

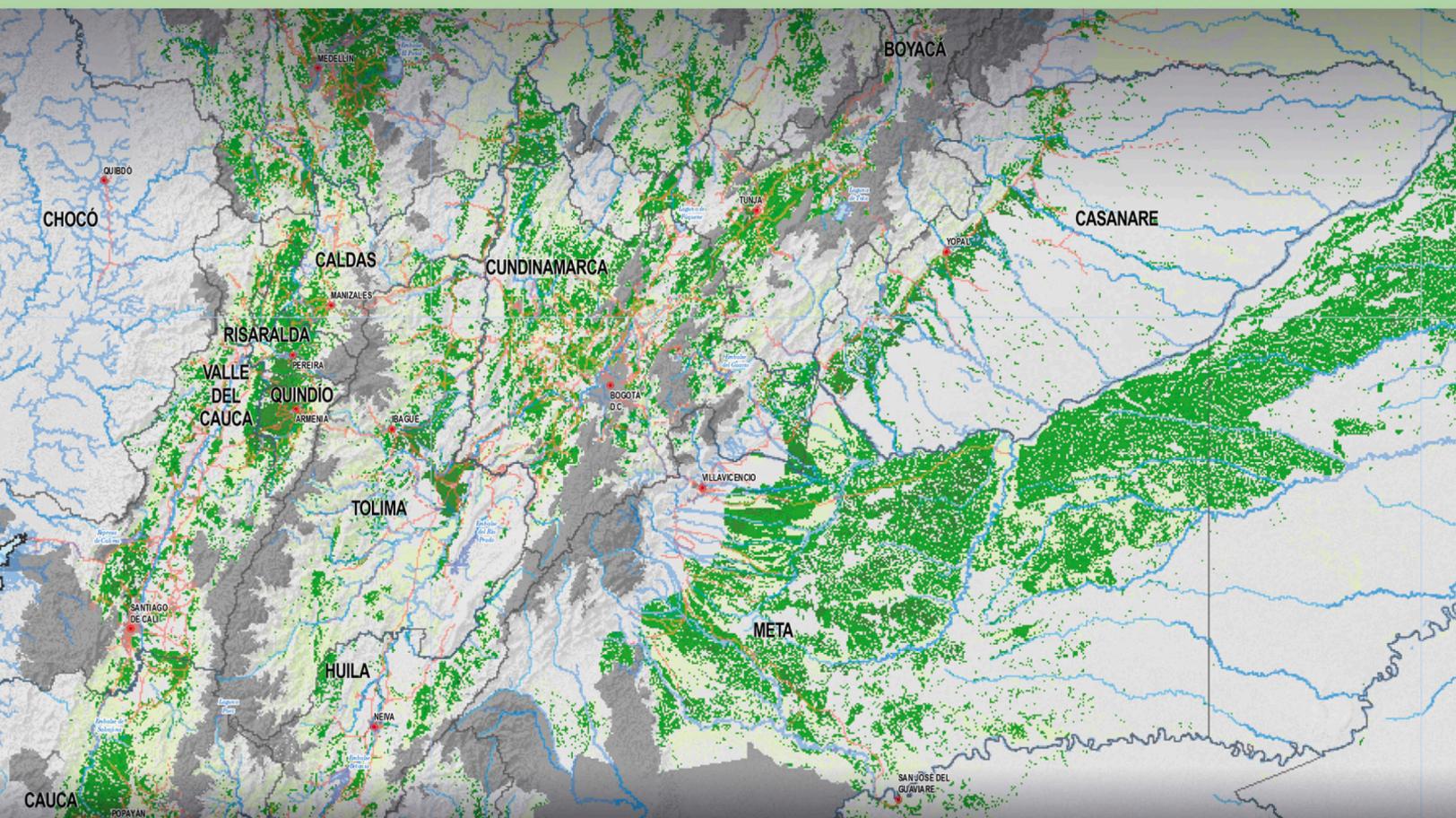


El campo
es de todos

Minagricultura

CULTIVO COMERCIAL DE CEBOLLA DE BULBO

Identificación de zonas aptas para Colombia, 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

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

Asesores

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

Directores temáticos

Felipe Fonseca Fino
Daniel Alberto Aguilar Corrales

Líderes

Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Julio Hernando Urbina Ávila
Adisedit Camacho Rojas

Autores

Daniel Alberto Aguilar Corrales
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Javier Otero García
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Edwin René García Márquez
Pedro David Porras Rodríguez
Carlos Humberto Escobar Torres
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Julio David Ramos Rodríguez
Adriana Marcela Porras Rey
Juan Ricardo Olmos Soler
Fabiola del Carmen Enciso Enciso
Claudia Patricia Acosta Latorre
Jaime Ernesto Lozano Martínez

Compiladores

Yesid Yucumá Castillo
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

BANCO DE DESARROLLO EMPRESARIAL
(BANCÓLDEX), PROGRAMA DETRANSFORMACIÓN
PRODUCTIVA (PTP)

Director temático

Mario Suárez Melo

Colaboradores

Guiovanni Arturo Zambrano Russey

Dania Palacio Garrido

Jennifer Yaneth Guzmán Gualteros

ASOCIACIÓN HORTIFRUTÍCOLA DE COLOMBIA
(ASOHOFrucol)

Colaboradores

Álvaro Ernesto Palacio Peláez

Jesús Elías Rivera Velasco

Martha Lucía Orozco Agudelo

Niny Yojana Arango Taparcua

Corrección de texto y estilo

Liliana Constanza Sepúlveda Ortega

Camila de Zubiría Rueda

John Jairo Machado Muñoz

Diseño y diagramación

Sonia Montaña Bermúdez

Fotografías

Banco de imágenes de la UPRA

Este documento es propiedad de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) y del Banco de Desarrollo Empresarial (Bancóldex). Solo se permite su reproducción parcial, cuando no se use con fines comerciales. Cítese así: Aguilar, D.; Siachoque, R.; Otero, J.; Páramo, G.; García, E.; Porras, P.; Escobar, C. ... y Lozano, J. (2018). «Cultivo comercial de cebolla de bulbo: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000». Bogotá: UPRA.

Elaborado en 2016.

ISBN: 978-958-5552-27-2

© UPRA, 2018



Tabla de contenido

Resumen	6
Índice de cuadros	7
Índice de ilustraciones	9
Glosario	11
Lista de abreviaturas	13
Lista de símbolos	16
Introducción	17
1. Antecedentes	19
1.1. Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo en Colombia	20
1.2. Contexto sectorial	21
1.2.1. El cultivo de cebolla de bulbo	21
1.2.2. Contexto mundial	28
1.2.3. Contexto nacional	38
1.3. Marco político	46
1.4. Marco normativo	46
1.5. Alcances y limitaciones	50
2. Marco conceptual	53
3. Metodología	58
3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT)	61
3.2. Criterios de análisis jerárquico	64
3.2.1. Criterios físicos	64
3.2.2. Criterios socioecosistémicos	74
3.2.3. Criterios socioeconómicos	78
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas	86
3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales	92
3.5. Análisis multicriterio	102
3.5.1. Proceso analítico jerárquico	102
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico	103
3.6. Análisis espacial y modelos cartográficos	107
3.7. Proceso de validación de los mapas	113

3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva de cebolla de bulbo	113
3.7.2. Validación en campo	115
4. Resultados	117
4.1. Primer semestre	118
4.2. Segundo semestre	122
5. Conclusiones y recomendaciones	127
6. Bibliografía	131
7. Anexo	136



Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (*Allium cepa L.*) a nivel nacional, escala 1:100.000, producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que lleva a cabo la UPRA, orientados a direccionar la inversión del sector agropecuario.

El documento contiene cuatro secciones: la primera presenta unos antecedentes del sector, en términos de su importancia a nivel internacional y nacional, zonificaciones existentes y el marco político y normativo de la cadena.

La segunda parte aborda el marco conceptual, el cual se basa en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad, los cuales se abordan 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 última parte presenta los resultados de la zonificación, plasmados en los mapas de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo. Finalmente, a manera de anexo, se presentan, para cada uno de los criterios y variables utilizados en la zonificación de aptitud, las fichas metodológicas que describen su importancia, rangos de calificación y mapas de salida como soporte al proceso metodológico.

En total, se identificaron 22 criterios: nueve del componente físico, cinco del componente socioecosistémico y ocho del componente socioeconómico, a partir de los cuales se obtuvieron los mapas de zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo. En estos mapas se identificó que para el primer semestre se tienen 22.167.802 ha aptas, correspondientes al 19,4 % del territorio continental del país, de las cuales 3.015.972 ha (2,6 %) corresponden a una aptitud alta (A1); 10.090.463 ha (8,8 %), a aptitud media (A2), y 9.061.366 ha (40,7 %), a aptitud baja (A3). Para el segundo semestre se identifican 22.240.476 ha aptas para el establecimiento y desarrollo del cultivo, de las cuales 1.867.009 ha (1,6 %) corresponden a una aptitud alta (A1), 9.533.736 ha (8,4 %) a aptitud media (A2) y 10.839.730 ha (9,5 %) a aptitud baja (A3).

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



Índice de cuadros

Cuadro 1.	Producción de cebolla de bulbo por continentes (2010-2013)	29
Cuadro 2.	Principales países productores de cebolla de bulbo (2013)	29
Cuadro 3.	Producción mundial de cebolla y participación continental (2005-2013)	30
Cuadro 4.	Producción y crecimiento promedio del área cosechada de cebolla de bulbo (2008-2013)	31
Cuadro 5.	Producción, área cosechada y rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo en los principales países productores (2013)	32
Cuadro 6.	Exportaciones de cebolla de bulbo por países (2015)	33
Cuadro 7.	Importaciones de cebolla de bulbo por países (2015)	34
Cuadro 8.	Balanza comercial de la cebolla de bulbo en Colombia (2011-2015)	35
Cuadro 9.	Exportaciones colombianas de cebolla de bulbo (miles de USD)	37
Cuadro 10.	Importaciones colombianas de cebolla (miles de USD)	37
Cuadro 11.	Área, producción y rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo en Colombia (2009-2015)	38
Cuadro 12.	Área sembrada (ha) de cebolla de bulbo en Colombia por departamentos	41
Cuadro 13.	Área cosechada (ha) de cebolla de bulbo en Colombia por departamentos	42
Cuadro 14.	Evolución de la producción (t) de cebolla de bulbo	43
Cuadro 15.	Rendimientos del cultivo de cebolla de bulbo por departamento (promedio 2010-2015)	43
Cuadro 16.	Cantidad de explotaciones agropecuarias y promedio de área sembrada en cebolla de bulbo por departamento	45
Cuadro 17.	Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia	46

Cuadro 18.	Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia	47
Cuadro 19.	Variables del subcomponente climático	66
Cuadro 20.	Criterios y variables del subcomponente edáfico	67
Cuadro 21.	Variables del subcomponente fitosanitario	74
Cuadro 22.	Criterios y variables del componente socioecosistémico	76
Cuadro 23.	Criterios y variables del componente socioeconómico	81
Cuadro 24.	Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	86
Cuadro 25.	Rangos de aptitud definidos desde el componente físico	87
Cuadro 26.	Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico	89
Cuadro 27.	Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico	90
Cuadro 28.	Exclusiones legales	93
Cuadro 29.	Condicionantes legales	29
Cuadro 30.	Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico	103
Cuadro 31.	Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio	103
Cuadro 32.	Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo	105
Cuadro 33.	Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo	106
Cuadro 34.	Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)	120
Cuadro 35.	Áreas aptas de los principales departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)	120
Cuadro 36.	Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)	124
Cuadro 37.	Áreas aptas de los principales departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)	124



Índice de ilustraciones

Ilustración 1.	Departamentos con mayor potencial de desarrollo para el cultivo de cebolla de bulbo	21
Ilustración 2.	Aspectos morfológicos de la planta de cebolla de bulbo (<i>Allium cepa</i> L.)	23
Ilustración 3.	Participación de los principales países en el área de cebolla de bulbo cosechada en el mundo (2010-2013)	28
Ilustración 4.	Tendencia de las exportaciones y las importaciones de cebolla de bulbo en el mundo (miles de t)	35
Ilustración 5.	Exportaciones e importaciones colombianas de cebolla de bulbo (t)	36
Ilustración 6.	Exportaciones e importaciones colombianas de cebolla de bulbo (miles de USD)	36
Ilustración 7.	Estructura de comercialización de la cebolla de bulbo en Colombia	44
Ilustración 8.	Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	55
Ilustración 9.	Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	60
Ilustración 10.	Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	61
Ilustración 11.	Criterios y variables del componente físico	65
Ilustración 12.	Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica	75
Ilustración 13.	Criterios y variables del componente socioecosistémico	76
Ilustración 14.	Criterios y variables del componente socioeconómico	81
Ilustración 15.	Mapa de exclusiones legales	95
Ilustración 16.	Mapa de condicionantes	101
Ilustración 17.	Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud	107
Ilustración 18.	Modelo cartográfico integral	109
Ilustración 19.	Modelo cartográfico del componente físico	110

Ilustración 20.	Modelo cartográfico del componente socioecosistémico	111
Ilustración 21.	Modelo cartográfico del componente socioeconómico	111
Ilustración 22.	Modelo cartográfico de exclusiones legales	112
Ilustración 23.	Modelo cartográfico de condicionantes	112
Ilustración 24.	Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud	113
Ilustración 25.	Registro fotográfico de la socialización en Usochicamocha	114
Ilustración 26.	Registro fotográfico de los recorridos de campo	115
Ilustración 27.	Mapa integrado de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000 (primer semestre)	119
Ilustración 28.	Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)	121
Ilustración 29.	Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)	122
Ilustración 30.	Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, escala 1:100.000 (segundo semestre)	123
Ilustración 31.	Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)	125
Ilustración 32.	Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)	125



Glosario

Acolchado: práctica agronómica que consiste en cubrir las camas de siembra, durante la etapa final de preparación del suelo, con una banda de plástico, debidamente enterrada en una buena porción de sus laterales, para sujetarla y lograr un efecto hermético.

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 seco, 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.

Cultivos protegidos: aquellos producidos parcial o totalmente en condiciones ambientales modificadas respecto a las imperantes en el entorno.

Curado: proceso natural o inducido que consiste en secar las membranas más externas del bulbo, con lo que se cierra el cuello de los mismos, se fija el color externo, se alarga su vida útil en la poscosecha y permite alcanzar el grado preciso de picante para una buena conservación en almacenamiento.

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 la UPRA, 2014).

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

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

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

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

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

Índice de 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.

Pungencia (o picor): sensación de ardor agudo producido por hortalizas como los pimientos picantes y la cebolla de bulbo, captada por el sentido del gusto al contacto con algunas sustancias. La medición de su nivel en los pimentones y ajés se lleva a cabo generalmente a través de la escala Scoville.

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

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

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



Lista de abreviaturas

AC	Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACES	Área de concentración de especies sensibles en el territorio
AICA	Áreas importantes para la conservación de las aves
AHP	Proceso analítico jerárquico (<i>analytic hierarchy process</i>)
APC	Áreas prioritarias de conservación
Asohofrucol	Asociación Hortofrutícola de Colombia
Bancóldex	Banco de Comercio Exterior de Colombia
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
Corabastos	Corporación de Abastos de Bogotá S. A.
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DCS	Distrito de conservación de suelos
DEM	Modelo digital de elevación (<i>digital elevation model</i>)
DH	Disponibilidad hídrica
DHR	Disponibilidad hídrica real
DMI	Distrito de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENSO	Fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (El Niño Southern Oscillation)
ETP	Evapotranspiración potencial

ETR	Evapotranspiración real
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FOB	Libre a bordo (<i>free on board</i>). Cláusula de comercio internacional
IAVH	Instituto Alexander von Humboldt
IC	Índice de competitividad
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICANH	Instituto Colombiano de Antropología e Historia
ICR	Incentivo a la capitalización rural
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IE	Integridad ecológica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Inat	Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
IPM	Índice de pobreza multidimensional
IRH	Índice de retención y regulación hídrica
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IUA	Índice de uso de agua
LEC	Línea especial de crédito
Minagricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Minambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Mincultura	Ministerio de Cultura
Mineducación	Ministerio de Educación Nacional
Minhacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Minsalud	Ministerio de Salud y Protección Social
Mintransporte	Ministerio de Transporte

MSNM	Metros sobre el nivel del mar
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PEA	Población económicamente activa
PET	Población en edad de trabajar
pH	Potencial de hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)
PIB	Producto interno bruto
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRAN	Programa Nacional de Reactivación Agropecuaria
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable
Runap	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinap	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
Sioc	Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas
SIG	Sistemas de información geográfica
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
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UN	Universidad Nacional de Colombia
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA	Departamento de Agricultura de los EUA
WWF	The World Wide Fund for Nature



Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
\geq	mayor o igual que
\leq	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



Introducción

Dentro de las «Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018» se recalca el impulso a la competitividad rural «a través de la provisión de bienes y servicios sectoriales que permitan hacer de las actividades agropecuarias una fuente de riqueza para los productores del campo» (DNP, 2014), combinando arreglos institucionales y multisectoriales y atributos del territorio para brindar una mayor equidad a la población rural. Para lograr lo anterior, el Gobierno nacional requiere, entre otras directrices, promover el uso eficiente del suelo y los recursos naturales a través 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 la problemática 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.

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

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

En 2014, la UPRA realizó la propuesta de zonificación forestal con fines comerciales para Colombia, tomando como base el enfoque de la FAO en lo relativo a su forma de aplicación, incorporando 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 la actividad misional de la unidad o como medio para la validación de las metodologías, los lineamientos y los criterios propuestos en el marco de las demás actividades. Para 2015, la UPRA adelantó la zonificación de aptitud de varias cadenas productivas a escala 1:100.000, entre ellas, la del cultivo comercial de cebolla de bulbo (*Allium cepa L.*), la cual contó, en sus diferentes fases, con la activa participación de los distintos actores de las cadenas productivas 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 cebolla de bulbo a escala 1:100.000, mediante la definición de los criterios y las 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, de los mapas semestrales de zonas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro capítulos: en el primero se desarrolla un contexto general del tema, que incluye la importancia económica del subsector de la cebolla de bulbo, así como los marcos político y normativo asociados al cultivo. El segundo capítulo describe los fundamentos conceptuales sobre los cuales se basa la zonificación de aptitud. El tercero describe 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; por último, el cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos, identificando las áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Al final, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proceso de zonificación de aptitud a escala 1:100.000, y el anexo que contiene las fichas metodológicas de los criterios y las variables utilizados en la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia.

1. Antecedentes





Los mapas de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000, contribuyen a atender los objetivos y las funciones de la UPRA, fortaleciendo el desarrollo de políticas del sector, priorizando la consolidación de posibles núcleos productivos y orientando inversiones a escala nacional o regional; es decir, la zonificación es parte del proceso de planificación agrícola y constituye una herramienta de carácter indicativo para la toma de decisiones.

1.1. Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo en Colombia

A partir del año 2009, el Programa de Transformación Productiva (PTP) ha trabajado en la modificación, el crecimiento y la competitividad de la industria colombiana, así como en impulsar el desarrollo de las empresas de 20 sectores de la economía en Colombia.

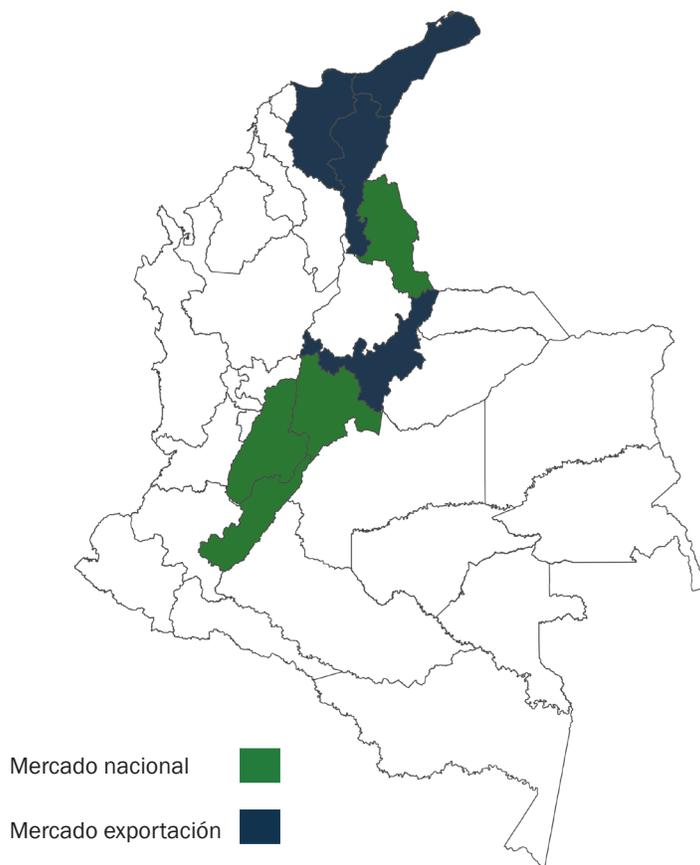
El sector hortofrutícola es considerado estratégico para garantizar la seguridad alimentaria y abarca un alto potencial en el impulso y desarrollo económico y social del país; por lo tanto, se hace necesario priorizar acciones que fortalezcan un plan de negocios que conlleve ubicar al sector, en un lugar estratégico en el escenario mundial.

De acuerdo con la evolución de la producción, varias zonas en Colombia se perfilan como potenciales para el desarrollo del plan de negocio de la cebolla de bulbo. En primer lugar, el departamento de Boyacá podría ser reforzado como productor junto a la denominada costa seca (Magdalena y Cesar), dada su facilidad de acceso a puertos, lo que las promovería, en un futuro, como zonas exportadoras (Bancóldex, 2013).

La altillanura, de disponer de la infraestructura para salida a puerto, se constituiría en una zona altamente adecuada para el cultivo. De la misma manera, no se descartó la exploración de La Guajira; el mercado nacional se podría cubrir con cultivos procedentes de las zonas tradicionales como Cundinamarca, Tolima, Huila y Valle del Cauca.

Finalmente, se consideró la posibilidad de favorecer la recuperación y posterior desarrollo de la cebolla ocañera, claramente diferenciable, por lo menos en el mercado nacional, como de alta calidad y susceptible de ser posicionada con una denominación de origen, con una producción asociada al departamento de Norte de Santander. La ilustración 1 muestra los mercados nacionales e internacionales potenciales en Colombia.

Ilustración 1. Departamentos con mayor potencial de desarrollo para el cultivo de cebolla de bulbo



Fuente: Bancóldex, PTP y Asohofrucol (2013).

1.2. Contexto sectorial

1.2.1. El cultivo de cebolla de bulbo

La cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo y la segunda en importancia después del tomate. Es originaria de Asia (Irán, Afganistán, Pakistán); pasó a la región del Mediterráneo y más tarde los españoles la introdujeron en América. Las primeras referencias se reportan al año 3200 a. C. como una planta cultivada por los egipcios, griegos y romanos (Umpiérrez, 2010).

1.2.1.1. Clasificación taxonómica

La cebolla de bulbo pertenece a la clase *Monocotiledoneae*, orden *Asparagales*, familia *Alliaceae* (*Liliaceae*), tribu *Alliieae*, género *Allium*, especie *cepa*. Los tipos de *A. cepa* cultivados se distribuyen en dos grandes grupos hortícolas: el grupo de la cebolla común y el grupo de los agregados (Hanelt, 1990; Jones y Mann, 1963; Brewster, 1991, citados por Pinzón, 2009).

El primer grupo incluye a la mayor parte de cultivares que forman bulbos individuales, grandes y se multiplican principalmente a partir de semilla sexual; su cultivo se realiza en diversos climas, especialmente en el frío, alrededor de 2000 m s. n. m. Los bulbos del grupo de los agregados son más pequeños que la cebolla común, debido a que se dividen rápidamente y forman bulbos laterales a manera de racimos; en Colombia, este grupo corresponde a la cebolla ocañera, con plantas de tres a siete bulbos de color rojo pálido a rosado claro y con fuerte sabor picante (Pinzón, 2009).

1.2.1.2. Descripción botánica y morfología

La raíz de la cebolla de bulbo es fasciculada; penetra entre 40 y 45 cm en el suelo y se puede extender hasta 33 cm lateralmente. Para las cebollas trasplantadas, su sistema de raíces no alcanza más de 25 cm de profundidad y pocas veces se extienden más de 15 cm. El 90 % de las raíces está en los primeros 30 cm de suelo (Pinzón, 2012).

El tallo consiste en un disco basal de pocos centímetros de diámetro y pocos milímetros de espesor que se encuentra en el extremo inferior de las plantas jóvenes y de los bulbos. Sobre él se forman las yemas y las hojas; de él crecen las raíces adventicias (Pinzón, 2012).

Las hojas se originan a partir del falso tallo o escapos florales y las yemas latentes que dan origen a bulbos, macollas o tallos florales. Las hojas son alternas a lo largo del tallo; las bases de estas forman una estructura simple en forma de un pseudotallo. La lámina foliar de una hoja joven es sólida, pero a medida que esta se ensancha origina una cavidad interna. Después de formada la tercera hoja y hasta el momento de la cosecha, las hojas se forman en una tasa uniforme, aproximadamente de una hoja por semana.

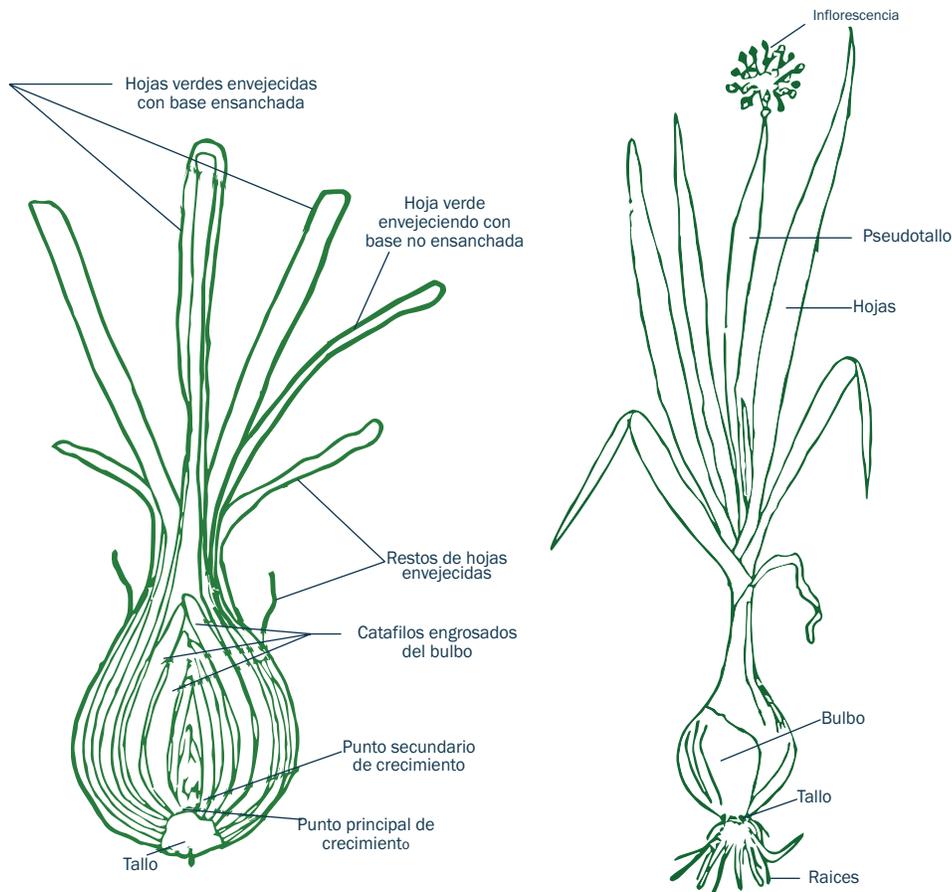
Las hojas son tubulares, ensanchadas en la parte central y puntudas en la parte superior. Cada hoja consta de dos partes: limbo u hoja verdadera y vaina, parte cilíndrica que crece sucesivamente, de manera que cada hoja más joven pasa por la vaina de la hoja ya crecida. El conjunto de 10 a 15 hojas forma un tallo falso, que es la parte visible de las vainas foliares (Pinzón, 2012).

El bulbo es el producto del engrosamiento de las hojas basales, que se encuentran sobre el tallo verdadero; en esta estructura se almacenan las sustancias de reserva que se emplean en la siguiente fase del desarrollo de la planta. El bulbo está formado por el verdadero tallo o disco basal y de tres a cuatro estratos de escamas carnosas o túnicas; en el interior de estas hay cinco hojas formadas que permanecen pequeñas, pero que sobresalen como brotes si

las condiciones que siguen al almacenamiento son favorables a la continuación del desarrollo del bulbo (Arboleya *et al.*, 1993).

Las flores están dispuestas en umbelas que contienen de 50 a 2000 flores o más, protegidas por hojas modificadas que forman la espata. El fruto de la cebolla es una cápsula que puede contener hasta seis semillas, las cuales se liberan una vez se produce la dehiscencia tipo loculicida (Arboleya *et al.*, 1993).

Ilustración 2. Aspectos morfológicos de la planta de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.)



Fuente: <<http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080062072.PDF>>.

De acuerdo con Fedecafé (1986), el ciclo vegetativo de la cebolla varía en relación a la temperatura. El periodo entre siembra y cosecha está en 90 días para climas cálidos y entre 120 y 150 días en climas fríos. Igualmente, la cebolla de bulbo se clasifica de acuerdo con su respuesta al fotoperiodo en variedades de día largo, de día intermedio y de día corto, estas últimas, las de mejor adaptación a las regiones productoras en Colombia.

La cebolla de bulbo tiene un lento establecimiento y bajo ritmo de crecimiento que la hace muy sensible a la competencia por arvenses (Pinzón, 2012).

1.2.1.3. Variedades e híbridos

A. *cepa* se diferencia especialmente por el color de los bulbos. De acuerdo con Pinzón (2006), dentro de las cebollas de bulbo amarillas y blancas se encuentran los siguientes materiales de siembra:

Henry's Special: híbrido amarillo, de bulbos grandes, globosos, achatados, pungentes y de cuello fino.

Yellow Granex: o granex amarilla, con bulbo sólido y de forma achatada, grande, de color amarillo y pulpa blanca, sabor suave y atractivas capas exteriores. Presenta alta tolerancia a la enfermedad raíz rosada causada por *Pyrenochaeta terrestris*.

Nirvana: tiene bulbos achatados, redondos, dulces, amarillos y con buena tolerancia a enfermedades, de color blanco, precoz y de alto rendimiento; permite trasplante temprano.

Caramelo (Sweet Carolinne): color blanco, tamaño de bulbo entre jumbo y colosal, baja pungencia, buena poscosecha, puede conservarse hasta tres meses. Resistencia a raíz rosada (*P. terrestris*) e intermedia resistencia a *Fusarium* sp.

Superex: bulbos amarillos de cáscaras finas y brillantes, cuello delgado que facilita la poscosecha; alta tolerancia a mildew. Recomendada para todos los climas.

Azteca: híbrido de cebolla blanca de día corto con bulbo de forma tipo globoso, semiaplanado y uniforme. Tiene resistencia a la raíz rosada (*P. terrestris*) y a *Fusarium* sp.

Colina (Don Víctor): color blanco, sabor muy suave con alto potencial de producción, forma bulbos globosos de gran tamaño, con alta resistencia de formar bulbos dobles y a raíz rosada.

White Creole: color blanco, recomendada para uso industrial. Rendimientos de 20 a 25 t/ha.

Los mismos autores destacan dentro de la cebolla roja ocañera los siguientes cultivares:

Híbrido rojo: bulbos pungentes en forma de globo achatado, tolerancia a *Fusarium* sp., se adapta en climas cálidos y medios.

Rosada milenio: apropiada para climas tropicales, con bulbos pungentes en forma de globosos y achatados; tolerante a enfermedades foliares, así como a *Fusarium* y a raíz rosada (*P. terrestris*).

Burguesa: adaptada a climas cálidos y fríos. Presenta bulbos de color rojo intenso, de forma globosa achatada, pungencia media, buena tolerancia a raíz rosada (*P. terrestris*) y a *Fusarium* sp.

Común: forma ovoide y de sabor picante, bulbos de tamaño mediano, dependiendo de la fertilidad del suelo.

Red Creole: o criolla roja; el bulbo es de forma globosa, de sabor picante y de rendimientos entre las 30 y 40 t/ha. Su destino es el mercado fresco.

1.2.1.4. Aspectos fitosanitarios

En todas las zonas productivas del país, el cultivo de cebolla de bulbo presenta, durante su crecimiento, una serie de plagas y enfermedades de importancia económica que impactan en el desarrollo de la actividad productiva.

Fedecafé (1986) y Pinzón (2012) destacan algunas plagas que afectan el cultivo de la cebolla de bulbo, así:

Trips (Thrips tabaci y Frankliniella occidentalis): estos insectos están favorecidos por las épocas secas. Causan amarillamiento de las hojas, que eventualmente se tornan de color plateado y secan el cultivo por el raspado y succión del contenido celular de las plantas. El resultado es la disminución del rendimiento, reflejado en la producción de bulbos pequeños.

Minador (Lyriomyza huidobrensis): las larvas actúan como minadores de hojas por la alimentación que hacen del parénquima.

Mosca de la cebolla (Hylemia antiqua): insecto barrenador del bulbo de la cebolla, con formación de galerías.

Ácaros (Aceria tulipae): causa deformaciones de las hojas en forma de espirales; provoca manchas amarillas alargadas.

Igualmente, los mismos autores destacan las siguientes enfermedades y nematodos:

Mildeo veloso (Peronospora destructor): afecta a las plantas en cualquier etapa de crecimiento. Sobre las hojas aparecen lesiones elípticas grandes con una cubierta color grisáceo que luego se oscurece, en presencia de altas temperaturas diurnas, humedad relativa mayor o igual que 95 % al amanecer y temperaturas y rocíos frecuentes, así como cambios bruscos de temperatura; si las condiciones ambientales cambian, la hoja afectada se dobla y se seca desde allí hasta el ápice.

Mancha púrpura (Alternaria porri): el hongo genera manchas blancas hundidas, en el sentido de las nervaduras, con centro púrpura que luego de dos a tres semanas se tornan negras hasta cubrir la superficie de las hojas. En el bulbo, cerca de la maduración, la enfermedad se manifiesta como una pudrición acuosa en el cuello. Para su manejo se recomienda el curado de los bulbos.

Pudrición blanca (Sclerotium cepivorum): ataca el bulbo generando crecimiento de micelio blanco, sedoso y superficial que genera una pudrición semiacuosa y una rápida formación de pequeños esclerocios de forma esférica; las hojas

se tornan amarillentas de forma progresiva hasta secarse totalmente. La enfermedad sigue su desarrollo en almacenamiento como pudrición del bulbo.

Pudrición del cuello (*Botrytis allii*): genera pudrición del cuello con eventuales ramificaciones.

Raiz rosada (*Pyrenochaeta terrestris*): reduce el volumen de las raíces con presencia de coloración rosada y eventual marchitamiento de la planta.

Pudrición blanda (*Erwinia carotovora*): pudrición acuosa con olor fétido.

Nematodos (*Ditylenchus dipsaci*): en condiciones de campo atrofia el crecimiento, en tanto que en almacenamiento, el bulbo presenta consistencia harinosa.

1.2.1.5. Recomendaciones de manejo

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

1.2.1.5.1. Previo a la siembra

El productor deberá disponer de suficiente información acerca de las características de la zona y el historial del predio que se va a cultivar, con el propósito de disminuir los riesgos asociados al ataque de plagas y enfermedades, así como los del efecto negativo de algunos elementos del clima o condiciones adversas del suelo.

El proceso de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo constituye un importante insumo que la UPRA deja a disposición de los productores para una correcta decisión de siembra con base en la determinación de aptitud de las tierras, las cuales ofrecen diversas características desde los componentes físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos.

Se recomienda considerar el mercado objetivo de la producción comercial de la cebolla de bulbo con el objeto de trazar un plan de negocios dirigido al mercado nacional o la posible exportación, buscando las mejores condiciones de oferta en términos de oportunidad, calidad y precio, así como la posible competencia bajo diferentes escenarios de comercialización. Se prefiere el establecimiento del cultivo comercial de la cebolla de bulbo en zonas que cuenten con suficiente infraestructura de vías, riego, servicios públicos, mano de obra y mercados, que le permitan al productor mejorar la rentabilidad del negocio.

De acuerdo con los requerimientos de cada cultivar y debido al amplio rango de temperaturas y demandas ambientales del cultivo, será necesario hacer una selección adecuada del material de siembra. Para todos los casos, se recomienda atender las recomendaciones de la ficha técnica de la semilla y el manejo agronómico en almacigo.

Un adecuado plan de fertilización debe tener en cuenta los requerimientos del cultivo, el nivel de rendimiento esperado y la oferta de nutrientes del suelo. En este último aspecto será indispensable hacer toma de muestras de suelos para determinar sus propiedades y el balance de minerales, de materia orgánica y demás parámetros.

Los productores de cebolla de bulbo que deseen implementar mecanismos de certificación en Buenas Prácticas Agrícolas o GlobalGap deberán asegurar la trazabilidad de todos los procesos y el cumplimiento de las obligaciones adquiridas. Bajo estos sistemas se asegura la inocuidad del alimento, la protección del medioambiente y el bienestar de los trabajadores vinculados a la producción.

1.2.1.5.2. Durante el desarrollo del cultivo

Se hace necesario hacer una correcta selección del material de siembra, en este caso, de híbridos o variedades, así como de un material de siembra de óptima calidad que tenga respaldo de la certificación oficial del ICA.

En el caso de establecer programas de producción vegetativa (siembra de bulbillos), será necesaria la selección de plantas de excelente calidad en términos de sanidad y productividad, que garanticen el éxito del cultivo por establecer.

La época de siembra, así como la correcta implementación de las labores de siembra, plantulación, trasplante, limpiezas, drenajes, riego, manejo fitosanitario, fertilización y cosecha, serán elementos indispensables para optimizar la productividad del cultivo de cebolla de bulbo.

Para el control de problemas fitosanitarios se recomienda la implementación de medidas de manejo integrado, partiendo de una acertada identificación del origen de los daños o síntomas, así como la incidencia, severidad o prevalencia de los patógenos. Este manejo incluye el uso de cultivares tolerantes o resistentes, la aplicación de control biológico y microbiológico, de control mecánico y etológico para plagas. El control químico será una alternativa de manejo, observando las recomendaciones de etiqueta donde se destacan, entre otros aspectos, dosis, frecuencias de aplicación, mezclas, rotación de los mecanismos de acción y periodos de carencia.

El suministro de agua a través de sistemas de riego suplementario constituye una práctica agronómica que, aparte de suplir las demandas hídricas en las etapas críticas del cultivo, favorecen el aumento en el rendimiento y la calidad del bulbo por cosechar. No obstante, en la etapa cercana a la maduración, se recomienda suspender el riego, en beneficio de la calidad del bulbo.

Las coberturas plásticas o acolchados junto al riego por goteo son una opción tecnológica que permite un control eficiente de arvenses, así como mantener la temperatura del suelo que evite la excesiva pérdida del agua, disminuir la erosión y generar un microclima ideal para acelerar el ciclo vegetativo del cultivo.

Las aplicaciones foliares de plaguicidas y fertilizantes solubles y otras sustancias que permitan proteger y cuidar el cultivo deberán atender las recomendaciones

del uso eficiente del agua. Para el riego, el sistema por aplicar deberá contemplar un análisis de la calidad del agua y, en lo posible, impedir la salinización del suelo como resultado del uso de sales de los fertilizantes.

El proceso de agobio inducido de las plantas, comúnmente implementado para provocar el volcamiento de los pseudotallos y acelerar la maduración de los bulbos, si se realiza en forma muy anticipada, resulta en disminución del rendimiento y la posible propagación de plagas y enfermedades, afecta el proceso de curado de los bulbos y no permite alcanzar la pungencia propia del producto.

1.2.1.5.3. En la poscosecha

La fase de recolección es el punto determinante de la producción del cultivo comercial de cebolla de bulbo. Para una óptima cosecha, es necesario determinar los parámetros de calidad exigidos por el mercado en relación a consistencia, tamaño, forma, contenido de humedad y niveles máximos de daños permitidos.

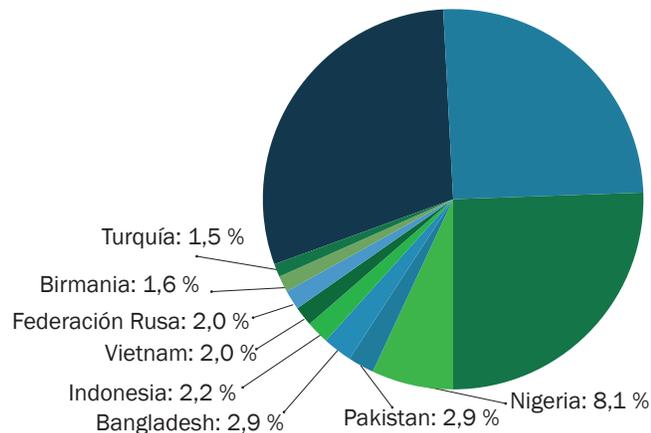
Se deben asegurar procesos eficientes de selección y clasificación en campo; los bulbos no comerciales, deformes, con daños mecánicos o pudriciones, así como los demás residuos de cosecha, deberán tener una disposición final adecuada que impida que se constituyan en fuente de inóculo de plagas y enfermedades.

Luego de la cosecha, se recomienda la rotación de cultivos con especies que permitan romper los ciclos de organismos fitopatógenos y que sean alternativas al monocultivo de la cebolla de bulbo.

1.2.2. Contexto mundial

De acuerdo con la información de la FAO (2015b), entre los años 2010 y 2013, en el mundo fueron cultivadas, en promedio, poco menos de 4,5 millones de ha de cebolla de bulbo, la mayoría de ellas (67 %), ubicadas en Asia, de las cuales, 24,6 % fueron en la India y 22,5 %, en la China, como se muestra en la ilustración 3.

Ilustración 3. Participación de los principales países en el área de cebolla de bulbo cosechada en el mundo (2010-2013)



Fuente: FAO (2015).

La producción mundial de cebolla de bulbo en el mismo periodo presentó una tendencia creciente al pasar de 78,9 a 85,8 millones de t, concentradas en el continente asiático con una participación entre 65,5 % y 67,1 %, mientras que las de las Américas, África y Europa oscilaron entre 10,7 % y 12,1 % (cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de cebolla de bulbo por continentes (2010-2013)

Año	Producción (t)	Participación (%)			
		Asia y Oceanía	Américas	África	Europa
2010	78.924.858	65,5	11,4	12,1	11,0
2011	84.308.184	65,9	10,7	11,3	12,1
2012	82.498.300	66,2	10,9	11,3	11,6
2013	85.795.191	67,2	11,2	10,8	10,8

Fuente: FAO (2015).

Para 2013, el registro de los mayores productores del bulbo fue liderado por la China y la India; los diez primeros países concentraron el 67 %, entre los cuales se ubicó Brasil, con el 1,8 % del total (cuadro 2). Colombia alcanzó apenas un 0,5 %, aproximadamente, con 439.500 t.

Cuadro 2. Principales países productores de cebolla de bulbo (2013)

País	Producción (t)	Participación (%)
China	22.345.000	26,0
India	19.299.000	22,5
EUA	3.159.400	3,7
Irán	2.381.551	2,8
Federación Rusa	1.984.937	2,3
Turquía	1.904.846	2,2
Egipto	1.903.000	2,2
Pakistán	1.660.800	1,9
Brasil	1.538.929	1,8
Argelia	1.344.385	1,6
Otros	-	33
Total	85.496.056	100

Fuente: FAO (2015).

La demanda de cebolla en el mercado mundial mantiene una tendencia creciente, la superficie sembrada y la producción mundial han aumentado de manera significativa; en los últimos quince años, el consumo mundial se ha multiplicado debido al incremento de la demanda urbana de productos frescos a los requerimientos crecientes de alimentos por parte de la industria y la culinaria (Bancóldex, 2013).

Las importaciones de cebolla han crecido 10 % en los últimos cinco años y existe un potencial de varios países compradores de la producción colombiana del bulbo. El mercado estadounidense representa el 6 % de las compras mundiales de cebolla de bulbo.

1.2.2.1. Dinámica de los mercados a nivel global

Entre 2008 y 2013, la producción mundial de cebolla creció 32 %, al pasar de 65,6 a 86,9 millones de t, con un ritmo de crecimiento promedio anual de 4 %. En el mismo periodo, Asia y Oceanía produjeron cerca de dos tercios del total mundial (cuadro 3).

Cuadro 3. Producción mundial de cebolla y participación continental (2005-2013)

Año	Producción (t)	Participación porcentual (%)			
		Asia y Oceanía	América	África	Europa
2005	65.686.332	63	13	11	13
2006	68.317.104	64	13	11	12
2007	73.137.034	66	13	10	11
2008	74.500.566	65	12	11	12
2009	73.774.881	64	13	12	12
2010	78.924.858	65	12	11	11
2011	84.308.183	66	11	11	12
2012	83.614.299	65	11	12	11
2013	86.974.190	66	11	12	11

Las cifras de producción, área cosechada y área sembrada corresponden al cultivo con código de la FAO 403 y nombre «cebollas secas». La FAO define al cultivo así: «*Allium cepa*. Incluye las cebollas en estado maduro, pero no las cebollas deshidratadas». Se tomaron datos de este código, ya que la cebolla de bulbo corresponde a *Allium cepa* (Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola et al. 2006).

Fuente: FAO (2016).



Según la FAO, en el mismo periodo, la India y China continental concentraron el 47 % de la producción mundial de cebolla. Le siguieron EUA (4 %), Egipto (3 %), Irán (3 %), Brasil (2 %) y México (2 %). Colombia ocupó el puesto 30, con 2.412.054 t.

Cuadro 4. Producción y crecimiento promedio del área cosechada de cebolla de bulbo (2008-2013)

Lugar	País	Producción (t)	Participación (%)	Crecimiento del área cosechada (%)
1	China continental	129.940.000	27	10
2	India	94.464.890	20	46
3	EUA	19.972.680	4	-7
4	Egipto	12.517.683	3	0
5	Irán	12.103.961	3	40
6	Turquía	11.538.778	2	-15
7	Rusia	11.038.841	2	-6
8	Pakistán	10.712.600	2	-18
9	Brasil	9.213.497	2	-12
10	Países Bajos	8.010.900	2	10
11	Corea del Sur	7.828.775	2	30
12	México	7.621.941	2	-0,1
13	España	7.087.788	1	-23
14	Nigeria	6.947.873	1	58
15	Japón	6.705.000	1	5
16	Birmania	6.584.055	1	-0,3
17	Argelia	6.412.454	1	27
18	Ucrania	6.169.800	1	-5
19	Bangladés	5.875.263	1	7
30	Colombia	2.412.054	1	40
	Resto de países	98.938.144	20	30
	Total	482.096.977	100	18

Fuente: FAO (2016).

Entre 2008 y 2013, la superficie total cosechada de cebolla creció 18 %. El área cosechada creció en India (46 %), Irán (40 %), Corea del Sur (30 %) y China continental (10 %); se presentó disminución del área cosechada en España (-23 %), Pakistán (-18 %), Turquía (-15 %) y EUA (-7 %). El área cosechada de Colombia creció 40 % en el mismo periodo, al pasar de 13.469 ha a 18.920 ha. Si se toma la producción promedio del periodo 2008 a 2013, Colombia ocupó el puesto 30 de los países productores.

En 2013, los rendimientos más altos se registraron en Corea (64,6 t/ha), EUA (54,5 t/ha), España (53,7 t/ha), Países Bajos (45,8 t/ha) y Egipto (36 t/ha). En América Latina, los mayores rendimientos los tuvieron México (29,6 t/ha), Brasil (26,8 t/ha) y Colombia (23,2 t/ha), todos por encima del rendimiento mundial de 19,3 t/ha (cuadro 5).

Cuadro 5. Producción, área cosechada y rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo en los principales países productores (2013)

País	Producción		Área cosechada		Rendimiento
	t	Participación (%)	ha	Participación (%)	t/ha
China continental	22.300.000	25,6	1.025.000	22,8	21,8
India	19.299.000	22,2	1.217.000	27,0	15,9
EUA	3.159.400	3,6	58.007	1,3	54,5
Irán	2.381.551	2,7	70.125	1,6	34,0
Rusia	1.984.937	2,3	85.740	1,9	23,2
Turquía	1.904.846	2,2	63.796	1,4	29,9
Egipto	1.903.000	2,2	52.920	1,2	36,0
Pakistán	1.660.800	1,9	125.900	2,8	13,2
Brasil	1.538.929	1,8	57.402	1,3	26,8
Argelia	1.344.385	1,5	48.667	1,1	27,6
Nigeria	1.320.000	1,5	190.000	4,2	6,9
Países Bajos	1.310.000	1,5	28.600	0,6	45,8
Corea	1.294.009	1,5	20.036	0,4	64,6
México	1.270.060	1,5	42.951	1,0	29,6
España	1.186.600	1,4	22.100	0,5	53,7
Bangladés	1.168.000	1,3	134.354	3,0	8,7
Birmania	1.141.000	1,3	70.600	1,6	16,2
Sudán del Sur	1.116.000	1,3	58.590	1,3	19,0
Colombia	439.539	0,5	18.920	0,4	23,2
Otros	19.252.134	22,1	1.130.858	25,1	17,0
Total	86.974.190	100	4.502.646	100	19,3

Fuente: FAO (2016).

Los países Bajos exportaron la mayor cantidad de cebolla, con poco menos de USD 540.408.000, seguido por la China, con USD 476.712.000, y la India, con USD 428.378.000. Irán y Rusia no se encuentran entre los mayores exportadores a pesar de ser grandes productores, por lo que se intuye que producen básicamente para el abastecimiento interno (cuadro 6).

Cuadro 6. Exportaciones de cebolla de bulbo por países (2015)

País	Valor (miles de USD)	Participación (%)	Volumen (t)	Participación (%)
Países Bajos	540.408	16	1.566.385	21
China	476.712	14	870.009	12
India	428.378	13	1.047.474	14
México	424.980	13	386.242	5
Egipto	261.386	8	515.034	7
EUA	212.861	6	303.824	4
España	164.953	5	353.807	5
Francia	70.880	2	121.599	2
Perú	63.467	2	162.112	2
Nueva Zelanda	56.628	2	177.082	2
Canadá	42.363	1	81.361	1
Otros países	587.657	18	1.912.374	26
Total	3.330.673	100	7.497.303	100

Fuente: UN Comtrade Statistics. Cálculos de TradeMap (2016).

En 2015, Colombia ocupó el lugar 85 del volumen de exportaciones con 303 t, y el lugar 58 en términos de valor exportado, con USD 1,7 millones.

Entre 2011 y 2015, las importaciones mundiales de cebolla crecieron un 10 %. En el mismo periodo, crecieron las importaciones de Bangladés (1155 %), Corea (840 %), Vietnam (632 %), Brasil (39 %), Francia (38 %), Sri Lanka (27 %) y EUA (23 %).



El cuadro 7 muestra los principales países importadores de cebolla en el año 2015. Bahamas lideró, con 1.590.712 t, seguido de Malasia, con 518.284 t, EUA, con 485.381 t, Reino Unido, con 392.171 t, y Arabia Saudita, con 370.249 t. Estos cinco países concentraron el 46 % del volumen de importaciones totales en el mundo de la cebolla de bulbo.

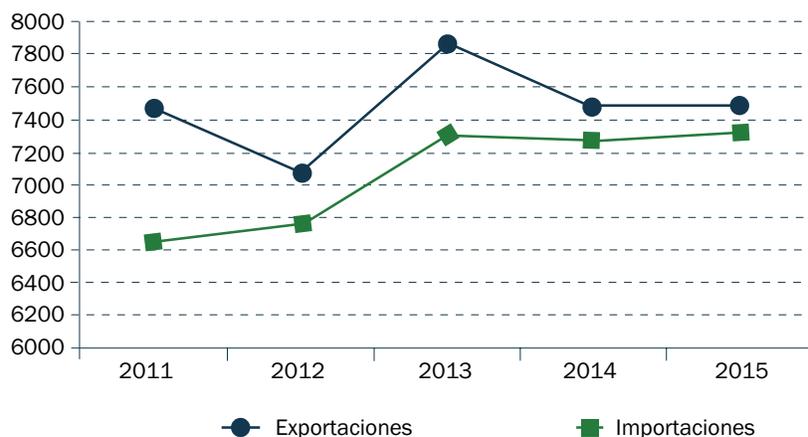
Cuadro 7. Importaciones de cebolla por países (2015)

País	Valor (miles de USD)	Participación (%)	Toneladas (t)	Participación (%)
Bahamas	2811	0,08	1.590.712	22
Malasia	439.82	13	518.284	8
EUA	213.315	6	485.381	7
Reino Unido	210.506	6	392.171	5
Arabia Saudita	192.34	6	370.249	5
Japón	151.189	5	303.850	4
Brasil	146.015	4	270.326	4
Federación Rusa	139.803	4	263.968	4
Alemania	134.397	4	238.230	3
Emiratos Árabes Unidos	117.538	4	236.038	3
Países Bajos	94.782	3	228.506	3
Sri Lanka	94.723	3	225.421	3
Bangladés	90.335	3	213.169	3
Canadá	87.384	3	171.504	2
Vietnam	85.339	3	164.604	2
Kazajstán	75.39	2	158.400	2
Senegal	74.771	2	152.110	2
República de Corea	58.143	2	146.734	2
Francia	48.822	1	141.173	2
Bélgica	43.837	1	137.336	2
Pakistán	36.167	1	109.906	2
Costa de Marfil	32.1	1	106.309	1
Kuwait	31.352	1	101.160	1
Otros países	749.862	22	600.718	8
Total	3.350.741	100	7.022.409	100

Fuente: FAO (2016).

La dinámica de las exportaciones fue similar a la de las importaciones en el periodo de referencia (ilustración 4). Se resalta el comportamiento de las importaciones de 2015 de Bahamas, ya que representó más de un quinto del volumen total en el mundo.

Ilustración 4. Tendencia de las exportaciones y las importaciones de cebolla de bulbo en el mundo (miles de t)



Fuente: FAO (2016).

Entre 2011 y 2015, la balanza comercial de la cebolla de bulbo en Colombia fue deficitaria en términos de valor, con una tendencia decreciente, pasando de -25.027 a -5321 USD (cuadro 8).

Cuadro 8. Balanza comercial de la cebolla de bulbo en Colombia (2011-2015)

Exportaciones	2011	2012	2013	2014	2015
Toneladas	406	360	478	266	303
Miles de USD FOB	2315	2184	1977	1474	1725
Importaciones	2011	2012	2013	2014	2015
Toneladas	128.234	110.432	82.935	74.594	23.549
Miles de USD CIF	27.342	22.984	15.023	16.86	7046
Balanza comercial	-25.027	-20.800	-13.046	-15.386	-5321

Fuente: UN Comtrade Statistics. Cálculos de TradeMap (2016).

Las importaciones de cebolla presentaron una leve tendencia decreciente en el periodo analizado, y el de las exportaciones, un aumento en el año 2013. Por otra parte, el valor de las exportaciones se mantuvo más o menos constante, pero el de las importaciones presentó un significativo descenso hasta alcanzar un valor mínimo para el año 2015 (ilustraciones 5 y 6).

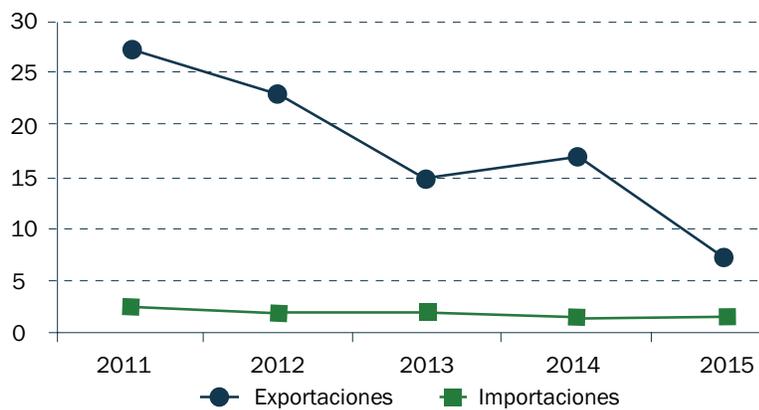


Ilustración 5. Exportaciones e importaciones colombianas de cebolla de bulbo (t)



Fuente: DNP-DANE (2016).

Ilustración 6. Exportaciones e importaciones colombianas de cebolla de bulbo (miles de USD)



Fuente: DNP-DANE (2016).

Los principales destinos de la cebolla colombiana en los últimos cinco años fueron EUA, Canadá, Reino Unido, Aruba y Antillas Holandesas. Entre 2011 y 2015, el 98 % de las exportaciones de cebolla colombiana tuvieron como destino EUA y Canadá (cuadro 9). Sin embargo, en el mismo periodo el valor total de las exportaciones se redujo en un 25 %.

Cuadro 9. Exportaciones colombianas de cebolla de bulbo (miles de USD)

Países destino	2011	2012	2013	2014	2015
EUA	2101	1854	1697	1286	1531
Canadá	158	257	200	160	179
Reino Unido	25	32	7	4	9
Aruba	2	4	8	3	4
Antillas Holandesas	15	20	33	13	1
Panamá	0	3	9	8	1
Islas Vírgenes	2	0	0	0	0
Francia	1	0	0	0	0
Alemania	2	8	22	0	0
Israel	4	0	0	0	0
Países Bajos	3	2	1	0	0
España	0	0	0	1	0
Suiza	2	4	0	0	0
Total	2315	2184	1977	1475	1725

Fuente: UN Comtrade Statistics. Cálculos de TradeMap (2016).

Entre 2011 y 2015, las importaciones de la cebolla de bulbo redujeron su valor en un 74 %. Los principales países de origen fueron Perú (61 %), Ecuador (11 %) y Países Bajos (7 %). Las importaciones de Perú desplazaron la producción nacional de cebolla de bulbo; los años 2011, 2013 y 2014 fueron destacados por las importaciones provenientes de ese país. Sin embargo, en 2015 se redujeron las importaciones a menos de 20.000 t (cuadro 10).

Cuadro 10. Importaciones colombianas de cebolla (miles de USD)

Países destino	2011	2012	2013	2014	2015
Perú	88.949	57.646	56.281	52.709	19.386
Países Bajos	675	19.219	203	1125	148
Ecuador	3021	28.899	26.227	17.949	1377
China	1393	1071	223	2144	1005
EUA	439	468	-	224	269
Venezuela	-	-	-	-	33
Bélgica	-	312	-	-	-
Chile	4699	2274	-	442	-
Guatemala	100	-	-	-	-
México	153	114	1	-	-
Taipéi	161	-	-	-	-
Níger	-	59	-	-	-
España	78	370	-	-	-
Otros países	28.566	-	-	1	1331
Total	128.234	110.432	82.935	74.594	23.549

Fuente: UN Comtrade Statistics. Cálculos de TradeMap (2016).

1.2.3. Contexto nacional

1.2.3.1. Importancia económica

Entre 2009 y 2015, la producción de cebolla de bulbo en Colombia disminuyó levemente (5 %), al pasar de 261.279 t a 249.084 t, con valores máximos para el año 2010. Por su parte, el área sembrada cayó 8 %, el área cosechada lo hizo un 7 % y el rendimiento se ha mantenido más o menos constante, entre 20,1 t/ha y 23,0 t/ha (cuadro 11).

Cuadro 11. Área, producción y rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo en Colombia (2009-2015)

Total	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área sembrada (ha)	12.606	14.022	12.671	12.666	12.378	12.204	11.648
Área cosechada (ha)	12.136	13.498	11.175	11.279	11.813	11.633	11.263
Producción (t)	261.279	297.051	224.181	227.262	248.442	267.044	249.084
Rendimiento (t/ha)	21,5	22,0	20,1	20,1	21,0	23,0	22,1

Fuente: Minagricultura (2016).

1.2.3.2. Importancia ambiental

La hortofruticultura ha tenido en los últimos años en Colombia un fuerte crecimiento derivado de la prioridad de fomentar, mediante estos cultivos, un aumento de la competitividad agrícola a nivel internacional. De esta manera, se ha identificado una oportunidad productiva de corto plazo, aprovechando las ventajas comparativas que ofrecen la geografía y las condiciones físicas para su implementación.

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

El territorio colombiano sigue padeciendo grandes transformaciones ambientales, relacionadas principalmente con el cambio de uso del suelo, la construcción de infraestructuras productivas y el uso de tecnologías no apropiadas para la generación de excedentes. Es evidente el crecimiento exponencial de la población, la apropiación creciente de los recursos y la disminución de la oferta de los mismos (Figuerola, 2000). Según el mismo autor, la necesidad de mejorar

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

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

Según lo reportado en la guía ambiental (MAVDT y Asohofrucol, 2009), las actividades desarrolladas por el subsector hortofrutícola generan impactos ambientales como contaminación de las fuentes de agua con plaguicidas, sedimentos y materia orgánica, contaminación y deterioro de la calidad del suelo, disminución de la fauna y la flora, y deterioro de la salud de las personas por uso inadecuado de plaguicidas, entre otros. Cabe anotar que la utilización de agua contaminada en el lavado de las frutas y otros vegetales puede conllevar a la diseminación de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Vibrio cholerae*, *Shigella* spp., *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxoplasma gondii* y virus de la hepatitis A y el de NoIwalk12 (DNP, 2008)

La erosión del suelo es uno de los principales problemas ambientales que afecta de forma directa a los productores de frutas y hortalizas. El incremento en las áreas afectadas por procesos de erosión y desertificación evidencian la necesidad de implementar acciones para la preservación y conservación de los recursos naturales asociados a los sistemas de producción. El estudio de conflictos de uso de tierras en Colombia del IGAC (2002) mostró que la principal causa del cambio en la estabilidad del suelo es la deforestación de laderas, costas y cauces de ríos para ampliación de la frontera agrícola, conflictos generados principalmente por la concentración de la propiedad y el manejo incoherente de la relación entre el uso real frente al potencial en una determinada región.

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

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

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

Según la FAO (1988), los efectos nocivos del uso inadecuado de los plaguicidas han provocado el desarrollo de las nuevas concepciones tendientes a minimizar el deterioro ambiental, entendiendo que más de trescientas plagas han desarrollado resistencia a un extenso rango de productos químicos y pueden representar un riesgo para la salud de los ecosistemas y seres vivos. De igual manera, los residuos de fertilizantes pueden filtrarse a través del suelo con las aguas de riego, contaminar los acuíferos y ríos, afectar la calidad del agua y las condiciones de vida de los organismos acuáticos. El resultado es un círculo vicioso que se refleja en el deterioro de la calidad de los recursos naturales y en la generación de un modelo agrícola insostenible (Leyva, 1998).

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

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

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

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

Estudios realizados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales demuestran que las emisiones del subsector agropecuario son principalmente de CH₄ y NO₂ y, en menor cantidad, de CO y NOx; en Colombia, el sector agrícola es el de mayor importancia en lo relacionado con la emisión de óxido nitroso: 72,4 % del total nacional. Las quemadas de praderas y residuos de cosecha son fuente de emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno, considerados como gases de efecto invernadero y la quema de bosques que acompañan el proceso de deforestación son las responsables del 23 % de las emisiones de CO₂ con respecto al total nacional.

1.2.3.3. Principales zonas de producción de cebolla de bulbo en Colombia

El área sembrada de cebolla de bulbo en Colombia se encuentra dispersa en quince departamentos. En 2009, el área sembrada en Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca representó el 91 % del total del país. Para 2014, la participación de estos tres departamentos bajó al 88 % debido al incremento de la participación del 2 % al 4 % en los departamentos de Santander y Nariño (cuadro 12).

Cuadro 12. Área sembrada (ha) de cebolla de bulbo en Colombia por departamentos

Departamentos	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Boyacá	5223	6236	5543	4924	4871	5212	4852
Norte de Santander	3867	3996	3606	3106	3159	3048	2993
Cundinamarca	2441	2746	2471	3472	2857	2647	2410
Santander	195	92	169	124	528	473	503
Nariño	287	255	406	443	428	364	424
Cesar	401	345	153	181	186	183	183
Huila	38	141	141	122	84	126	147
Valle del Cauca	130	125	95	108	124	110	97
Antioquia	24	25	23	23	24	24	26
Tolima	0	15	30	115	105	5	5
Caldas	0	41	2	2	1	2	3
Meta	0	0	0	1	2	2	3
Cauca	0	4	31	36	5	7	2
Quindío	0	1	1	0	0	3	2
Caquetá	0	0	0	10	5	0	0
Total general	12.606	14.022	12.671	12.667	12.379	12.206	11.650

Fuente: Minagricultura (2016).

Entre 2009 y 2015, los departamentos que registraron un mayor crecimiento en el área sembrada fueron Huila (287 %), Santander (158 %), Nariño (48 %) y Huila (42 %), mientras que los departamentos que disminuyeron sus áreas sembradas fueron Cesar (-54 %), Valle del Cauca (-25 %) y Norte de Santander (-23 %).

Durante el mismo periodo, el área cosechada también estuvo liderada por el departamento de Boyacá, seguido por Norte de Santander y Cundinamarca (cuadro 13). En 2009, el área cosechada de Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca representó el 91 % del total del país; en 2015, este peso se redujo a 89 %; el área cosechada creció en Huila (306 %), Santander (123 %), Nariño (52 %) y Antioquia (3 %), mientras que disminuyó en Cesar (-65 %), Norte de Santander (-23 %), Valle del Cauca (-15 %) y Boyacá (-4 %).

Cuadro 13. Área cosechada (ha) de cebolla de bulbo en Colombia por departamentos

Departamentos	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Boyacá	4940	5919	4457	3892	4705	5030	4730
Norte de Santander	3867	3964	3530	3043	3107	3015	2965
Cundinamarca	2290	2620	2272	3264	2694	2480	2306
Nariño	277	243	360	392	372	350	422
Santander	189	91	143	120	418	347	421
Huila	36	140	125	116	76	118	144
Cesar	401	330	125	176	185	150	142
Valle del Cauca	113	119	81	96	120	106	96
Antioquia	24	21	20	20	20	21	25
Tolima	0	15	30	115	104	4	4
Caldas	0	31	1	1	1	2	3
Meta	0	0	0	1	2	2	3
Cauca	0	4	31	36	5	7	2
Quindío	0	1	1	0	0	2	2
Caquetá	0	0	0	8	4	0	0
Total general	12.136	13.498	11.176	11.280	11.813	11.634	11.265

Fuente: Minagricultura (2016).

Entre 2010 y 2015, Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander fueron los tres principales departamentos de la oferta total de cebolla de bulbo del país, con el 92 % (cuadro 14). Boyacá fue el principal productor, con el 49 % del total, seguido por Cundinamarca (23 %) y Norte de Santander (22 %). En el mismo periodo, incrementaron su producción los departamentos de Quindío (650 %), Santander (173 %), Nariño (68 %), Antioquia (29 %), Huila (7 %) y Valle del Cauca (5 %) (cuadro 14).

Cuadro 14. Evolución de la producción (t) de cebolla de bulbo

Departamentos	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Boyacá	144.832	103.860	90.067	113.887	148.754	139.208
Cundinamarca	61.931	48.983	71.038	54.099	50.050	47.296
Norte de Santander	76.080	59.064	51.081	61.942	52.927	47.034
Nariño	2754	3886	4314	3810	3993	4627
Santander	1621	2658	2143	6123	4756	4420
Cesar	4115	2155	2989	2932	2534	2710
Valle del Cauca	1639	1110	1659	2414	2225	1746
Huila	1969	1626	1310	778	1285	1471
Antioquia	271	261	280	280	294	350
Tolima	225	450	2225	2120	120	120
Quindío	6	5	-	1	39	45
Meta	-	-	10	20	24	30
Caldas	1448	9	6	4	9	18
Cauca	160	114	120	23	35	10
Caquetá	-	-	20	10	-	-
Total	297.051	224.181	227.262	248.443	267.045	249.084

Fuente: Minagricultura (2016).

El cuadro 15 muestra el comportamiento del rendimiento promedio de la cebolla de bulbo por departamento entre 2010 y 2015. En su orden, se presentaron Boyacá (25,7 t/ha), Tolima (21,6 t/ha), Cundinamarca (21,3 t/ha), Norte de Santander (17,7 t/ha) y Valle del Cauca (17,4 t/ha).

Cuadro 15. Rendimientos del cultivo de cebolla de bulbo por departamento (promedio 2010-2015)

Departamento	Rendimiento (t/ha)
Boyacá	25,7
Cundinamarca	21,3
Norte de Santander	17,7
Nariño	11,0
Santander	15,5
Cesar	16,4
Valle del Cauca	17,4
Huila	11,6
Antioquia	13,8
Tolima	21,6
Quindío	13,5
Meta	11,0
Caldas	12,4
Cauca	10,3
Caquetá	2,5
Nacional	21,4

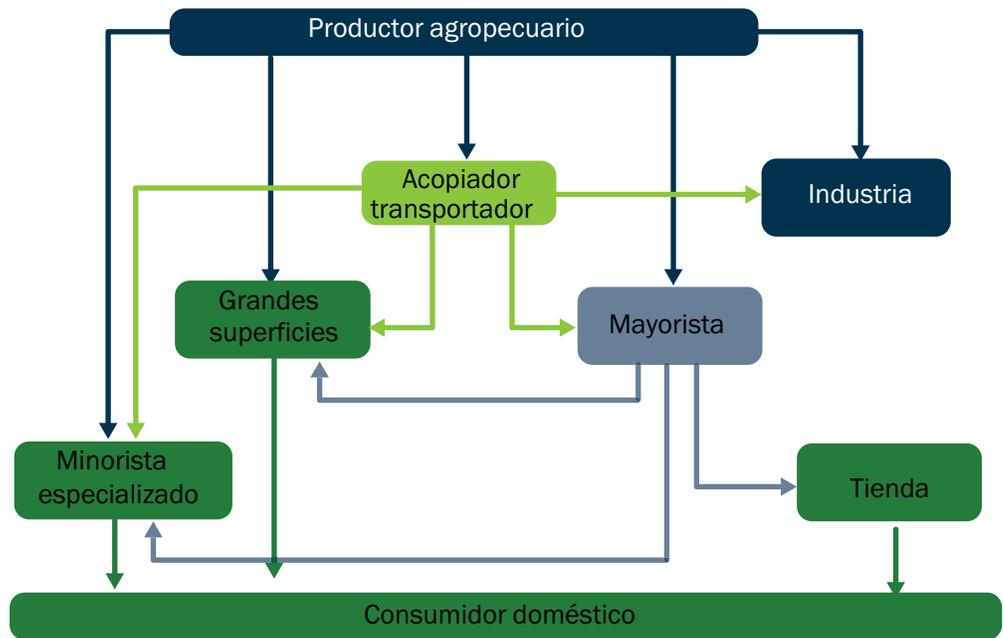
Fuente: Minagricultura (2016).

1.2.3.4. Dinámica del mercado nacional

En el país se comercializan diferentes variedades de cebolla de bulbo con predominio de la blanca frente a la roja. La mayoría de la comercialización de cebolla de bulbo blanca ocupa el canal tradicional, donde el productor le vende a un acopiador rural y este, a su vez, lo traslada a las centrales de abastos a donde acuden a comprar consumidores institucionales, tenderos, representantes de frúver y supermercados y, en algunas ocasiones, las cadenas de grandes superficies.

La ilustración 7 representa los diferentes flujos comerciales a través de los cuales pasa la cebolla de bulbo blanca desde el agricultor hasta el consumidor final. En este proceso intervienen desde el productor agropecuario, el acopiador rural (que es fácilmente confundible con el transportador), el mayorista de mercado tradicional, los distribuidores minoristas, los consumidores y, en pocos casos, la industria.

Ilustración 7. Estructura de comercialización de la cebolla de bulbo en Colombia



Fuente: Bancóldex y UT Crece (2014).

A continuación, se relacionan las actividades que desempeñan cada uno de los eslabones en esta cadena comercial:

Productor: realiza la siembra, el manejo y la recolección del producto; en esta etapa posterior a la cosecha se hace el curado del bulbo (por al menos por tres días para que pierda humedad, se desprenda la tierra y mejore la calidad); posteriormente, el bulbo se selecciona, se limpia y se clasifica (Flórez y Mora, 2010). Se considera que la cebolla de bulbo se conserva por más tiempo si se le deja la capa exterior que se torna oscura cuando se expone al secado; esa es una de las razones por que la cebolla se pela solo cuando lo solicita el cliente.

En el cuadro 16 se aprecia que la cebolla de bulbo es un cultivo de pequeños productores, dispersos en gran cantidad de explotaciones agropecuarias, cerca de dieciocho mil en todo el país.

Cuadro 16. Cantidad de explotaciones agropecuarias y promedio de área sembrada en cebolla de bulbo por departamento

Departamento	Cantidad de explotaciones agropecuarias	Área promedio del cultivo (ha)/explotación
Boyacá	7918	1
Norte de Santander	2256	1
Cundinamarca	6886	1
Otros departamentos	929	2
Total nacional	17.989	1

Fuente: Bancóldex y UT Crece (2014).

Acopiador-transportador: su función básica consiste en recoger la producción que se encuentra dispersa, por una ruta establecida. Generalmente, recibe el producto en consignación, haciendo o no un adelanto del pago en efectivo, para cancelar el saldo restante luego de que lo venda en las zonas urbanas.

Mayoristas: constituyen el eslabón de la cadena en el cual se alcanza el mayor nivel de concentración en el acopio del producto y donde hace presencia el menor número de agentes intervinientes que, por su posición estratégica, también concentran la mayor cantidad de información sobre las condiciones del mercado, para la fijación del precio, que a su vez se convierte en la referencia para la valoración del producto en la distribución de allí en adelante.

Los principales centros de comercialización de la cebolla de bulbo en Colombia son Corabastos, en Bogotá, y la Central Mayorista de Antioquia, en Itagüí. La fijación del precio se basa en la oferta del producto y su apariencia física que, entre más grande y brillante tiene un mejor precio, siempre y cuando no presente deformaciones, manchas, humedad excesiva, ni excesivo olor.

Comerciantes minoristas: este eslabón se puede dividir en los minoristas especializados en frutas y hortalizas, las cadenas de grandes superficies y las tiendas de barrio y los frúvers.

Consumidores: en el segmento de consumo de cebolla fresca existen dos tipos de cebolla de bulbo: la pelada y sin pelar. Los precios de la primera son más altos en la medida en que implica más actividades con valor agregado y una selección más rigurosa, puesto que los defectos superficiales son más notorios. Las opciones de compra para el consumidor son a granel o en bolsa plástica por kilogramos, sin pelar o pelada, bien sea empacada en malla o en bandeja de icopor sellada con papel vinipel.

Industria: este segmento demanda cebolla de bulbo para la elaboración de encurtidos, pasta de cebolla o para deshidratar y pulverizar, así como para precortar en rodajas o cubos, por lo que más que el aspecto externo del producto lo que les interesa es la calidad de la pulpa. Aunque prefieren comprarles directamente a los productores, los volúmenes que requieren en ocasiones no están disponibles y es mejor acudir a un acopiador que cumpla con sus condiciones de calidad y formalidad en el negocio.

1.3. Marco político

La política pública, en lo relacionado con el cultivo de cebolla de bulbo, ha tenido algunos desarrollos que se concretan en los instrumentos de política, entre los cuales están los que se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia

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

1.4. Marco normativo

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

En Colombia, la política de cadenas productivas agrícolas aborda prioritariamente aspectos técnicos y ambientales; sin embargo, no ha dado el mismo énfasis a las características sociales, culturales y políticas, las cuales son determinantes de las relaciones entre las dinámicas poblacionales y el territorio.

El cuadro 18 muestra el normograma para el subsector de cebolla de bulbo que es pertinente para la zonificación de aptitud del cultivo comercial, a escala 1:100.000.

Cuadro 18. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Resolución 14712 de 1984 del Minsalud	Reglamenta lo relacionado con producción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de vegetales como frutas y hortalizas elaboradas.
Resolución 7992 de 1991 del Minsalud	Reglamenta parcialmente el título V de la Ley 9 de 1979, en lo relacionado con la elaboración, conservación y comercialización de jugos, concentrados, néctares, pulpas, pulpas azucaradas y refrescos de frutas.
Ley 70 de 1993	Establece mecanismos para la protección 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.
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medioambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.
Decreto 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 agropecuaria del país.
Ley 160 de 1994, artículo 69	Sabanas comunales y playones. Zonas con riesgo de inundaciones. Islas, playones y madre viejas desecadas de los ríos, lagos y ciénagas de propiedad nacional.
Ley 160 de 1994, capítulo XIV, Decreto 2164 de 1995	Reglamenta la dotación y titulación de tierras a comunidades indígenas. Constitución de resguardos indígenas.
Resolución 599 de 1998 del Minsalud	Adopta el formulario único para solicitud, modificación y renovación del registro sanitario para los productos alimenticios y se establece la nomenclatura para la expedición de registro sanitario de los alimentos de fabricación nacional y de los importados.
Decreto 1996 de 1999	Reglamenta las reservas de la sociedad civil.
Ley 811 de 2003	Crea las organizaciones de cadenas en los sectores agropecuario, pesquero, forestal, acuícola y las sociedades agrarias de transformación (SAT) y se dictan disposiciones para mejorar la competitividad de las cadenas estableciendo los acuerdos de competitividad, entre los eslabones de la cadena.
Decreto Ley 4145 de 2011	Crea la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) y se dictan otras disposiciones.

Generales	
Decisión 182 de 1983 de la CAN	Crea el Sistema Andino José Celestino Mutis sobre agricultura, seguridad alimentaria y conservación del ambiente.
Resolución ICA 431 de 1996	Establece requisitos fitosanitarios de aplicación al comercio de productos agrícolas bajo la Norma Andina.
Resolución 1442 de 2008 del Minambiente	Establece el procedimiento para la expedición del dictamen técnico-ambiental al que alude la Norma Andina para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola, Decisión 436, de la Comisión de la Comunidad Andina, y se toman otras determinaciones.
Resolución 3593 de 2015 del ICA	Crea el mecanismo para establecer, mantener, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas de Colombia.
Reglamentación ICA en semillas (ICA, 2015)	
Resolución 1226 de 1976 del ICA	Establece normas para el control de la calidad de los insumos agrícolas y, en especial, la producción y comercialización de semillas por parte del ICA, de conformidad con los decretos 2420 y 3120 de 1968 y 133 de 1976.
Resolución 1880 de 1992 del ICA	Establece los requisitos para el control de la calidad de las semillas que se produzcan, importen, exporten o distribuyan para siembra en el país, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 3034 de 1999 del ICA	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas en el país, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 2046 de 2003 del ICA	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0148 de 2005 del ICA	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 3168 de 2015 del ICA	Reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica o unidades de investigación en fitomejoramiento, y se dictan otras disposiciones.
Resolución 20009 de 2016 del ICA	Establece los requisitos para la certificación en buenas prácticas agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano.

Regulación en insumos agrícolas (ICA, 2015)

Decisión 436 de 1998 de la CAN	Establece normas sobre el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola bajo la Norma Andina y su Resolución 630 de 2002, Manual Técnico Andino para el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola.
Resolución ICA 3759 de 2003	Dicta disposiciones sobre el registro y control de plaguicidas.
Resolución 2906 de 2007 del Minsocial	Establece los límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes.
Resolución 4754 de 2011 del ICA	Establece los requisitos para la ampliación de uso de bioinsumos y plaguicidas de uso agrícola en cultivos menores, y se dictan otras disposiciones.

Reglamentación ICA sobre exportaciones (ICA, 2015)

Resolución 3761 de 2014 del ICA	Autoriza terminales marítimos, aeropuertos, puertos fluviales y pasos terrestres de frontera como puntos de ingreso, salida y tránsito autorizado para el comercio internacional de plantas, animales, sus productos y artículos reglamentados.
Resolución 448 de 2016 del ICA	Establece los requisitos para el registro ante el ICA de los predios de producción de vegetales para exportación en fresco, el registro de los exportadores y el registro de las plantas empacadoras de vegetales para la exportación en fresco.

Normatividad ambiental

Ley 2 de 1959	Dicta normas «sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables», establece siete zonas con carácter de zonas forestales protectoras y bosques de interés general, dentro de las que se incluyen zonas de alta montaña y las divisorias de agua de la cordillera central. También se sujeta la ocupación de las tierras baldías a la reglamentación que tenga por objeto evitar la erosión y proveer la conservación de las aguas. Reservas forestales, descontadas las sustracciones vigentes, distritos de manejo integrado (DMI) y áreas de manejo especial (AME): artículo 7.
Decreto 2811 de 1974	Promulga el «Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente».
Decreto 622 de 1977	Establece las áreas protegidas del sistema de parques nacionales naturales, distritos de manejo integrado, reservas forestales protectoras, parques naturales regionales, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación.

Normatividad ambiental	
Ley 160 de 1994, artículo 67; Ley 1728 de 2014, parágrafo 1	Establece como zonas de protección aquellas con radio de 2500 m alrededor de las zonas donde se adelanten procesos de explotación de recursos naturales no renovables.
Ley 160 de 1994, capítulo XIII	Establece condiciones especiales para el trazado de las zonas de reserva campesina y las de desarrollo empresarial y señala condicionantes para el uso del suelo y el agua.
Ley 357 de 1997	Establece los sitios Ramsar: conservación y uso racional de los humedales mediante acciones locales, nacionales y cooperación internacional.
Decreto 2372 de 2010	Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados.
Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental	Reglamenta el Sinap. Incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y vía parque. Esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.
Resolución 1628 de 2015 y Resolución 1814 de 2015 del Minambiente	Declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de parques nacionales naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las corporaciones autónomas regionales).
Ley General de Cultura	Establece que las áreas arqueológicas protegidas contienen 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.

1.5. Alcances y limitaciones

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

La zonificación considera todo el territorio continental colombiano y es un instrumento de carácter indicativo, teniendo en cuenta su escala, 1:100.000, de tipo general. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, cuya competencia corresponde a los entes territoriales en su área de jurisdicción, y no reemplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales, los cuales requieren de análisis e información más detallados, donde sean avalados a nivel local los requerimientos específicos 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 cultivos comerciales de cebolla de bulbo, 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 cebolla de bulbo no pondrá en riesgo áreas naturales o con potencial como ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos), por lo cual prima para estas el criterio de exclusión técnica y legal.
- La inclusión de nuevos criterios o variables dentro del proceso de zonificación está sujeta a la disponibilidad de información oficial; en este sentido, algunas variables que pueden ser relevantes no se contemplan en la metodología hasta que la información sea entregada de manera oficial por la entidad encargada de su desarrollo.
- Finalmente, los mapas semestres de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100,000, toma como base para su elaboración la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene, en algunos casos, niveles de generalización que pueden afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Igualmente, la información disponible no está en su totalidad con corte a un determinado periodo de tiempo, lo cual plantea la necesidad de actualizar la zonificación por lo menos cada cinco años mediante un proceso sistemático que facilite el proceso.



2. Marco conceptual

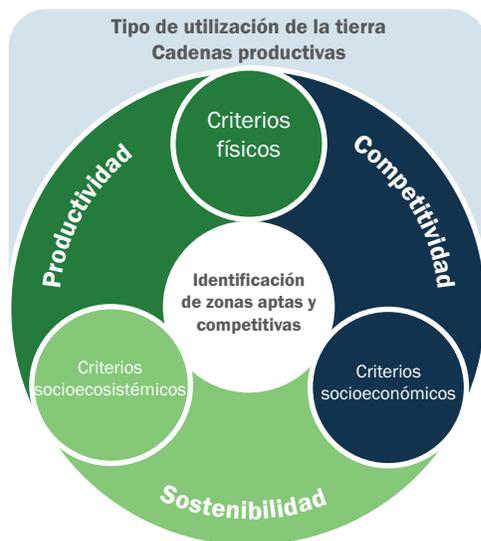




La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se han convertido en tema central para el diseño de las políticas y las decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para una planificación efectiva del uso del suelo con fines productivos, los gobiernos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

Adicionalmente, la zonificación integra un proceso analítico jerárquico como técnica de análisis multicriterio, el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas de uso del suelo, donde se incluye la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan pesos a cada uno de los criterios. De esta forma, la zonificación apoya la planeación del uso del suelo necesaria para el diseño de estrategias y prioridades en materia de un desarrollo rural sostenible (ilustración 8).

Ilustración 8. 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 determinados que se adaptan a condiciones específicas de las tierras evaluadas (FAO, 2007), cuya finalidad es proponer sistemas de uso apropiados, sostenibles a largo plazo. A pesar de que 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 (en este desarrollo metodológico, denominados 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 por evaluar, sobre una base sostenible.

El enfoque productivo, analizado a través 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 cebolla de bulbo 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 las variables de mayor incidencia en el desarrollo óptimo de las plantas.

El enfoque socioecosistémico reconoce los vínculos existentes entre los ecosistemas y el bienestar humano, donde cambios de uso del suelo están determinados por decisiones en el sistema social, que afectan directamente el

estado de los ecosistemas y por lo tanto, 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 (Martín-López, Gómez-Baggethum y Montes, 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 la sociedad, la economía y la cultura.

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

En cuanto al tercer enfoque, la competitividad —definida por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio que otros productores domésticos e internacionales (Porter, 1980)— constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, toda vez que es la condición de viabilidad de los productos en el mercado y genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010):

En relación con la zonificación, la competitividad se expresa como la capacidad de una región (municipio) para generar las condiciones de producción que promueven el desarrollo del cultivo, y con ello permiten mejorar permanentemente 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 que un cultivo exige requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollarse.

A continuación, se sintetizan algunos de los principios que Rossiter (1996) plantea que se deben contemplar 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, donde 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 medioambiente.
- Reconocer una variedad de criterios asociados al uso de la tierra, que integre características físicas, climáticas, fitosanitarias, ecosistémicas, institucionales, de transporte, mano de obra y población, entre otras.
- Fomentar la participación de los interesados en los procesos de zonificación de aptitud de tierras.

- Definir ampliamente la sostenibilidad para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
- Valorar la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.



3. Metodología



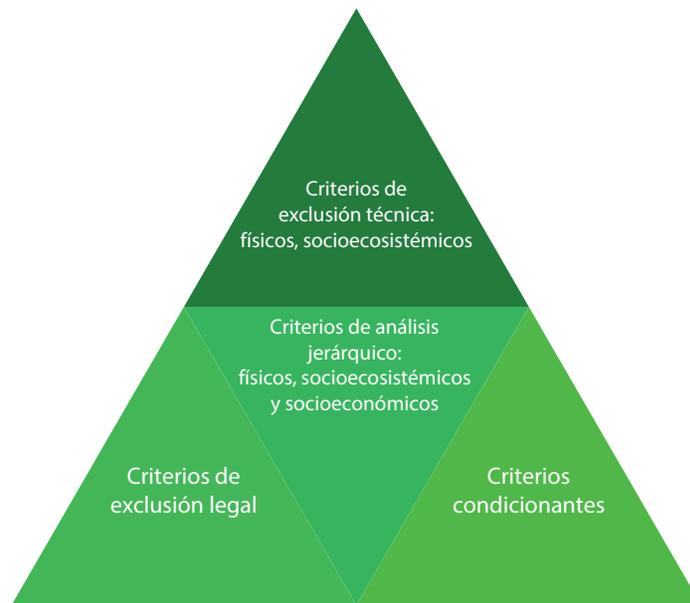


La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del «Esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque por etapas 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 de una evaluación multicriterio, con el fin de hacerlo más acorde con la disponibilidad de herramientas actuales de procesamiento, calificación y estandarización de datos, entre otros, lo cual asegura la generación de resultados más sólidos frente al procedimiento normalmente empleado.

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

Un criterio es 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 (ilustración 9).

Ilustración 9. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



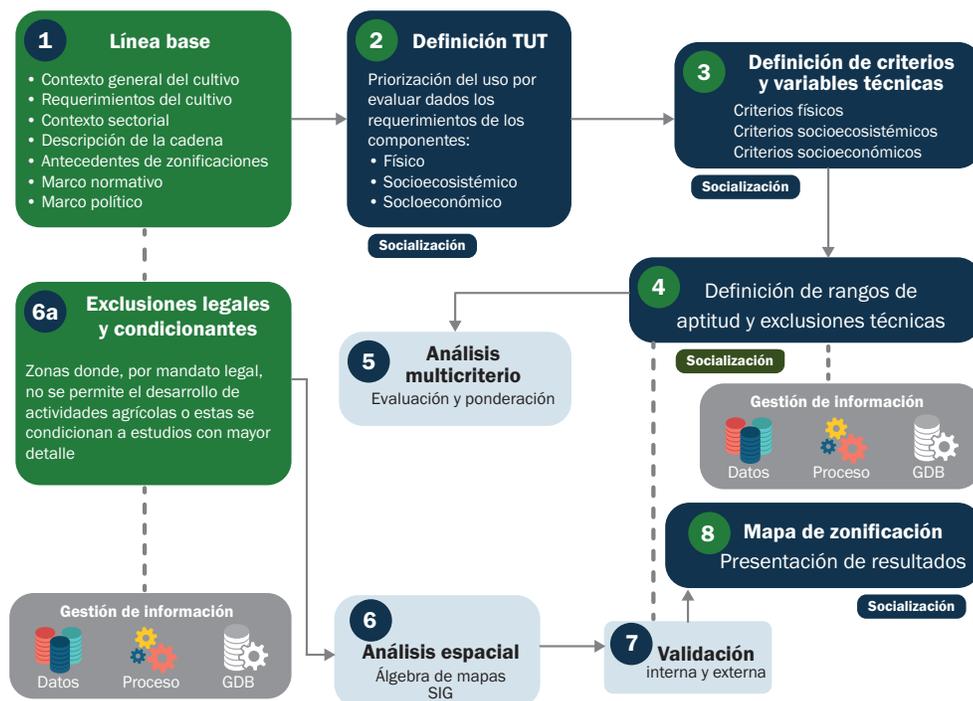
Fuente: UPRA (2014).

- **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 cebolla de bulbo.
- **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 cebolla de bulbo.
- **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, requiere de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

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

Con base en el esquema metodológico propuesto para la zonificación de plantaciones forestales con fines comerciales (UPRA, 2014), la ilustración 10 muestra el esquema metodológico de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Ilustración 10. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014).

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

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

El tipo de utilización de la tierra evaluado en el presente documento corresponde al «Cultivo comercial de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.), cuya producción está dirigida al consumo en fresco o a la transformación industrial, para el mercado nacional e internacional».

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

- **Requerimientos del cultivo**

De acuerdo con Asohfrucol (2006), algunos agricultores tienden a sembrar materiales nuevos sin suficiente información de su nivel de adaptación a las condiciones de clima, con las consiguientes pérdidas en rendimiento y calidad.

En Colombia, la cebolla de bulbo se produce en gran diversidad de climas, de 12 °C a 28 °C, pero, en general, las mejores producciones se obtienen en climas entre 18 °C y 22 °C (Asohofrucol, 2006); así mismo, los cultivos de cebolla se encuentran entre 1000 y 2500 MSNM, con mejores producciones en climas cálidos.

La cebolla de bulbo es un cultivo que se adapta muy bien a un amplio rango de pisos térmicos; el óptimo se encuentra entre 20 °C y 28 °C. Temperaturas por debajo de 14 °C alteran el buen desarrollo vegetal, generando plantas de menor porte, en tanto que temperaturas medias superiores a 28 °C pueden originar una maduración anormal (Pinzón y Gómez de Enciso, 2012; Pinzón, 2012). La cebolla florece a temperaturas entre 10 °C y 15 °C o entre 5 °C y 15 °C durante cinco días seguidos y, a temperaturas mayores a 12 °C, la planta ya no produce semillas (Fedecafé, 1986).

La cebolla de bulbo tiene su origen en zonas semiáridas, por lo que sus necesidades de agua durante el ciclo de cultivo son relativamente bajas. La precipitación pluvial tiene un rango óptimo para cebolla de bulbo amarilla entre 400 mm y 1500 mm, bien distribuidos durante el ciclo de cultivo (Pinzón *et al.*, 2012; Pinzón, 2012). Por su parte, para cebolla roja tiene un rango óptimo entre 700 mm y 900 mm al año, bien distribuidos durante su ciclo vegetativo (Pinzón, y Gómez de Enciso, 2012). Los excesos de agua, aparte de promover el desarrollo de enfermedades, generan un aumento en la duración del ciclo vegetativo de la planta, retrasan el proceso de maduración, provocan mayor grosor del pseudotallo y dificultad el cierre del cuello del bulbo, condiciones que afectan el agobio natural del cultivo. Igualmente, se produce una reducción en la pungencia del bulbo y una menor materia seca que disminuye su vida útil poscosecha.

La planta es muy sensible al fotoperiodo, con lo cual se tienen cebollas de día largo, día intermedio y día corto. Las primeras requieren más de doce horas de luz para su desarrollo y florecen con días cortos; las cebollas de día intermedio requieren días medios en número de horas luz para la formación del bulbo, y las variedades de día corto son las más adaptadas a las condiciones del país, dada su posición geográfica en la zona ecuatorial (Fedecafé, 1986). El número de horas brillo de solar óptimo para el cultivo de cebolla amarilla es de 3,5 o más horas por día (Pinzón y Gómez de Enciso, 2012; Pinzón, 2012); para cebolla roja, entre 3,5, pero menores a 6,5 horas por día (Pinzón, 2012).

El óptimo de humedad relativa para la cebolla amarilla se encuentra entre 50 % y 80 % para un normal crecimiento y desarrollo (Pinzón y Gómez de Enciso, 2012; Pinzón, 2012). Para la cebolla roja, se considera humedad relativa óptima menor a 80 % (Pinzón, 2012).

La planta de cebolla tiene un sistema de raíces que se ubica en los primeros 25 cm del suelo; los suelos no tienen necesariamente que ser muy profundos: se consideran adecuados los mayores o iguales a 20 cm de profundidad. En este cultivo, las texturas francas son adecuadas, evitando texturas arenosas y muy pesadas (Pinzón y Gómez de Enciso, 2012; Pinzón, 2012).

Para la cebolla de bulbo se requieren suelos bien drenados; se debe evitar el encharcamiento para evitar la muerte de las plantas por falta de drenaje y poca aireación en el suelo (Pinzón y Gómez de Enciso, 2012; Vélez, 2012; Pinzón, 2012).

Los suelos deben tener alto contenido de materia orgánica que le otorga propiedades como un excelente drenaje interno y alto contenido de aire para proveer cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de las plantas; se considera adecuado un nivel mayor o igual a 4 % de materia orgánica, con dificultades para su desarrollo en suelos con materia orgánica inferior a 2 % (Pinzón, 2012).

Para el establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo se recomienda una pendiente inferior al 25 %; en pendientes entre 25 % y 50 % se requiere implementar prácticas de manejo para el control de la erosión, que incluyen el uso de camas con pendiente controlada, drenajes y canales de desagüe (FAO, 2002; Pinzón, 2012).

El pH ideal para el cultivo de cebolla de bulbo se ubica entre 6,0 y 7,5, valores que son óptimos para la disponibilidad de nutrientes (FAO, 1999; FAO, 2002; Pinzón, 2012).

La cebolla de bulbo presenta una demanda intermedia de fósforo (P) durante su ciclo vegetativo; su valor óptimo se encuentra alrededor de 100 mg/kg. El P es necesario para el desarrollo óptimo de raíces, síntesis energética, proceso de intercambio de iones, síntesis de enzimas y otros (FAO, 2002; Pinzón, 2012). Las necesidades de potasio (K) se incrementan a partir de los primeros meses del cultivo, con un punto culminante en la etapa final de desarrollo del bulbo; el requerimiento óptimo para este elemento es de 0,46 me/100 g (FAO, 1999; FAO, 2002; Pinzón, 2012).

La cebolla de bulbo soporta un bajo porcentaje de saturación de aluminio, menor a 1,1 %. Es un cultivo susceptible a la salinidad, por lo que se recomiendan suelos con conductividades eléctricas inferiores a 1,5 dS/m (FAO, 2002; Pinzón, 2012).

- **Caracterización de los sistemas de producción**

La cebolla de bulbo está distribuida en todos los pisos térmicos del país y se cultiva en diferentes sistemas productivos. Se siembran cebollas blancas, amarillas y rojas, por la influencia de la demanda final del bulbo: mientras en zonas cálidas se prefiere el consumo de cebollas picantes de color rojo, en zonas medias y frías el consumo se concentra en cebollas blancas que, en general, presentan menor pungencia.

La mayoría de la producción se origina en pequeñas unidades que no cuentan con transporte propio para la distribución del producto; las explotaciones se encuentran con gran dispersión geográfica. Los rendimientos más altos de la cebolla de bulbo en Colombia se presentan en los departamentos donde se concentra la producción, donde se facilitan los procesos de adopción de tecnologías, la disponibilidad de recursos técnicos, la transferencia y la asistencia técnica.

La propagación del cultivo se realiza a través de trasplante de plántulas procedentes de semilla sexual importada a Colombia o de bulbillos desde almácigos. En semillero se requieren aproximadamente cinco libras (5 lb) de semilla por ha, que ocupan unos 350 m². La preparación del suelo para el trasplante debe permitir un buen establecimiento de las plantas; para el efecto, se hacen camas o eras entre 1 m y 2 m de ancho y 15 cm de altura y largo,

aproximadamente. El trasplante se hace con plántulas de unos 20 cm de altura y entre 5 mm y 12 mm de grosor. La densidad de siembra está entre 300.000 y 500.000 plantas/ha y la fertilización está en función del requerimiento de cada material y los contenidos del suelo.

En razón al lento crecimiento del cultivo en sus primeras fases, la competencia de arvenses es muy alta; el riego debe ser constante para suplementar las necesidades del cultivo, hasta un par de semanas antes de la maduración. Para el manejo fitosanitario es común que se realicen aplicaciones de plaguicidas que protejan el cultivo. Para la cosecha, si no se induce el agobio, se deja secar hasta que la parte aérea muera. En cosecha se extraen los bulbos, dejando hojas y raíces un tiempo sobre el suelo para promover el proceso de curado para que se deshidraten las capas exteriores y se fije el color, con lo que se mejoran considerablemente las propiedades del bulbo en la poscosecha.

Una de las principales características del sistema de producción del bulbo es el uso de agua suplementaria aplicado en riego por aspersión y, en algunos casos, riego por goteo. Sistemas más tecnificados presentan acolchado plástico sobre el suelo y fertirriego, como parte del mejoramiento de la productividad.

- **Descripción de la cadena**

La cadena agroalimentaria de las hortalizas en Colombia está conformada por los productores primarios, comercializadores mayoristas, almacenes de cadena y grandes superficies, industrias de procesamiento, productores e importadores de semilla, plantuladores, proveedores de insumos y de servicios, y exportadores.

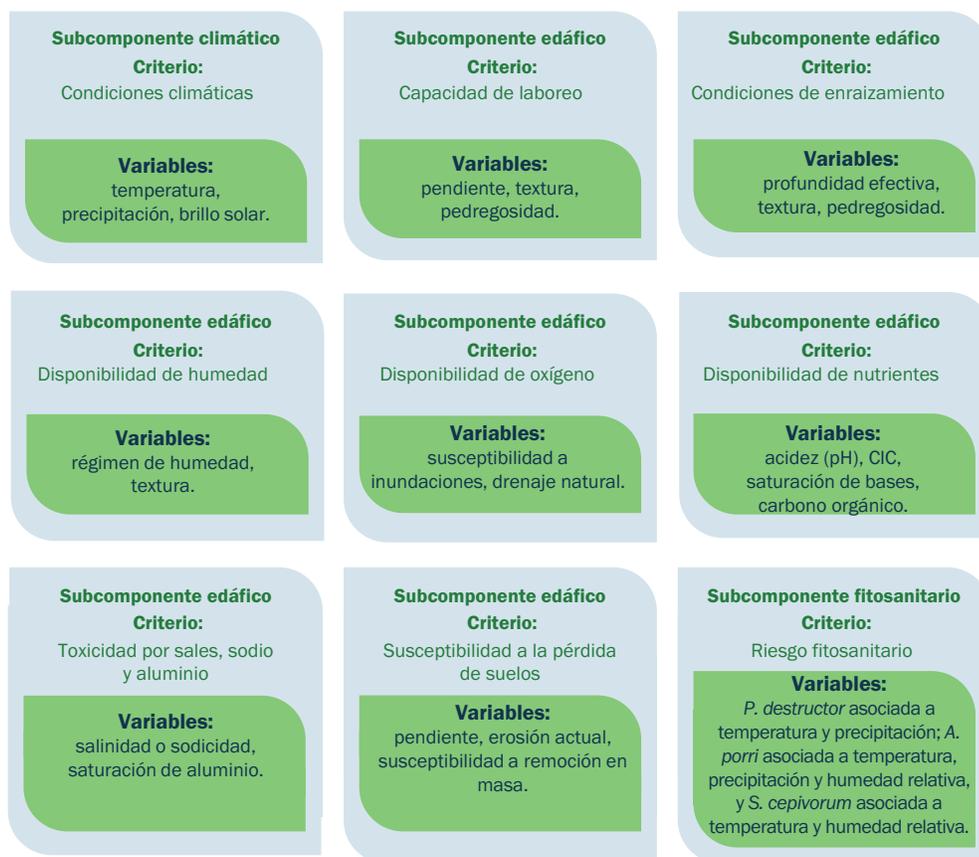
En desarrollo de los compromisos del Acuerdo Nacional de Competitividad de la cadena, suscrito en el año 2006 entre el sector público y privado, el Consejo Nacional de las Hortalizas, como órgano asesor del Gobierno en materia de política para la sostenibilidad y competitividad de este importante subsector, representa la cadena. En el caso de la cebolla de bulbo, se priorizaron seis núcleos que corresponden a los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, la zona norte del país y Norte de Santander que, en conjunto, representan el volumen más significativo del área productiva en el país.

3.2. Criterios de análisis jerárquico

3.2.1. Criterios físicos

El componente físico es importante, ya que mediante el análisis de sus elementos en un espacio territorial se puede determinar en primera instancia la aptitud o no de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para el cultivo de cebolla de bulbo, 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 (ilustración 11).

Ilustración 11. Criterios y variables del componente físico



Fuente: UPRA (2016).

- Subcomponente climático: el conjunto cambiante de las condiciones atmosféricas propias de un lugar o región se caracteriza por los estados y las evoluciones de las variables climáticas (precipitación, temperatura y humedad del aire, radiación, insolación, viento) durante un largo tiempo. Para la zonificación, se tomaron como criterio de evaluación las condiciones climáticas; según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo de cebolla de bulbo, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en las fases de desarrollo del cultivo, tales como la temperatura, la precipitación o la lluvia, y el brillo solar (cuadro 19).

Cuadro 19. 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 los elementos climáticos referentes al estado de la atmósfera en dicho espacio. Cuando se hace referencia al clima, se hace énfasis en los tres elementos climáticos más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción del cultivo de cebolla de bulbo: la temperatura, la precipitación y el brillo solar.	<p>Temperatura: magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende de la latitud y de la altitud, y se toma generalmente como índice de balance calórico de las plantas.</p>
		<p>Precipitación: cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida. En términos prácticos, es la cantidad de lluvia media que se precipita en una determinada zona y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de cebolla de bulbo. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro (1 mm) de precipitación equivale a un litro de agua lluvia por metro cuadrado de superficie (1 l/m²) o a diez metros cúbicos de agua por hectárea (10 m³/ha). De acuerdo con la duración del ciclo vegetativo de la cebolla de bulbo, el análisis de la información para la variable se realizó teniendo en cuenta los semestres calendario: entre enero y junio (primer semestre), y entre julio y diciembre (segundo semestre).</p>
		<p>Brillo solar: cantidad de horas en las que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre; también se denomina insolación.</p>

- Subcomponente edáfico: el suelo, como cuerpo natural y complejo, es vital en el desarrollo de los cultivos, ya que la supervivencia de las especies vegetales depende de las características de este. El cultivo de cebolla de bulbo requiere de condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento y desarrollo, especialmente en lo referente a texturas y contenidos de elementos nutricionales (cuadro 20).

Cuadro 20. Criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Variable
<p>Capacidad de laboreo</p>	<p>Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo de cebolla de bulbo implica el uso de maquinaria, especialmente en lo que tiene que ver con la arada, el surcado y la formación de camellones; depende de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en la superficie y dentro del perfil.</p>
	<p>Pendiente: inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.</p>
	<p>Textura: 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).</p>
	<p>Pedregosidad: cantidad, en porcentaje, de fragmentos > 2 mm. Para efectos prácticos, se toman los fragmentos tamaño guijarro (7,6 cm de diámetro) y mayores, sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas (> 35 %). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas.</p>

	Criterio	Variable
<p>Condiciones de enraizamiento</p>	<p>Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas y la formación adecuada de los bulbos.</p> <p>Tienen relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, la profundidad hasta donde penetran las raíces sin obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes.</p>	<p>Profundidad efectiva: es el total de la profundidad del perfil del suelo favorable para desarrollo de las raíces (USDA, 1961). También se entiende como profundidad efectiva radicular, es decir, el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables.</p>
		<p>Textura: 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).</p>
		<p>Pedregosidad: cantidad, en porcentaje, de fragmentos > 2 mm. Para efectos prácticos, se toman los fragmentos tamaño guijarro (7,6 cm de diámetro) y mayores, sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas (> 35 %). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas.</p>

Criterio	Variable
<p>Disponibilidad de humedad</p>	<p>Capacidad que tienen los suelos para aportar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo; se relaciona con el contenido y el movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende a su vez de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.</p> <p>Régimen de humedad: presencia o ausencia de un manto freático, o agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos del año. Para el cultivo de cebolla de bulbo, los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año, así como a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. El régimen de humedad údico es el óptimo para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a que se asocia al régimen de lluvias bimodal, aunque en régimen ústico se desarrolla muy bien con aplicación de agua de riego en época de baja precipitación.</p> <p>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).</p>

	Criterio	Variable
<p>Disponibilidad de oxígeno</p>	<p>Cualidad del suelo que indica las condiciones de aireación del mismo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros de este permiten la libre circulación del CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.</p>	<p>Susceptibilidad a inundaciones: la inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento se da cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacines o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).</p>
		<p>Drenaje natural: tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración, y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).</p>



Criterio	Variable
<p>Disponibilidad de nutrientes</p> <p>Capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de los bulbos.</p>	<p>Acidez (pH): logaritmo negativo de la actividad de iones H⁺ en la solución o suspensión del suelo.</p>
	<p>Capacidad de intercambio catiónico (CIC): mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn y NH₄⁺), 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.</p>
	<p>Saturación de bases: suma de las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresada como porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %. El pH es directamente proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender, 1987).</p>
	<p>Carbono orgánico: principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, razón por la cual es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición, que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999; citado por Martínez <i>et al.</i>, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000; citado por Martínez, Fuentes y Acevedo, 2008).</p>

	Criterio	Variable
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	<p>Presencia de altos contenidos de sales y Al que limitan el desarrollo fisiológico del cultivo de cebolla de bulbo. Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn y Ni), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos), la saturación del catión sodio y la saturación de Al.</p> <p>En el ámbito de los suelos colombianos, tiene gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.</p>	<p>Salinidad o sodicidad: alto contenido de sales solubles o sodio intercambiable en zona radicular; el contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse como cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).</p>
		<p>Saturación de aluminio: relación porcentual entre el aluminio del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+3}), abundante en suelos ácidos con $pH < 5,5$, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).</p>



Criterio		Variable
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras que serán afectadas por los agentes erosivos; integra las variables que causan o que originan dichos procesos. El cultivo de la cebolla de bulbo involucra el uso intensivo del suelo, y, en ausencia de acolchado plástico, tiene periodos que lo dejan sin cobertura vegetal, especialmente en siembra, desyerba y cosecha, aspecto que deja expuesto el suelo a la erosión por escorrentía, principalmente.	Pendiente: corresponde a la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje; en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.
		Erosión actual: proceso de degradación física e integral que consiste en el desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de otros materiales a través de la acción del agua en movimiento y el viento. Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en la superficie por estos procesos.
		Susceptibilidad a movimientos en masa: probabilidad de ocurrencia de procesos de movimientos en masa en el terreno. Los deslizamientos son movimientos fuertes de suelo o roca que se mueven, respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de roturas netas al superar estas la resistencia al corte; las masas generalmente se desplazan en conjunto y se comportan como una unidad en su recorrido. Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que debe considerarse a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de la cebolla de bulbo.

- Subcomponente fitosanitario: se identificaron los problemas de plagas y enfermedades más recurrentes a lo largo de las zonas productoras. El criterio asociado a 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 de cebolla de bulbo. En función de este propósito, se consideraron como las más importantes para este cultivo comercial: *Peronospora destructor*, *Alternaria porri* y *Sclerotium cepivorum*, relacionadas con sus respectivas variables temperatura, precipitación y humedad relativa (cuadro 21).

Cuadro 21. Variables del subcomponente fitosanitario

Criterio (definición)		Variables (definición)
Riesgo fitosanitario	Conjunto de las principales condiciones ambientales o epidemiológicas (temperatura, precipitación y humedad relativa) que aumentan la probabilidad de desarrollo de procesos de inoculación, infección y propagación de limitantes sanitarios priorizadas en el cultivo comercial de cebolla de bulbo: <i>P. destructor</i> , <i>A. porri</i> y <i>S. cepivorum</i> .	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.
		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.

3.2.2. Criterios socioecosistémicos

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

Este enfoque, dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, adquiere una importancia trascendental, puesto que genera, de manera transversal a los demás componentes de análisis, los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica y prestación de bienes y servicios ambientales) de una forma equitativa, incluyendo la sociedad, la economía y la cultura, sin sesgar el desarrollo de nuevas actividades por una conservación a ultranza o por puntos de vista totalmente desarrollistas, utilitaristas.

A partir de los conceptos teóricos generales de aptitud de la tierra, la cual se entiende como la adaptabilidad de un territorio para una actividad

dada, para el proyecto de zonificación se establece desde el componente socioecosistémico que 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 a nivel nacional (1:100.000), se identifican algunos atributos ecosistémicos y de paisaje, cuya simplicidad y alto valor predictivo y de síntesis permiten obtener una interpretación desde una visión sistémica de la estructura, la función y la dinámica ecológica (ilustración 12).

Ilustración 12. Relación entre los atributos y los criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica



Fuente: UPRA (2014).

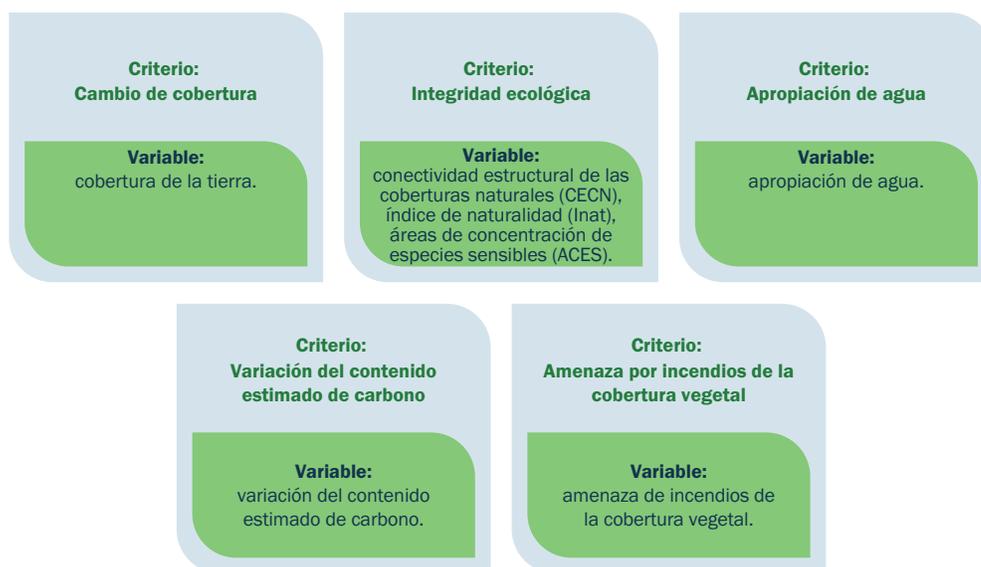
Estos atributos se evaluaron a partir de los siguientes criterios: cobertura de la tierra (estructura), integridad ecológica (función), huella ecológica y transformación (dinámica).

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

Este componente, al igual que los criterios físicos, ayuda a definir si un territorio tiene o no aptitud para el desarrollo del cultivo.

Para este componente 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 cebolla de bulbo (ilustración 13 y cuadro 22).

Ilustración 13. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: UPRA (2014).

Cuadro 22. Criterios y variables del componente socioecosistémico

	Criterio	Variable
Cambio de cobertura	Favorabilidad del cambio de la cobertura en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los siguientes principios: grado de antropización y transformación de las coberturas; importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura, de acuerdo con sus características e importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.	Por medio de este criterio es posible identificar áreas con vegetación natural sujetas a exclusiones y áreas transformadas donde es favorable establecer el cultivo comercial de cebolla de bulbo, bajo una visión integral del territorio. Asimismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas de menor impacto socioecosistémico como producto del cambio para el establecimiento del cultivo.

Criterio		Variable
Integridad ecológica	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. Estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación.	<p>Conectividad estructural de las coberturas naturales (CENC): medida a escala del paisaje transformado que permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como espacio vital requerido para el mantenimiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.</p>
		<p>Índice de naturalidad por subzona hidrográfica (Inat): cualidad de un ecosistema o de alguna parte del mismo que da a conocer su grado de independencia respecto de la acción del hombre o, lo que es igual, lo escaso de la influencia transformadora del hombre. Permite estimar la cantidad de espacios naturales destinados a garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en una unidad territorial determinada.</p>
		<p>Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas. De igual forma, se integran las áreas importantes para la conservación de las aves (AICA); así, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo es mayor.</p>

Criterio		Variable
Apropiación de agua	Cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de cebolla de bulbo, tanto para su crecimiento como materia prima para el sustento del cultivo y en la producción del bulbo.	Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de evapotranspiración real por subzona hidrográfica) en el escenario de establecimiento del cultivo de cebolla de bulbo. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento para el cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes en su interior.
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 cebolla de bulbo.	Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. De forma complementaria, esta estimación permite incorporar elementos de competitividad ambiental y económica, pues se puede articular a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono.
Amenaza por incendios por la cobertura vegetal	Probabilidad que posee 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 cebolla de bulbo 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, generando pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercana.

3.2.3. Criterios socioeconómicos

La competitividad es la capacidad para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio frente a otros productores domésticos e internacionales, y se define por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales; es decir, la productividad depende tanto del valor de los productos y servicios de un país —medido por los precios que se pagan por ellos en los mercados libres— como de la eficiencia con la que pueden producirse (Porter, 1980; 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 del logro de un uso eficiente de los factores de producción, de la consolidación de altos niveles de innovación en los sistemas productivos, de la diversificación y ampliación de los mercados, así como de la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida.

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de cebolla de bulbo con fines comerciales, la competitividad se expresa como la capacidad de una región (municipio) para generar las condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenido de dichos cultivos; con esto, permiten mejorar de manera permanente las condiciones de vida y el bienestar de sus habitantes y, en particular, de los empresarios y las familias dedicadas al negocio de la producción de la cebolla de bulbo.

Con base en esta definición, la competitividad de este cultivo implica un proceso que tiene en cuenta los requerimientos y las condiciones multidimensionales para desarrollar su producción, los cuales son los criterios o las variables estructurales que conducen hacia la competitividad, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades productoras del bulbo. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso, del cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, mercado laboral disponible y con suficiente mano de obra calificada y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros; todo lo anterior redundará en beneficio del productor de la cebolla de bulbo y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista en este tipo de cultivo puede serle indiferente si invierte en un sitio con mejores o peores condiciones de vida, pero su inversión sí beneficiará a la comunidad local. En consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos dirigidos al establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo con fines comerciales en Colombia interesa en especial a las agencias del Gobierno y a los productores con responsabilidad social.

El índice de competitividad (IC) compara las capacidades de las regiones con potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo y promover el bienestar para las familias que dependen de esta actividad. El IC resulta de la incorporación de las variables seleccionadas en un esquema de cálculo de indicadores mediante la estandarización y normalización de la información; para ello, compara los diferentes aspectos de competitividad entre los municipios y define las 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. Según el caso, se aplican los siguientes indicadores:

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

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

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

Donde:

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

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

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

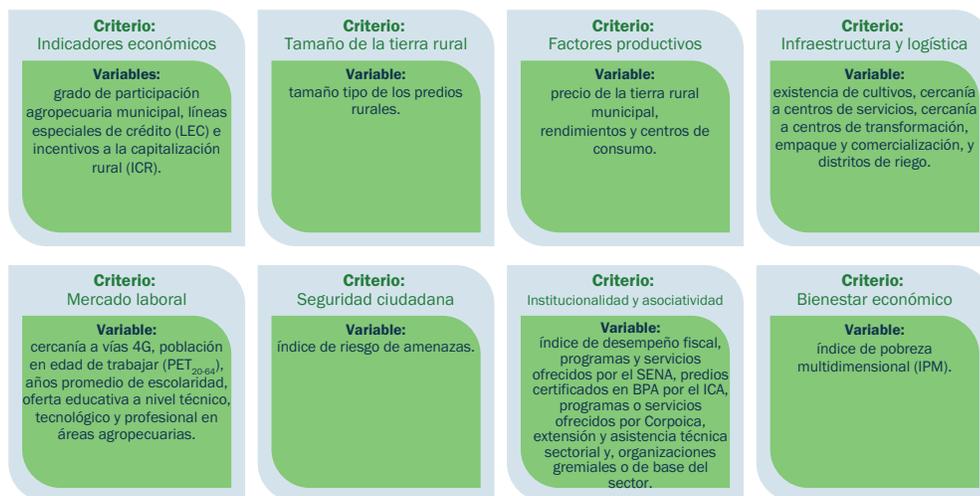
El IC calculado generó una puntuación de 0 a 1; este resultado corresponde a la posición o puesto que ocupó este municipio en la aptitud competitiva, para la variable en consideración, con respecto a los demás municipios del país.

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

En resumen, inicialmente el método permitió asociar los resultados de los indicadores con valores de rango entre 0 y 1. Se asoció 1 al mejor resultado de cada indicador o de aptitud competitiva alta, 0 al resultado de aptitud competitiva baja, y los valores intermedios entre 0 y 1, a la aptitud competitiva media. De esta manera, el análisis posterior individual por cada variable pudo realizarse homogéneamente, indistintamente de la cantidad de municipios o indicadores presentes. Posteriormente, se calculó el valor de las categorías de aptitud aplicando un promedio simple a los valores de los indicadores pertenecientes a cada categoría para obtener un valor único por municipio, de acuerdo con la categoría en análisis. Finalmente, se calculó el IC utilizando de nuevo un promedio simple sobre el valor las categorías calculadas anteriormente.

En la ilustración 14 y en el cuadro 23 se presentan los criterios y las variables que forman parte del componente socioeconómico.

Ilustración 14. Criterios y variables del componente socioeconómico



Fuente: UPRA (2016).

Cuadro 23. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Definición	Variable
Indicadores económicos	Valores estadísticos que muestran el comportamiento de la economía, los cuales ayudan a analizar y prever el comportamiento de la misma, representan una realidad económica de manera cuantitativa y directa, y miden las variables durante un cierto periodo.	Grado de participación agropecuaria municipal: busca medir indirectamente el nivel de vocación agropecuaria del municipio de modo que si el sector agropecuario tiene una mayor participación porcentual que otros sectores dentro del municipio, su vocación agropecuaria es mayor.
		Líneas especiales de créditos (LEC): préstamos formales otorgados a personas naturales o jurídicas para desarrollar diferentes actividades desde el proceso de producción y comercialización hasta la transformación primaria de los bienes.
		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.

Criterio	Definición	Variable
Tamaño de la tierra rural	Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la UAF (2 SMLV) por municipio, y por las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva. Para efectos de la zonificación, cada municipio del país se ubica dentro de un rango de tamaño tipo predominante y por lo tanto, en una aptitud determinada. La medición se hizo a través de la comparación predio a predio, de acuerdo con la información catastral manejada en la dirección de ordenamiento territorial de la UPRA, comparada con la UAF definida en los decretos del Incoder n.º 1132 y 1133 de 2013, para el municipio donde se encuentre el predio.	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.
Factores productivos	Con este criterio se busca espacializar algunas variables que tienen relación con los costos de producción, con el objetivo de medir el impacto y el nivel de aptitud de un sitio respecto a la tradición del cultivo, el arriendo o el precio de la tierra según sea el caso, los rendimientos medidos como toneladas producidas por hectárea y la distancia a los centros de consumo de la hortaliza.	<p>Precio de la tierra rural municipal: expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. Busca medir de forma indirecta el arriendo de una hectárea para la producción agrícola. Para efectos de la zonificación, esta variable se asimila e incorpora como el avalúo catastral por hectárea de los predios rurales de un municipio.</p> <p>Rendimientos: peso por unidad de superficie cosechada de un producto vegetal. En general, se representa como t/ha.</p> <p>Centros de consumo: centros poblados donde normalmente existe demanda de consumo para la cadena productiva.</p>
Infraestructura y logística	Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.	Cercanía a centros de servicios: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro de servicios) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción, relacionadas con la obtención de insumos básicos requeridos en el proceso productivo (por ejemplo: soldador, ferretería, mangueras, agroquímicos, entre otros).

Criterio	Definición	Variable
Infraestructura y logística	Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.	Existencia de cultivos: área sembrada con cebolla de bulbo promedio por semestre en el municipio.
		Cercanía a centros de empaque, transformación y comercialización: distancia en isócronas (tiempo, pendiente y distancia de recorrido) desde el centro de transformación, empaque y comercialización hacia cualquier punto del territorio.
		Distritos de riego: presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según tamaño (Incoder, 2015).
Mercado laboral	Identifica condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de cebolla de bulbo a nivel municipal.	Cercanía a vías 4G: facilidad con la que se pueden alcanzar los tramos de vías de 4G desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hacia los puntos donde se construyen vías de 4G en busca de mejores opciones de ingreso.
		Población en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄): personas de determinada edad a partir de la cual se consideran en capacidad de trabajar. Por la información disponible a nivel municipal, esta variable incorporó la población entre los 20 y 64 años de edad, en capacidad de trabajar.
		Años promedio escolaridad: número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más a nivel municipal.
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias: oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias, existencia de programas de formación académica, en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, forestales, agropecuarias y afines, con modalidad presencial en el municipio.		
Seguridad ciudadana	Sensación de confianza, entendida como ausencia de riesgos y daños a la vida y a la integridad física y psicológica de un individuo o de un grupo poblacional, determinada por situaciones sociales.	Índice de riesgo de amenazas: eventual ocurrencia de acciones o sucesos relacionadas 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 preponderantemente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014).

Criterio	Definición	Variable
<p>Institucionalidad y asociatividad</p>	<p>Condiciones internas y externas a la cadena, en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector de la cebolla de bulbo. Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, para su apoyo a los procesos productivos y comerciales; constituye un elemento central para la competitividad.</p>	<p>Índice de desempeño fiscal: medición global del resultado fiscal anual alcanzado por cada municipio, a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y capacidad de ahorro.</p>
		<p>Programas y servicios ofrecidos por el SENA: facilidad con la que se puede alcanzar desde un sitio en el territorio el centro más cercano del SENA, que ofrece programas de formación profesional integral para la incorporación, el apoyo o la formación en técnicas y procesos productivos que intervienen directamente con la producción agrícola en los cultivos hortofrutícolas desde otros puntos en el territorio.</p> <p>Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta la sede del SENA más cercana que ofrece programas y servicios especializados como jóvenes rurales emprendedores, escuelas líderes Cedagro-SER, SENA Emprende Rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, jóvenes en acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental, apoyo empresas agrícolas.</p>
		<p>Predios certificados BPA por el ICA: Número de predios certificados en buenas prácticas agrícolas (BPA) por parte del ICA, cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.</p>

Criterio	Definición	Variable
Institucionalidad y asociatividad	Condiciones internas y externas a la cadena, en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector de la cebolla de bulbo. Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, para su apoyo a los procesos productivos y comerciales; constituye un elemento central para la competitividad.	<p>Programas o servicios ofrecidos por Corpoica: facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica que ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervienen directamente con la producción agrícola en la cadena hortofrutícola desde otros puntos en el territorio. La variable sintetiza las oportunidades de contacto e interacción.</p> <p>Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de Corpoica que ofrecen estos programas específicos.</p>
		<p>Extensión y asistencia técnica sectorial: existencia de entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria a nivel municipal, cuya función es articular y orientar acciones para el incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción, considerando la sostenibilidad ambiental.</p> <p>El término sectorial está referido tanto al sector agropecuario en general como al sector de la cebolla de bulbo.</p>
		<p>Organizaciones gremiales o de base del sector: sedes de Asohofrucol que hacen presencia en los municipios.</p>
Bienestar económico	Conjunto de circunstancias materiales e inmateriales de la existencia y supervivencia de un individuo o grupo humano. Refleja el grado de desarrollo humano de la población perteneciente a un municipio analizado, en relación al concepto de competitividad.	<p>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; las condiciones de la niñez y la juventud; el trabajo; la salud y el acceso a servicios públicos domiciliarios, y las condiciones de la vivienda.</p>

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, 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 24).

Cuadro 24. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Categoría		Definición
Aptitud		
A1	Alta	Zonas con las mejores condiciones desde el punto de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico.
A2	Media	Zonas con limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico.
A3	Baja	Zonas con fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
N1	No apta	Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que, en la actualidad, imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Exclusiones legales		
N2	Exclusión legal	Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo.
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 cebolla de bulbo.

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 productora de cebolla de bulbo. En el cuadro 25 se registran los rangos de aptitud desde el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas N1.

Cuadro 25. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	N1
Climático	Condiciones climáticas	Temperatura media	°C/año	≥ 20 - ≤ 28	≥ 10 - < 20	> 28	< 10
		Precipitación total	mm/ semestre	≥ 400 - ≤ 700	> 700 - ≤ 1400	≥ 250 - < 400 y > 1400 - ≤ 1750	< 250 y > 1750
		Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	> 5	≥ 3 - ≤ 5	< 3	-
Edáfico	Capacidad de laboreo	Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 12	> 12 - ≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
		Pedregosidad	Adimensional	No pedregoso	-	-	Pedregoso
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	cm	≥ 25	-	-	< 25
		Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA	FAr, FArL, ArA, L	Ar, ArL, A, AF	-
		Pedregosidad	Adimensional	No pedregoso	-	-	Pedregoso
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Adimensional	Údico, y Ústico	-	Ácuico	Árido y perácuico
		Textura	Clase textural	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL	F, FA, L, FL	A, AF	-
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Adimensional	No hay	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
		Drenaje natural	Adimensional	Bueno y excesivo	Moderado	Imperfecto y pobre	Muy pobre
	Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)	pH	6,0 - 6,5	5,1 - 5,9 y 6,6 - 7,3	4,0 - 5,0 y 7,4 - 7,8	< 4,0 y > 7,8
		Saturación de bases	Porcentaje (%)	> 35	≥ 10 - ≤ 35	< 10	-
		Carbono orgánico	Porcentaje (%)	> 2,7 - ≤ 10; andisoles > 2,7 - ≤ 15	≥ 1,4 - ≤ 2,7 y > 10; andisoles > 15	< 1,4; histosoles	-
		Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg de suelo	> 20	≥ 10 - ≤ 20	< 10	-
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad o sodicidad	% de sodio intercambiable (PSI)	≤ 10	> 10 - ≤ 15	-	> 15
dS/m			≤ 2	> 2 - ≤ 4	> 4 - ≤ 8	> 8	
Saturación de aluminio		Porcentaje (%)	≤ 30	> 30 - ≤ 60	> 60	-	
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 75	> 75	
	Erosión actual	Adimensional	No hay o es ligera	Moderada	-	Severa y muy severa	
	Susceptibilidad a movimientos en masa	Adimensional	Muy baja y baja	Media	Alta y muy alta	-	

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	N1
Fitosanitario	Riesgo fitosanitario	Temperatura (<i>Peronospora destructor</i>)	°C	≥ 20	≤ 8	> 8 - < 20	-
		Precipitación (<i>Peronospora destructor</i>)	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 700	> 700	-
		Temperatura (<i>Alternaria porri</i>)	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 20	> 20	-
		Humedad relativa (<i>Alternaria porri</i>)	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85	-
		Precipitación (<i>Alternaria porri</i>)	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 700	> 700	-
		Temperatura (<i>Sclerotium cepivorum</i>)	°C	< 8 y > 24	≥ 8 - ≤ 12 y ≥ 16 - ≤ 24	> 12 - < 16	-
		Humedad relativa (<i>Sclerotium cepivorum</i>)	Porcentaje (%)	> 80	≥ 65 - ≤ 80	< 65	-

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

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

La segunda categoría involucra aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después del año 2010; estas áreas fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Cabrera et al., 2011); estas zonas no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola. Se toma 2010 como fecha límite, en concordancia con la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en donde se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la implementación de estrategias para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos sobre la población, el medioambiente y la economía del país.

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

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

En el cuadro 26 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioecosistémico.

Cuadro 26. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico

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

Criterio	Variable	Rangos de aptitud			Rangos de aptitud
		A1	A2	A3	
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	Apropiación de agua	Uso consuntivo (USO)			No aplica
		< 9500	≥ 9500 - ≤ 13.300	> 13.300	
		Índice de uso del agua (IUA)			
		> 96.243,49	≤ 96.243,49 - ≥ 25.495,18	< 25.495,18	
Variación del contenido estimado de carbono	Variación del contenido estimado de carbono	< -20	> 0 a ≥ -20	≥ 0	No aplica
Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	Amenaza de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	No aplica

A partir del componente socioeconómico, los municipios se clasificaron solamente en tres categorías de aptitud competitiva (A1, A2 y A3). Ningún municipio se clasificó como no apto (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos cuya variación respondió a factores exógenos. En el cuadro 27 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.

Cuadro 27. 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 participación agropecuaria municipal	Porcentaje (%)	Municipio ≥ 27 %	Municipios entre 10 % y 27 %	Municipios < 10 %
	Líneas especiales de créditos (LEC)	Pesos (\$)	Municipios con líneas especiales de crédito otorgados ≥ \$ 2,2 millones	Municipios con líneas especiales de crédito otorgados entre \$ 41.000 y \$ 2,2 millones	Municipios sin historial
		Índice de competitividad (IC)	IC ≥ 0,077	IC < 0,077	
	Incentivo a la capitalización rural (ICR)	Pesos (\$)	Municipios con incentivos ICR otorgados ≥ \$ 9,5 millones	Municipios con incentivos ICR otorgados entre \$ 710.000 y \$ 9,5 millones	Municipios sin historial
		Índice de competitividad (IC)	IC ≥ 0,1845	IC < 0,1845	

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
Tamaño de la tierra rural	Tamaño tipo de los predios rurales	Unidad agrícola familiar (UAF)	Predios < 2 UAF	Predios entre 2 y 5 UAF	Predios ≥ 5 UAF
Factores productivos	Rendimientos (primer semestre)	Toneladas por hectárea (t/ha)	Municipios > 24,75 t/ha	Municipios entre 19 t/ha y 24,75 t/ha	Municipios < 19 t/ha
	Rendimientos (segundo semestre)	Toneladas por hectárea (t/ha)	Municipios > 25 t/ha	Municipios entre 18,6 t/ha y 25 t/ha	Municipios < 18,6 t/ha
	Precio de la tierra rural municipal	Pesos (\$)	Municipios < \$ 2 millones	Municipios entre \$ 2 millones y \$ 10 millones	Municipios > \$ 10 millones
	Centros de consumo	Kilogramos (kg)	Municipios ≥ 174.694.171 kg	Municipios entre 311.398 kg y 174.694.171 kg	Municipios < 311.398 kg
Infraestructura y logística	Cercanía a centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
	Existencia de cultivos (primer semestre)	Hectáreas (ha)	Municipios > 83 ha sembradas	Municipios entre 24 ha y 83 ha sembradas	Municipios < 24 ha sembradas
	Existencia de cultivos (segundo semestre)	Hectáreas (ha)	Municipios > 95 ha sembradas	Municipios entre 25 ha y 95 ha sembradas	Municipios < 25 ha sembradas
	Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
	Distritos de riego	Tamaño	Municipios con distritos de riego de gran tamaño	Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	Municipios sin distrito de riego
Mercado laboral	Cercanía a vías 4G	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≥ 2 h	Municipios entre 1 h y 2 h	Municipios < 1 h
	Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄)	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,01015	IC entre 0,00419 y 0,01015	IC < 0,00419
		Personas	> 50.000 personas	Entre 20.000 y 50.000 personas	< 20.000 personas
	Años promedio de escolaridad	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,2511	IC entre 0,1483 y 0,2511	IC < 0,1483
		Años	> 5 años	Entre 3 y 5 años	< 3 años
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Número de programas	4 o más	2 o 3	0 o 1	
Seguridad ciudadana	Índice de riesgo de amenazas	Índice	≤ 0,42	> 0,42 y ≤ 0,58	> 0,58
		Índice de competitividad (IC)	IC ≥ 0,720	0,519 ≤ IC ≤ 0,720	IC < 0,519

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			A1	A2	A3
Institucionalidad y asociatividad	Índice de desempeño fiscal	Índice	≥ 70,02 y hasta 90,73	≥ 60,00 y < 70,02	≥ 33,23 y < 60,00
		Índice de competitividad (IC)	IC ≥ 0,655	0,476 ≤ IC < 0,655	IC < 0,476
	Programas y servicios ofrecidos por el SENA	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 horas
	Predios certificados BPA por el ICA	Número de predios certificados	≥ 5 predios certificados	Entre 1 y 5 predios certificados	Municipios sin predios certificados
	Programas y servicios ofrecidos por Corpoica	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
	Extensión y asistencia técnica sectorial	Tiempo de desplazamiento en horas (h)	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
	Organizaciones gremiales o de base del sector	Presencia	Con presencia	-	Sin presencia
Bienestar económico	Índice de pobreza multidimensional (IPM)	Índice	< 64	Entre 64 y 83	> 83
		Índice de competitividad (IC)	IC > 0,46731	0,22069 < IC < 0,46731	IC < 0,22069

Las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico considerados dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo contienen, entre otra información, la siguiente: el tipo de criterio que representa, la definición, la importancia del criterio o la variable, el rango de evaluación establecido, las limitantes, la ponderación del criterio, la metodología de procesamiento de la información, la representación cartográfica del criterio o la variable y las fuentes de información.

3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales

En esta fase de la metodología se identificó la normatividad que regula la realización de actividades productivas agrícolas, en este caso en particular, para el cultivo de cebolla de bulbo, ya sea de forma excluyente o condicionante. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o excluyen un uso determinado del territorio rural, lo que implicó, en este caso, restricciones legales o condicionantes para el uso. El carácter excluyente se refiere a aquellas áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos, mientras que los condicionantes legales se refieren a impedimentos directamente relacionados con la normatividad que limita el uso del suelo por interés ambiental, cultural y social.

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

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

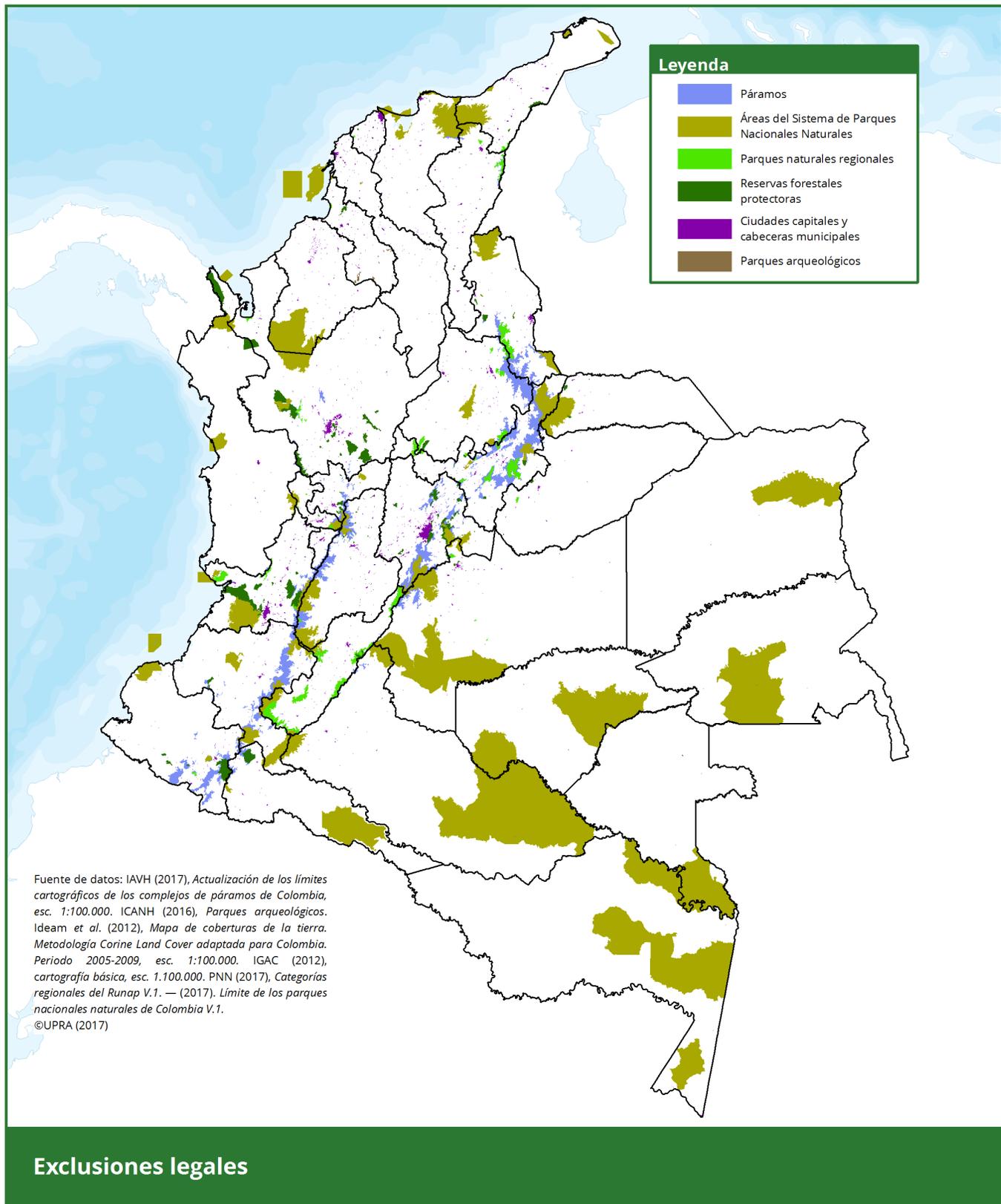
El cuadro 28 y la ilustración 15 presentan las exclusiones legales, en tanto que en el cuadro 29 y la ilustración 16, los condicionantes legales definidos para la zonificación de aptitud del cultivo de cebolla de bulbo.

Cuadro 28. Exclusiones legales

Variable	Áreas de exclusión
Ecosistemas estratégicos (páramos)	<p>Páramos: en lo referente a los ecosistemas de páramo, es necesario referirse la Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, «Todos por un nuevo país», el cual establece en su artículo 173 que en las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias. Asimismo, define que es responsabilidad de la autoridad ambiental regional elaborar los estudios técnicos que permitan caracterizar el contexto ambiental, social y económico de las áreas de páramos (Congreso de Colombia, 2015).</p> <p>La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, establece que ante la vulnerabilidad, la fragilidad y la dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema. Lo anterior, no solo porque es un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también en razón de los importantes servicios ambientales que presta, sumado al hecho de que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia.</p>

<p>Áreas protegidas</p>	<p>Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y están integradas por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y vía parque. De conformidad con el artículo 30 del Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.</p> <p>Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran como espacios geográficos en los que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para destinarlas al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.</p> <p>Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran como espacios geográficos en los que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para destinarlas al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.</p>
<p>Áreas urbanas y suburbanas</p>	<p>Tejido urbano continuo y discontinuo: la Ley 388 de 1997 establece que los centros urbanos son aquellos espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada, por lo cual no pueden ser objeto de actividades agrícolas.</p>
<p>Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)</p>	<p>Parques arqueológicos: están a cargo del 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 sirvan de testimonio de la identidad cultural nacional, tanto en el presente como en el futuro, según la ley general de cultura (Ley 397 de 1997, artículo 1 de la Ley 1185 de 2008 y Decreto 1080 de 2015).</p>

Ilustración 15. Mapa de exclusiones legales



Cuadro 29. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
<p>Ecosistemas estratégicos</p>	<p>Humedales: el Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación de disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.</p> <p>La Ley 1753 de 2016, en su artículo 172 establece que con base en la cartografía de humedales que determine el 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.</p> <p>Cuando se ha efectuado el deslinde y delimitación de un humedal que no pertenezca a la Convención Ramsar, se determina un plan de manejo especial, precave una serie de usos a saber cómo usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos.</p> <p>De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa respectiva de humedales estará supeditada a ser considerada una vez: 1) sea delimitado; 2) sea zonificado y 3) sean determinados sus respectivos usos, en la formulación del respectivo plan de manejo ambiental, y por ende, será una capa flotante cuya estimación de condicionante pende de la determinación de los usos compatibles y prohibidos, sobre los cuales habrá lugar a formular desde la competencia del sector agropecuario.</p> <p>Manglares: se definen como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del Minambiente). Para su conservación, el Minambiente desarrolló el «Programa nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar», en el año 2002.</p> <p>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 del Minambiente).</p>

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	<p>Rondas hídricas: el artículo 3 del Decreto 1449 de 1977, «Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974», compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales tienen la obligación de mantener en cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo, las áreas forestales protectoras, entendiéndose por estas, entre otras, «una faja no inferior a 30 metros de ancho, 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».</p> <p>De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa de rondas hídricas estará supeditada a ser considerada como exclusión legal para las actividades agropecuarias, una vez 1) sea delimitada, 2) zonificada y 3) sean determinados sus respectivos usos. La capa de rondas hídricas la expedirá la autoridad ambiental competente y será una capa flotante cuya estimación de condicionante dependerá de la determinación de los usos compatibles y prohibidos.</p> <p>Bosques secos: forman parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas, las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo asociada con escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, y por ello, el Minambiente desarrolló un «Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN)» 2005, a través del cual se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, así como la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.</p>
Áreas protegidas	<p>Distritos de manejo integrado (DMI): de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.</p> <p>Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados, o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.</p>

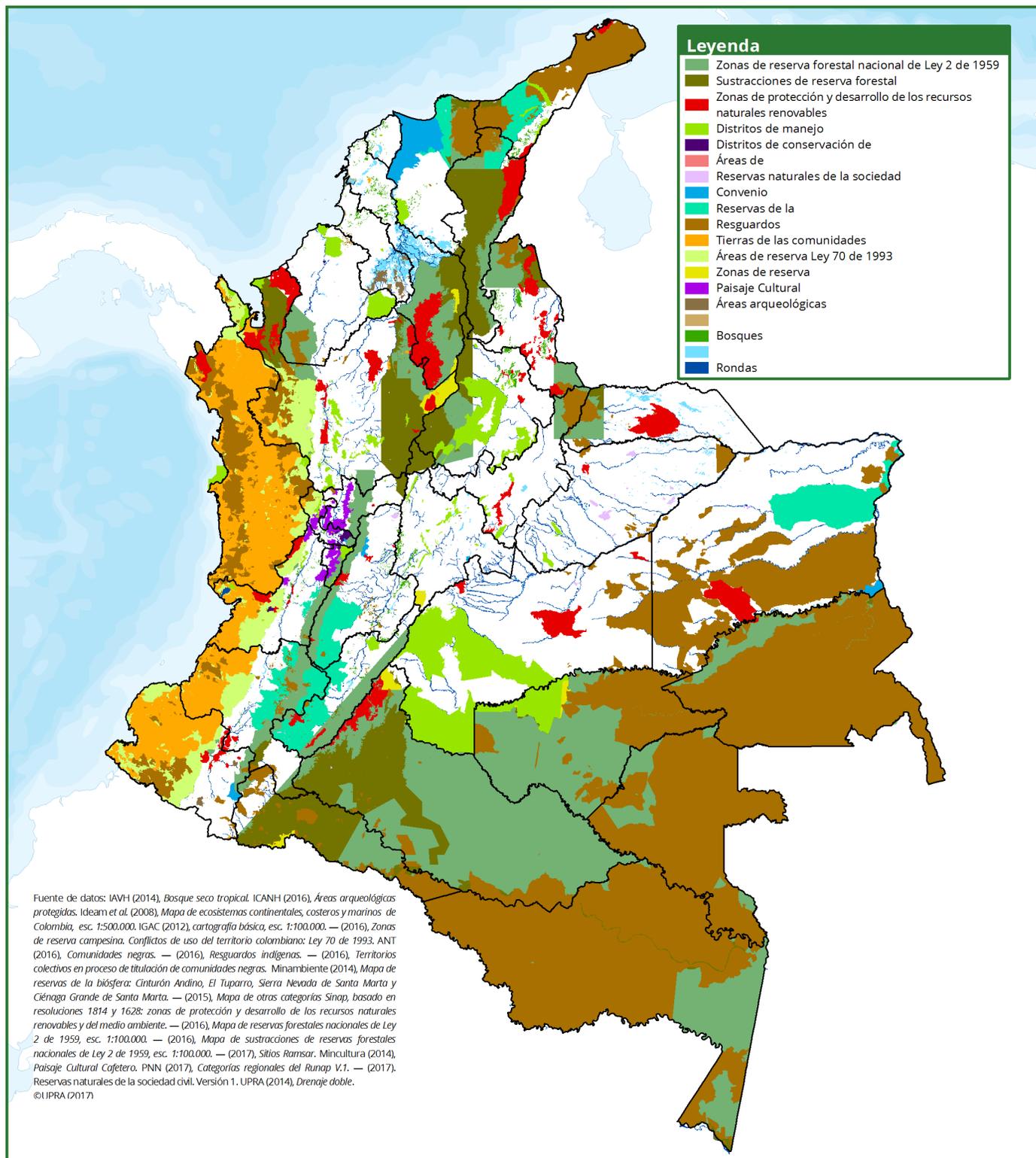
Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	<p>Áreas de recreación: conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.</p>
	<p>Reservas naturales de la sociedad civil: conforme al artículo 1 del Decreto 1996 de 1999, corresponden a la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales.</p>
	<p>Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de la Resolución 1628 de 2015 y de la Resolución 1814 de 2015 del MADS, mediante las cuales se declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de Parques Nacionales Naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las corporaciones autónomas regionales).</p>
Zonas de reserva forestal nacional	<p>Zonas de reserva forestal nacional de ley 2: se compone de 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 manejó como condicionante, dado que está establecido mediante resolución que, para un cambio en el uso del suelo, se requiere de una solicitud de sustracción de reserva forestal.</p>
	<p>Sustracciones de las reservas forestales de ley 2: de acuerdo con el numeral 18, artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011, facultó al hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción; por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.</p>
Distinciones internacionales	<p>Reservas de la biósfera: de acuerdo con la «Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural» (<www.unesco.org>), los Estados se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (artículo 6), y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (cinturón andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, ciénaga grande de Santa Marta, Seaflower).</p>

Condicionante	Condicionante
<p>Distinciones internacionales</p>	<p>Ramsar: la «Convención sobre los humedales de importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos. Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, aprueba la «Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas» y se obliga como parte contratante de la convención a elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio (artículo 3), así como a fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos (artículo 4).</p>
<p>Áreas de interés cultural y social</p>	<p>Tierras de las comunidades negras: son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5 de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».</p> <p>Áreas de reserva de la ley 70: según 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».</p> <p>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».</p>

Condicionante	Condicionante
<p>Áreas de interés cultural y social</p>	<p>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 Constitución Política de Colombia (artículos 63 a 329), la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989.</p>
	<p>Paisaje cultural cafetero: está inscrito en la lista de patrimonio mundial desde el 25 de junio de 2011, y ratificado por el Gobierno nacional mediante la Resolución 2079 del Mincultura, del 7 de octubre de 2011, cuyo artículo 3 dice: «Velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del paisaje cultural cafetero en la lista de patrimonio mundial de la Unesco».</p>
	<p>Áreas arqueológicas protegidas: presentan un alto potencial arqueológico que debe ser protegido según la Ley General de Cultura; cada una de estas áreas contiene un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, el cual permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.</p>



Ilustración 16. Mapa de condicionantes



Condicionantes legales

3.5. Análisis multicriterio

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

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

3.5.1. Proceso analítico jerárquico

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

El AHP se basa en la estructuración jerárquica y comparación de pares de alternativas y permite, mediante la realización de una matriz de doble entrada (de comparación pareada), generar la calificación del grado de incidencia que un factor tiene sobre los otros, comparándolos por pares; asimismo, mediante la generación de los vectores propios de estas relaciones, estima el grado de consistencia de las calificaciones como un valor de significancia estadística y a su vez 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), se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas y se entrega 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, con lo cual se logra medir cómo contribuyó 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 30).

Cuadro 30. 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			

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

Siguiendo el procedimiento planteado, se realiza la comparación por pares de criterios, para calificar cada uno de acuerdo con la importancia relativa de un criterio respecto a otro; esto se desarrolla para todos los criterios definidos para el análisis mediante un taller donde se califican por pares los criterios, usando una escala de importancia que se presenta en el cuadro 31.

Cuadro 31. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

	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

A =

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

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida para el cultivo, se calculan las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística utilizando el software PriEst (Priority Estimation Tool) (Siraj, Leonelli, Keane y Mikhailov, 2013).

La entrada de datos en esta herramienta fue 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 pertenecía 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, se tiene que el vector de prioridades de cada criterio vinculado a la zonificación de aptitud se define de la siguiente manera:

$$(P_1 * criterio_1) + (P_2 * criterio_2) + \dots + (P_N * criterio_N)$$

Donde:

N = número de criterios.

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

El cuadro 32 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo; el cuadro 33, los pesos relativos de cada criterio, resultantes de la corrida de la matriz con el software PriEst.



Cuadro 32. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo

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

Cuadro 33. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo

Orden	Componente	Criterio	Ponderación (%)
1	Físico	Condiciones climáticas	13,8
2	Físico	Capacidad de laboreo	11,3
3	Físico	Condiciones de enraizamiento	10,0
4	Socioecosistémico	Apropiación de agua	8,4
5	Físico	Disponibilidad de oxígeno	7,7
6	Físico	Disponibilidad de humedad	7,2
7	Socioeconómico	Infraestructura y logística	5,4
8	Socioecosistémico	Integridad ecológica	5,4
9	Socioeconómico	Mercado laboral	4,2
10	Socioecosistémico	Variación del contenido estimado de carbono	3,7
11	Físico	Riesgo fitosanitario	3,5
12	Socioeconómico	Factores productivos	3,0
13	Físico	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	2,8
14	Físico	Disponibilidad de nutrientes	2,6
15	Socioeconómico	Institucionalidad y asociatividad	2,0
16	Físico	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1,9
17	Socioeconómico	Tamaño de la tierra rural	1,6
18	Socioecosistémico	Cambio de cobertura	1,6
19	Socioeconómico	Seguridad ciudadana	1,1
20	Socioeconómico	Bienestar económico	1,0
21	Socioeconómico	Indicadores económicos	0,9
22	Socioecosistémico	Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	0,9
		Físico	60,8 %
		Socioecosistémico	20,0 %
		Socioeconómico	19,2 %

Se combina la información de los criterios considerados en la zonificación realizando una suma lineal ponderada, en la cual a los criterios se les aplican los pesos calculados para cada uno y se obtienen los mapas semestrales de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en versión preliminar, para su validación ante expertos de la cadena.

$$S = \sum W_i * X_i$$

Donde:

S = mapa con categorías de aptitud.

W_i = peso del criterio i .

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

El análisis estadístico utilizando el *software* PriEsT indicó una consistencia del 96,3 %.

3.6. Análisis espacial y modelos cartográficos

El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias porque 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 incluyen un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información (generalmente ráster), con el propósito de producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso 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 cebolla de bulbo. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la ilustración 17.

Ilustración 17. 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, la solicitud y la evaluación de la información (espacial y alfanumérica) usada por los diferentes componentes. Esta información 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 utilizadas son los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplean para la estandarización o el reescalamiento de las variables, los criterios y los lineamientos definidos en cada componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para la zonificación.

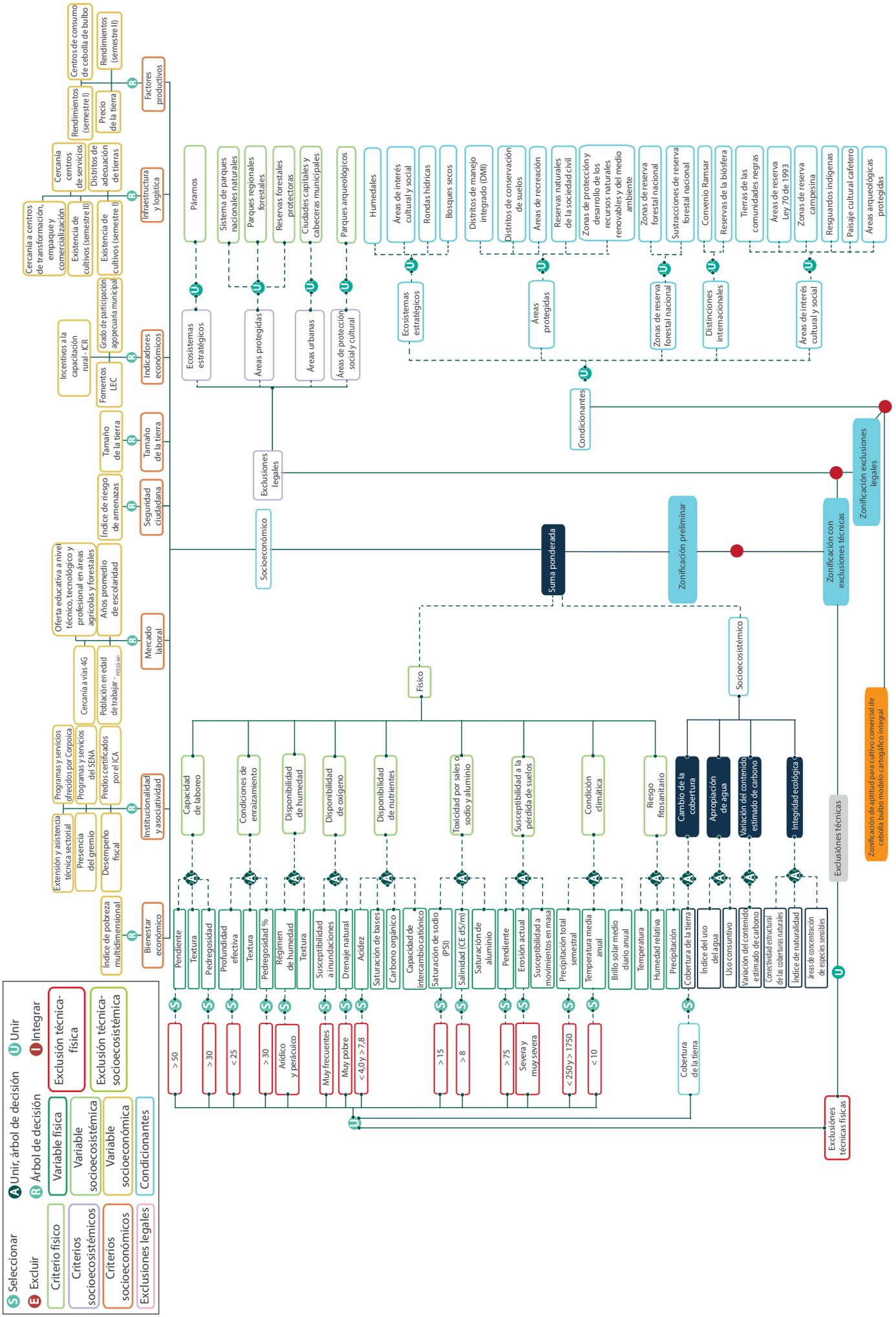
- **Análisis de la información:** consiste en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio, de acuerdo con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizan en rangos entre cero (0) y tres (3), que indican la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran 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 en 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 cebolla de bulbo. Estas salidas son soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

En la ilustración 18 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000. En las ilustraciones 19 a 21 se identifican los modelos cartográficos por cada componente, así como las exclusiones legales y los condicionantes, en las ilustraciones 22 y 23, respectivamente.

Ilustración 18. Modelo cartográfico integral



Zonificación de aptitud para cultivo comercial de cebolla bulboso modelo cartográfico integral

Ilustración 19. Modelo cartográfico del componente físico

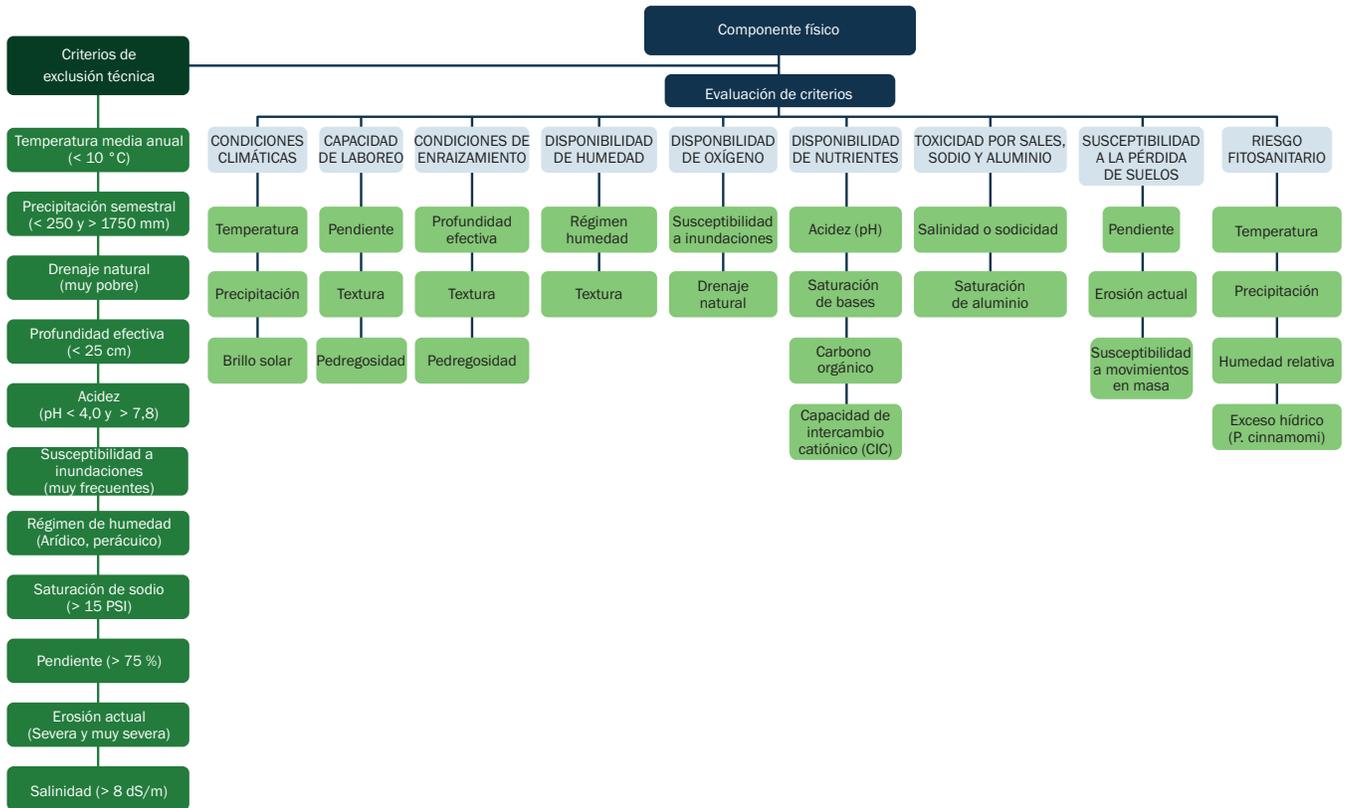


Ilustración 20. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico

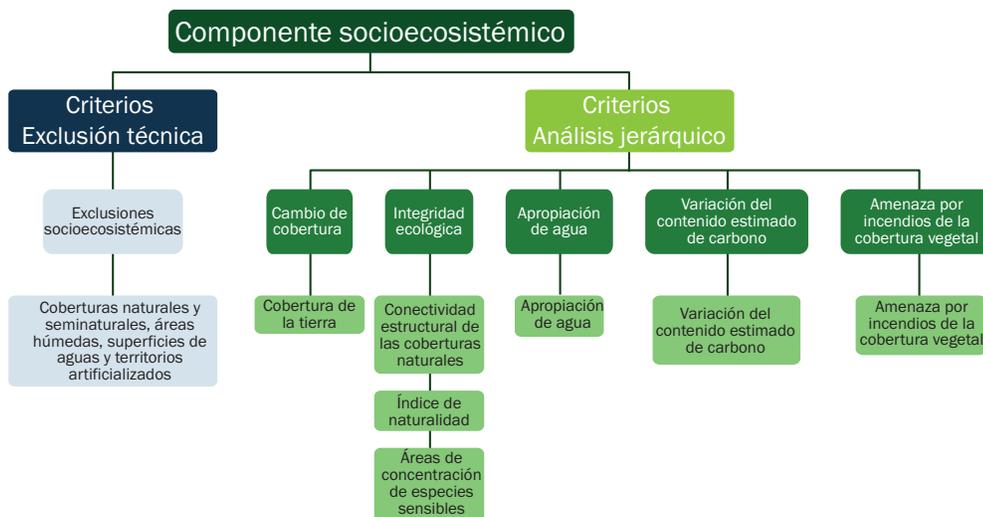


Ilustración 21. Modelo cartográfico del componente socioeconómico

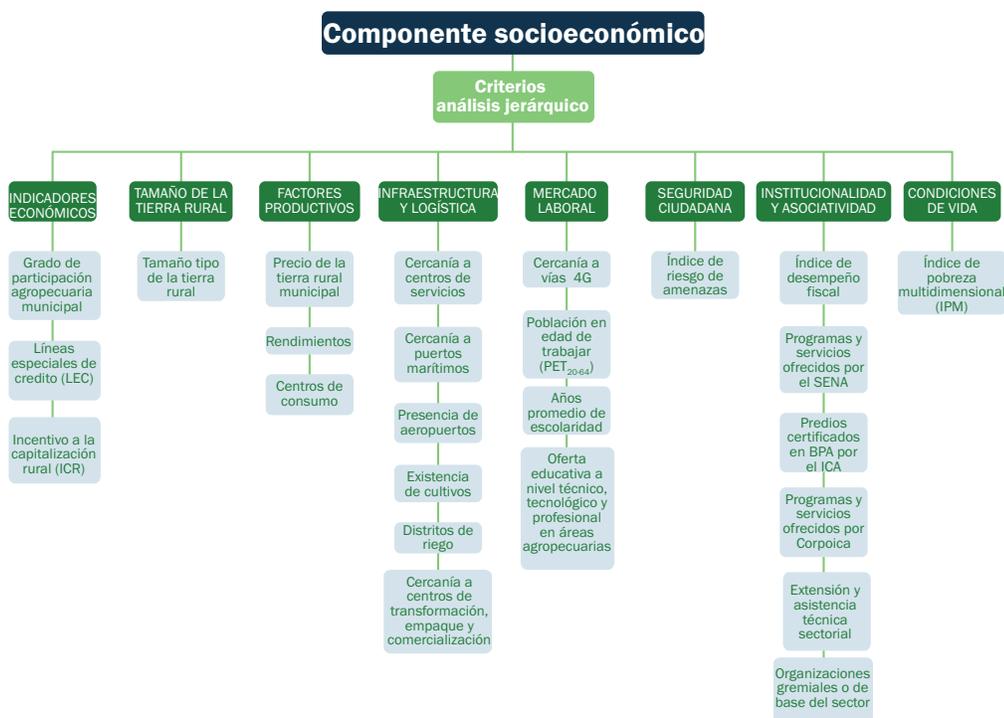
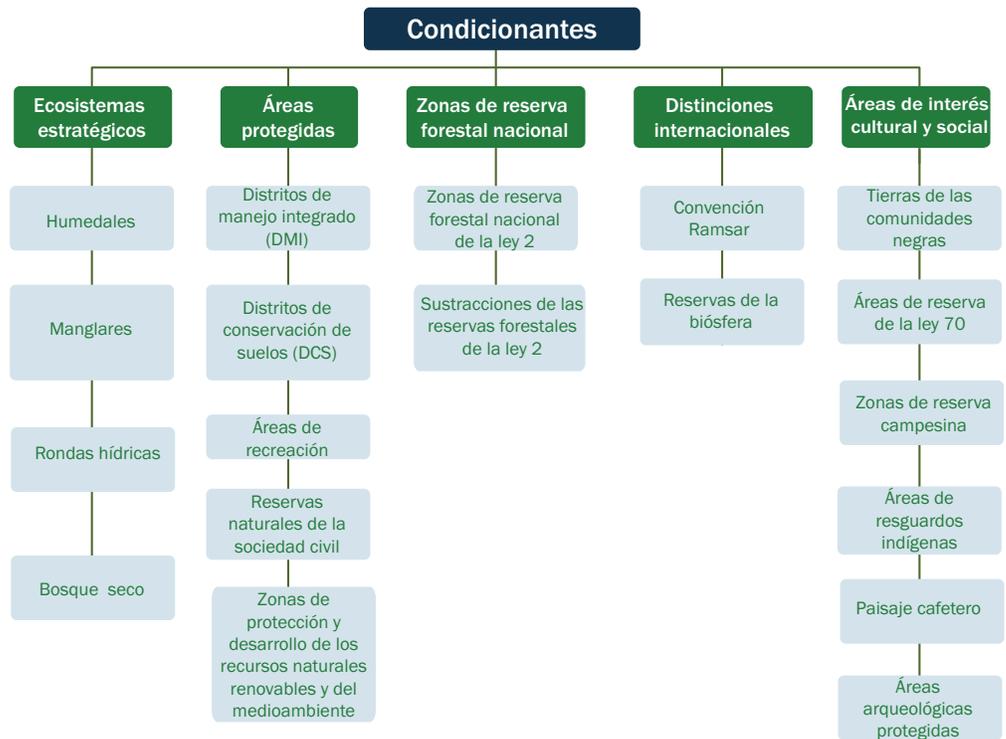


Ilustración 22. Modelo cartográfico de las exclusiones legales



Ilustración 23. Modelo cartográfico de los condicionantes



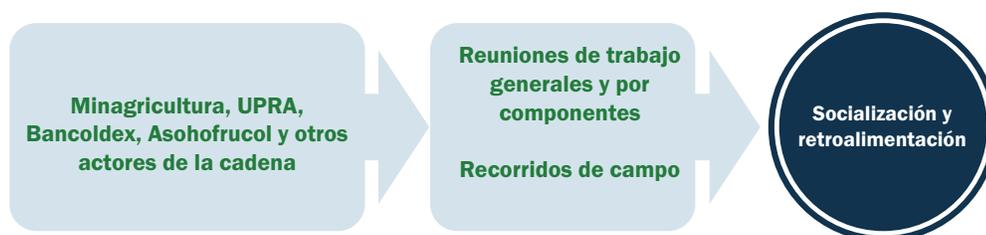
3.7. Proceso de validación de los mapas

Como parte del proceso de socialización y validación de la metodología y de los mapas de aptitud obtenidos, se desarrollan dos tipos de actividades:

- Trabajo conjunto con representantes de Asohofrucol, Bancóldex y otros actores de la cadena productiva de la cebolla de bulbo, mediante talleres de discusión para realimentar el proceso.
- Recorridos de campo para validar los criterios, las variables, los rangos y las unidades cartográficas definidas de manera preliminar para el cultivo, con el fin de efectuar los ajustes necesarios para la obtención del mapa integrado de aptitud.

En la ilustración 24 se presenta la estrategia adelantada para la socialