAVH (2017), *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, esc. 1:100.000.* ICANH. (2016). *Parques arqueológicos.* Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. PNN (2017). *Categorías regionales del Runap V.1.* — (2017), *Límite de los parques nacionales naturales de Colombia. V.1.*

© UPRA, 2017

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Criterio exclusiones legales

4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Criterio asociado: exclusiones legales		
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 maíz tecnificado de clima cálido, 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).

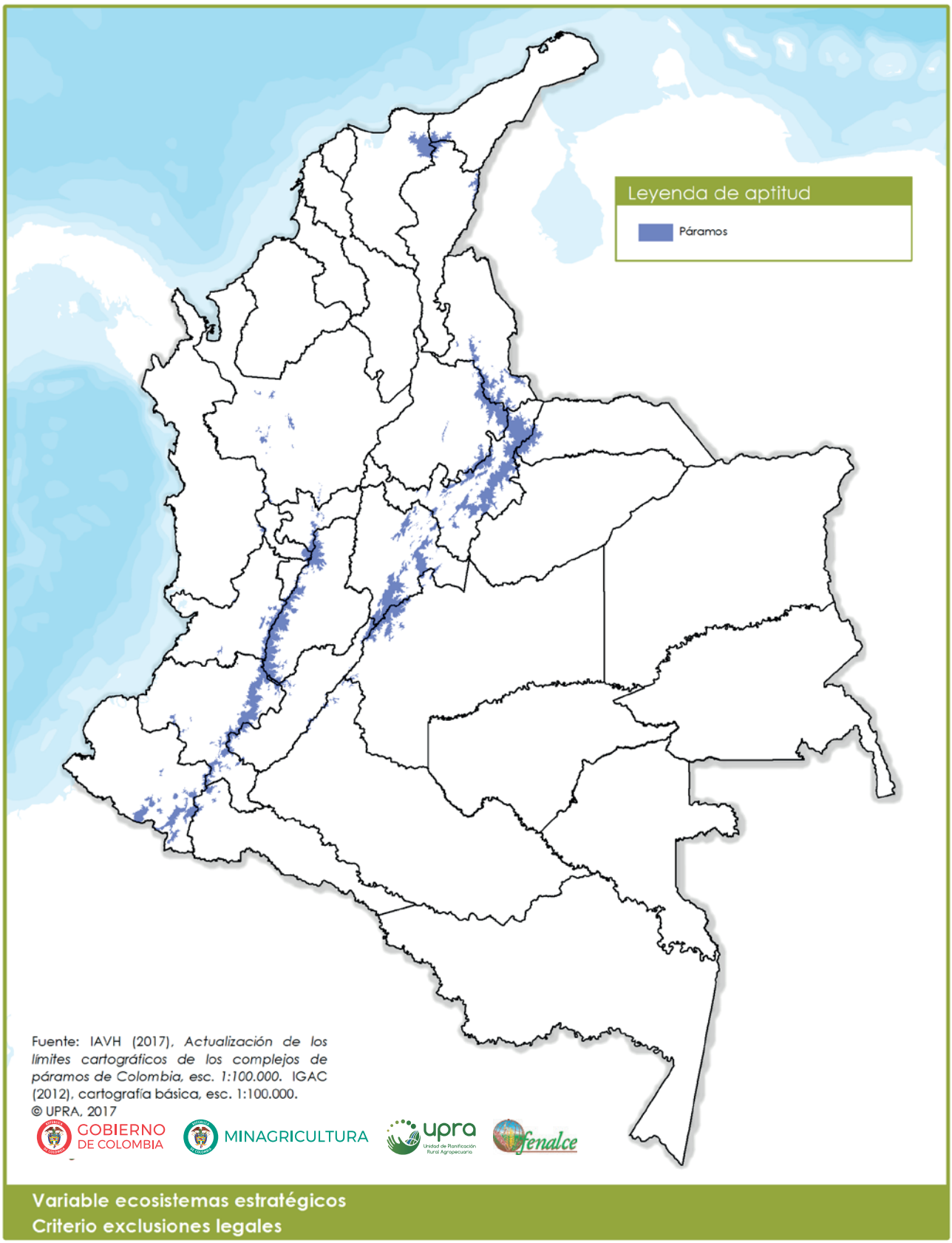
Limitantes de la evaluación de la variable

Los páramos delimitados corresponden al complejo de páramos; este 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.

Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000.*
- IGAC. (2012a). 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>.

Representación cartográfica de la variable



Variable ecosistemas estratégicos
Criterio exclusiones legales

4.1.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Criterio asociado: 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 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.

Importancia de la variable para el cultivo

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido, 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).

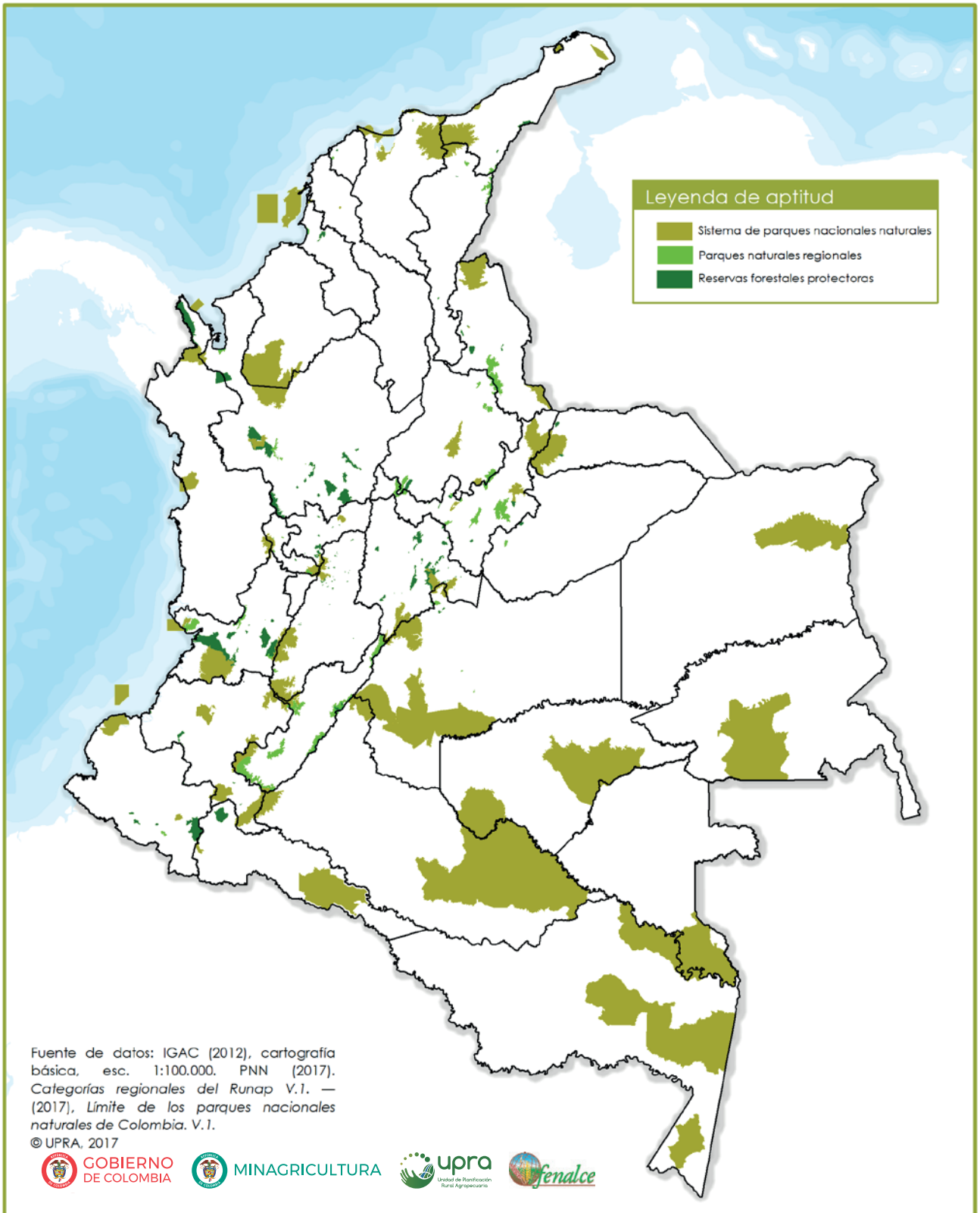
Limitantes de la evaluación de la variable

No aplica.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016b). *Límites de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.*

Representación cartográfica de la variable



Variable áreas de protegidas
Criterio exclusiones legales

4.1.3. Variable áreas urbanas y suburbanas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido	
Criterio asociado: exclusiones legales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	√

Definición

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 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 la evaluación de la variable

No aplica.

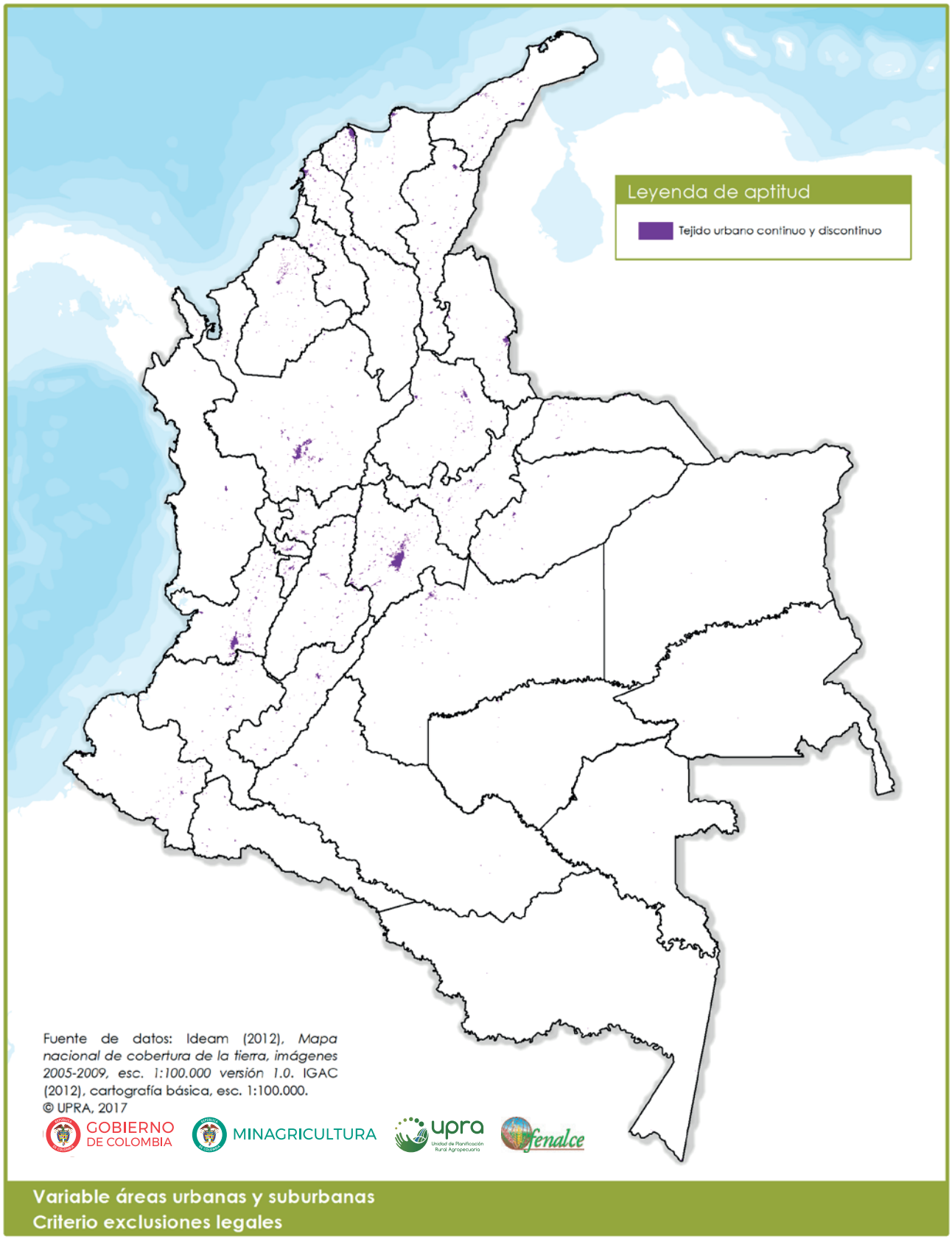
Metodología de procesamiento de la información

Se realiza la espacialización de la información referente a las áreas urbanas, en la cual se identifican las ciudades capitales y las cabeceras municipales.

Fuentes de información

- Ideam. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Variable áreas urbanas y suburbanas
Criterio exclusiones legales

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 maíz tecnificado de clima cálido	
Criterio asociado: 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).

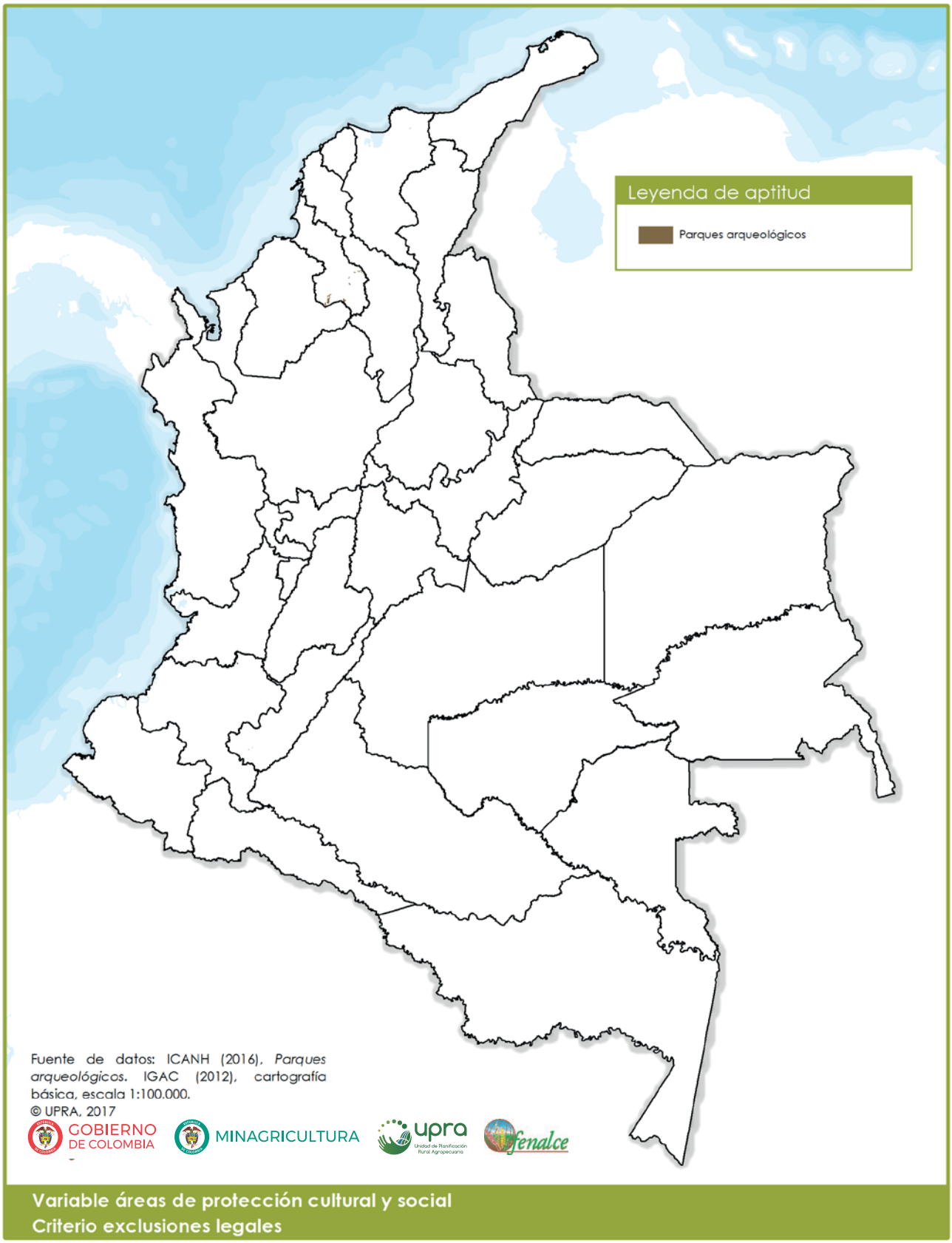
Limitantes de la evaluación de la variable

Las áreas arqueológicas consideradas de exclusión se limitan a los parques arqueológicos.

Fuentes de información

- ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos* [capa].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

Representación cartográfica de la variable



Variable áreas de protección cultural y social
Criterio exclusiones legales

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 maíz tecnificado de clima cálido	
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.
- Zonas de reserva forestal nacional.
- Distinciones internacionales.
- Áreas de interés cultural y social.

Definición

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 maíz tecnificado de clima cálido.

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 consistie en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y posteriormente obtener la cartografía oficial.

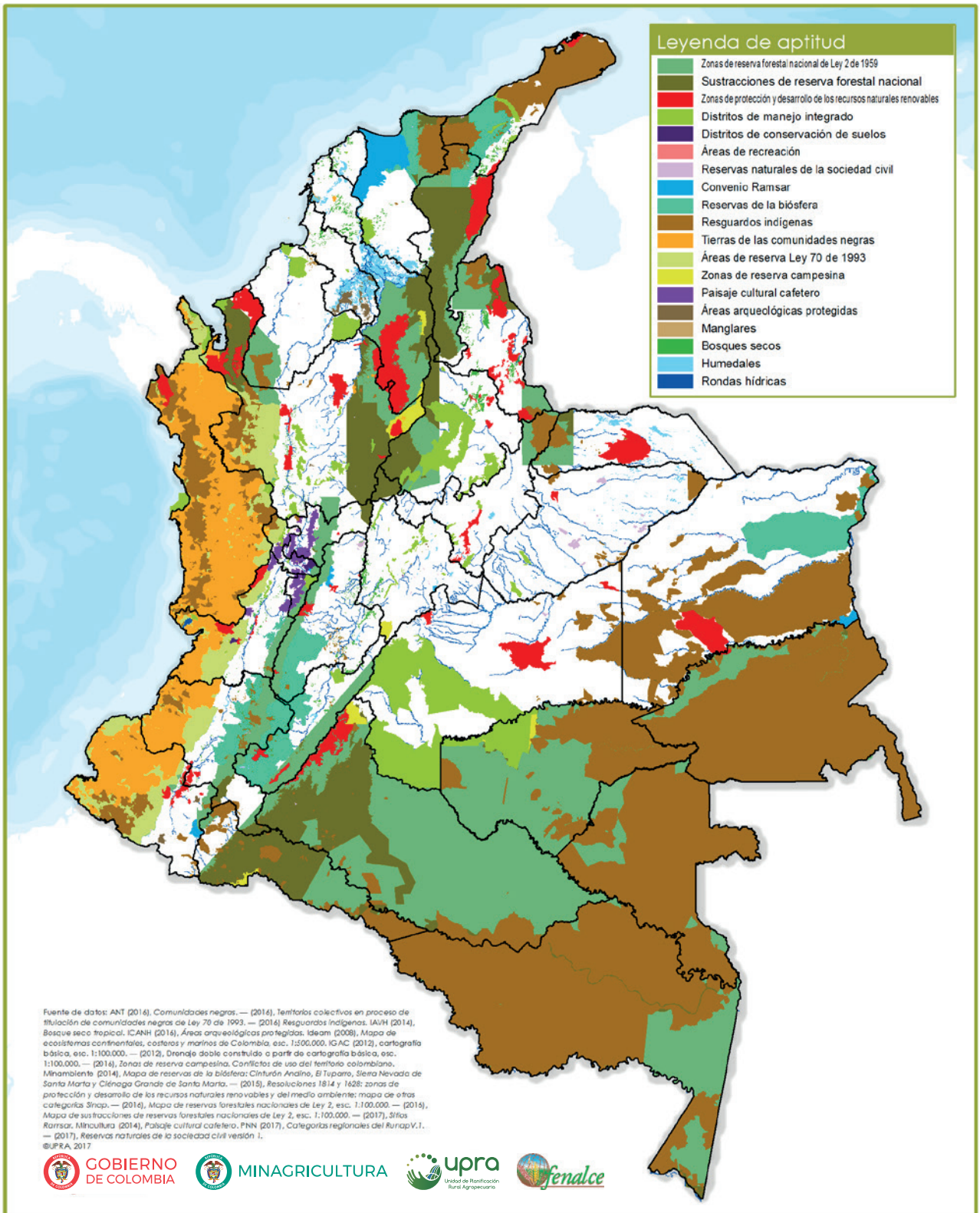
Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplican rangos para los condicionantes.

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000.*
- ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas* [capa].
- Ideam *et al.* (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.*
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2012b). «Zonas de reserva campesina». *Conflictos de uso del territorio colombiano.*
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993.*
- —. (2015a). *Comunidades negras.*
- —. (2015b). *Resguardos indígenas.*
- Minambiente. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000.*
- —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000.*
- —. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.*
- —. (2014b). *Sitios Ramsar.*
- —. (2015). *Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente* [capa]. Mapa de otras categorías Sinap.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero.*
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016c). *Límites de reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1 de 2016*
- Resolución 1628 de 2015. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.574, del 13 de julio de 2015. Colombia.
- Resolución 1814 de 2015. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.675, del 12 de agosto de 2015. Colombia.
- UPRA. (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Criterio condicionantes legales

5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Criterio asociado: 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 maíz tecnificado de clima cálido.

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 importancia ecológica, puesto 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, 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.

El Decreto 1449 de 1977 consagra, en su artículo 3 literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener la cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 m de ancha paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua.

En el artículo 204 del Decreto 2811 de 1974 se 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».

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 nro. 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. En el artículo 83, literal D, se consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos.

Por su parte, el Decreto 1449 de 1977 reglamenta, en su artículo 3 literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener la cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 m de ancha paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua.

En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en su artículo 4, señala que las rondas hidráulicas forman parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, por ser áreas de especial importancia ecosistémica.

El ecosistema de bosque seco se considera una zona de importancia ambiental que se ha priorizado para su protección y conservación, debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza; se requiere de un análisis detallado del área, previo a cualquier establecimiento de un cultivo.

Importancia de la variable para el cultivo
Permite identificar las áreas en donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en estos ecosistemas estratégicos, y por ende, debe evaluarse el establecimiento de un cultivo y la importancia de mantener la prestación de los servicios ecosistémicos.

Valor de exclusión de la variable
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

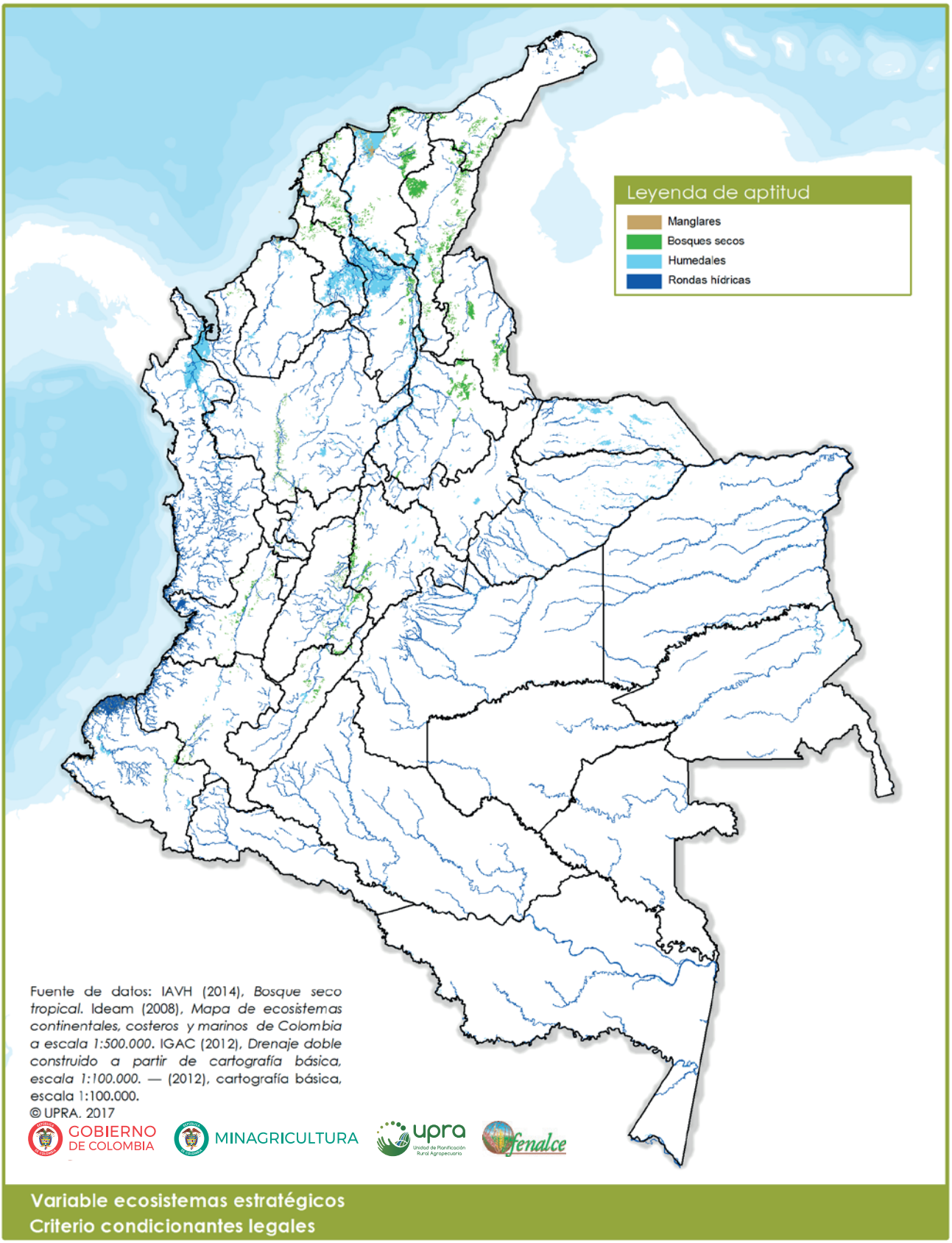
Limitantes de la evaluación de la variable
Esta variable se considerará como exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de esta norma o la definición por parte de las corporaciones autónomas regionales, por ser de su competencia. 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 m; no obstante, estas rondas 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).

Unidad de análisis	Polígonos que corresponden a las áreas de manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical.

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000.*
- Ideam. (2010c). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). 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.

Representación cartográfica de la variable



5.1.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Criterio asociado: condicionantes legales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	√
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
Definición		

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 maíz tecnificado de clima cálido. Esta variable está conformada por las siguientes áreas:

- Distritos de manejo integrado (DMI): espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada. Sus valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute (Decreto 2372 de 2010). 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): espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, y aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales. Sus valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute (Decreto 2372 de 2010). 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: 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. Sus valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute (Decreto 2372 de 2010). 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): 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 medio ambiente: 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 maíz tecnificado de clima cálido, estas áreas 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 la evaluación de la variable

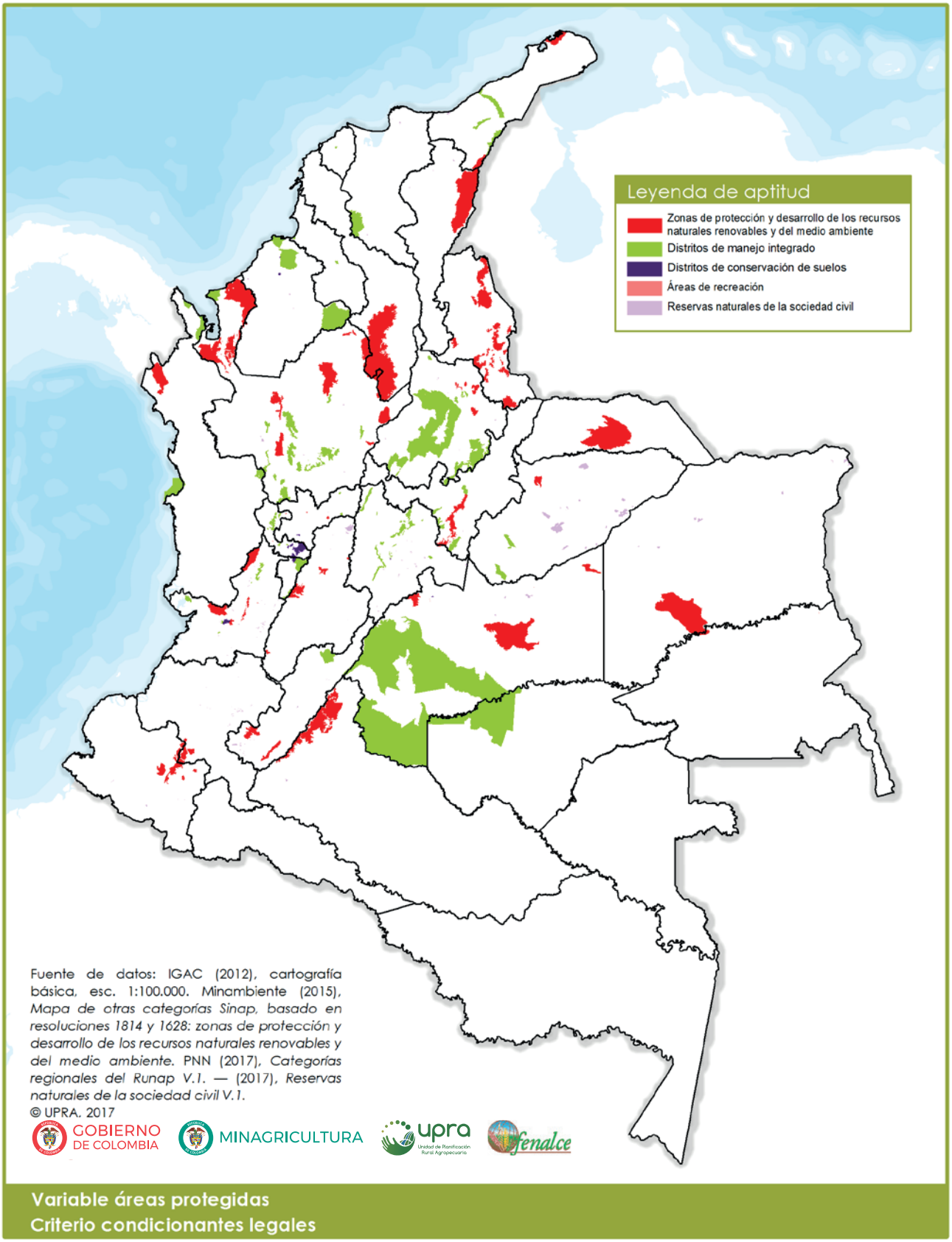
Existen categorías de áreas protegidas, como los distritos de manejo integrado que, en un nivel marginal y de acuerdo con su plan de manejo ambiental, podrían permitir el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido en la subzona de producción. No obstante, se 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 medio ambiente.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minambiente. (2015). *Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente* [capa]. Mapa de otras categorías Sinap.
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016c). *Límites de reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1 de 2016.*
- Resolución 1628 de 2015. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.574, del 13 de julio de 2015. Colombia.
- Resolución 1814 de 2015. Por la cual se declaran y delimitan unas zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente y se toman otras determinaciones. *Diario Oficial* 49.675, del 12 de agosto de 2015. Colombia.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Minambiente (2015), *Mapa de otras categorías Sinap, basado en resoluciones 1814 y 1628: zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.* PNN (2017), *Categorías regionales del Runap V.1.* — (2017), *Reservas naturales de la sociedad civil V.1.*

© UPRA. 2017

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Variable áreas protegidas
Criterio condicionantes legales

5.1.3. Variable zonas de reserva forestal nacional (Ley 2 de 1959)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Criterio asociado: 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 a dicho ministerio 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 maíz tecnificado de clima cálido; 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 la evaluación de la variable

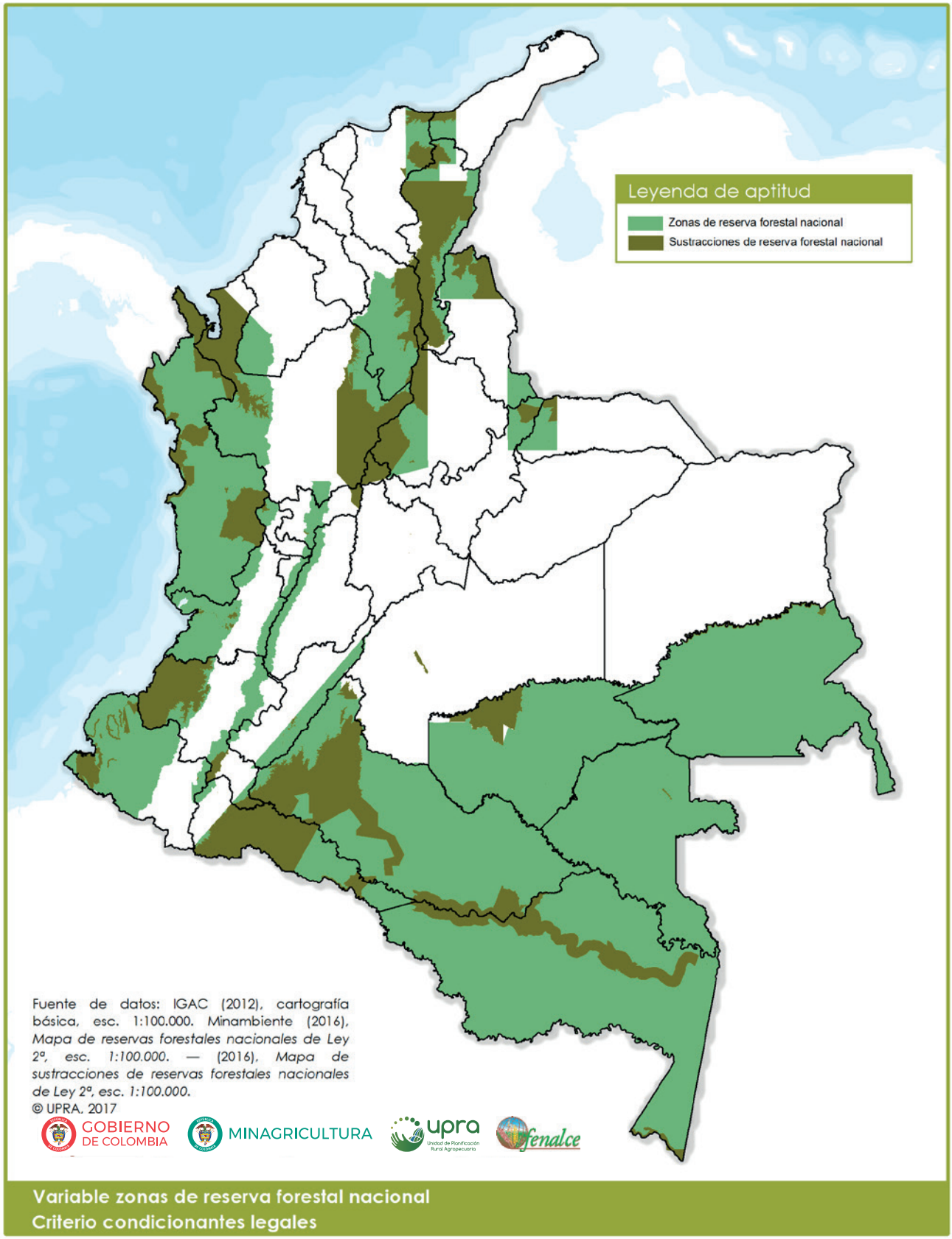
No existen limitantes para la evaluación de la variable en razón a que la normatividad permite realizar cultivos comerciales y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o líneas de política determinados en cada caso.

Unidad de análisis	Polígonos que corresponden a las áreas de zonas de reserva forestal nacional y a las sustracciones de reserva forestal nacional, de acuerdo con la Ley 2 de 1959.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minambiente. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000.*
- —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2 de 1959, escala 1:100.000.*

Representación cartográfica de la variable



Variable zonas de reserva forestal nacional
Criterio condicionantes legales

5.1.4. Variable distinciones internacionales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de maíz tecnificado de clima cálido
Criterio asociado: condicionantes legales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	√
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
Definición		

Agrupan aquellos lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país ratifica mediante la suscripción de 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	08 de enero de 2001	39.000	01°03'N 77°12'W
1387	Delta del río Baudó	Chocó	05 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 parágrafo 1 del artículo 2002, que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales, con 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 el cual 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 la evaluación de la variable

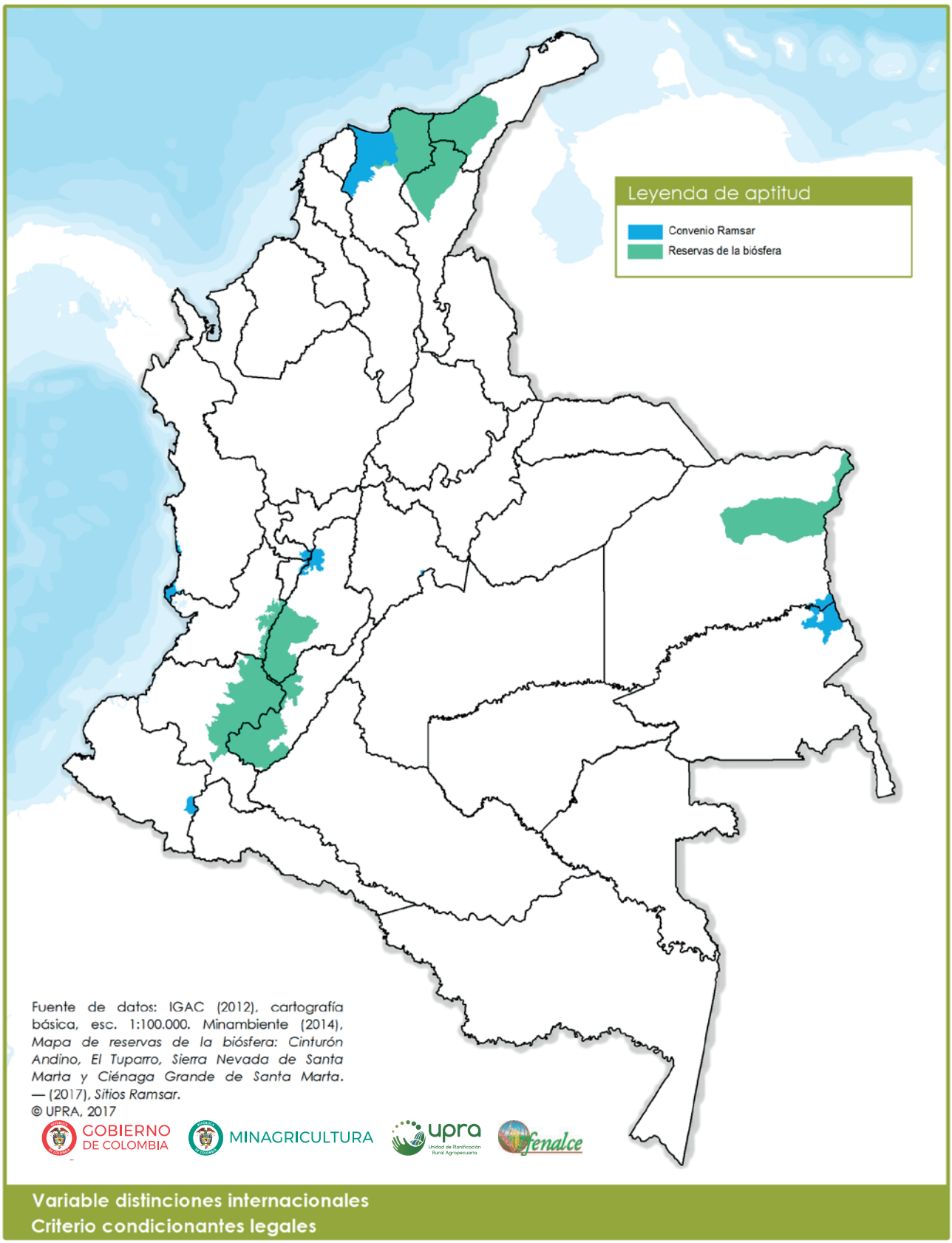
La delimitación de las reservas de la biósfera no representa una identidad ecosistémica sino los vértices de polígonos; por lo cual, se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos. Teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse más en detalle.

Unidad de análisis	Polígonos que corresponden a las áreas de los humedales Ramsar y las reservas de la biósfera sin incluir Seaflower

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Minambiente. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.*
- —. (2014b). *Sitios Ramsar.*
- Unesco. (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar).* París: Unesco. Recuperado de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf>

Representación cartográfica de la variable



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 maíz tecnificado de clima cálido
Criterio asociado: condicionantes legales		
	Análisis jerárquico	
Tipo de criterio asociado	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**: 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» (sic).
- **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» (sic).
- **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» (sic).
- **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» (sic).

- **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 la evaluación de la variable

No se contemplan los resguardos indígenas ni las zonas de reserva campesina que no han sido reconocidos ni espacializados por el Incoder.

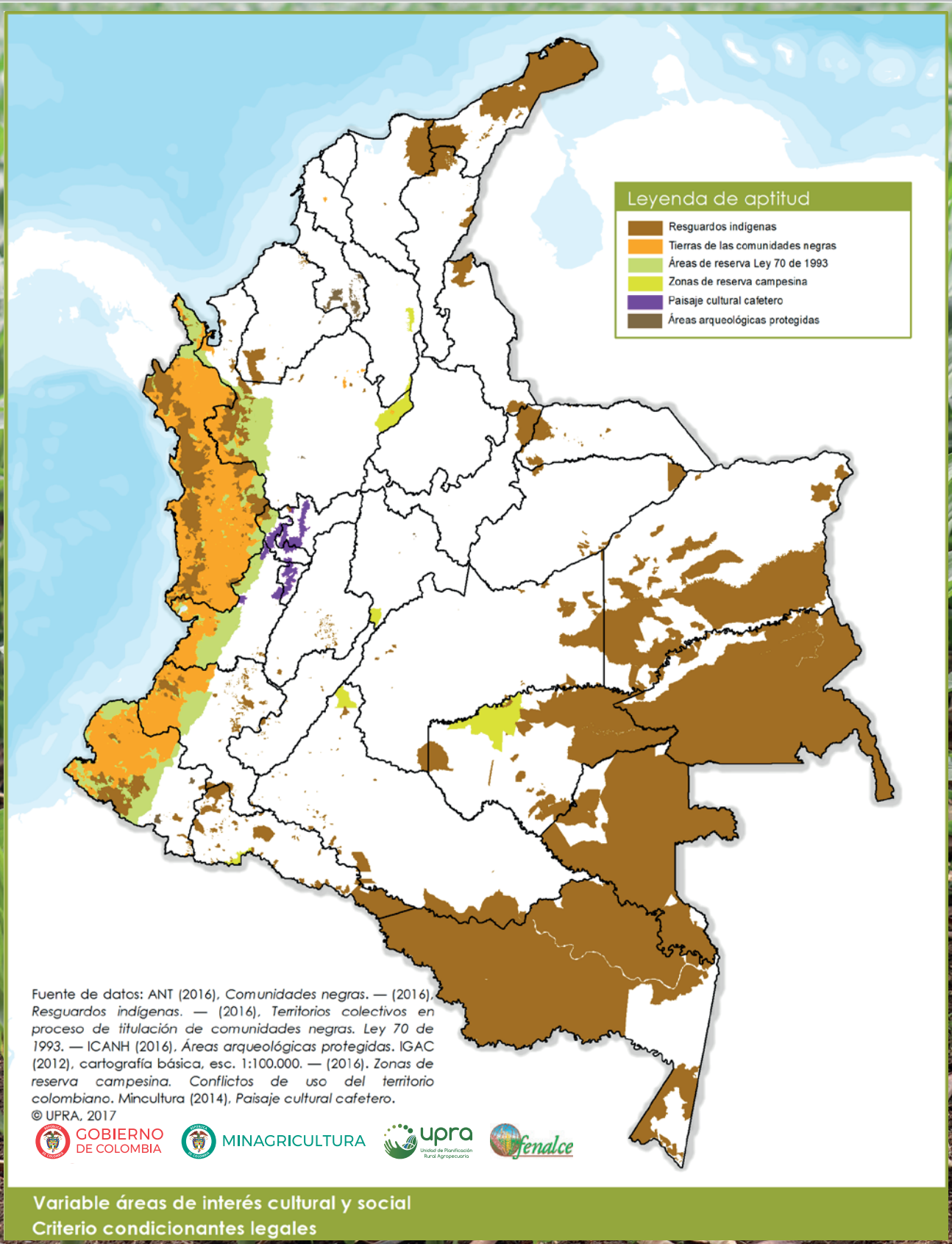
El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de consulta ante la pretensión de implementar desarrollos productivos futuros en territorios donde existan zonas de reserva campesina en proceso de constitución, ampliaciones de resguardos indígenas en curso o áreas con ocupación ancestral por parte de comunidades negras.

Unidad de análisis	Polígonos que corresponden a: áreas de tierras de las comunidades negras, áreas de reserva Ley 70, zonas de reserva campesina, áreas de resguardos indígenas, paisaje cultural cafetero y áreas arqueológicas protegidas

Fuentes de información

- ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas* [capa].
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993* [capa].
- —. (2015a). *Comunidades negras* [capa].
- —. (2015b). *Resguardos indígenas* [capa].
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- —. (2012b). «Zonas de reserva campesina». *Conflictos de uso del territorio colombiano*.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero* [capas].

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: ANT (2016), *Comunidades negras*. — (2016), *Resguardos indígenas*. — (2016), *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993*. — ICANH (2016), *Áreas arqueológicas protegidas*. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2016). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano*. Mincultura (2014), *Paisaje cultural cafetero*.

© UPRA, 2017

GOBIERNO DE COLOMBIA · MINAGRICULTURA · upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria · fenalce

Variable áreas de interés cultural y social
Criterio condicionantes legales

El campo es de todos

Minagricultura

CULTIVO COMERCIAL DE MAÍZ TECNIFICADO DE CLIMA CÁLIDO

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS EN COLOMBIA A ESCALA 1:100.000

fenalce

upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria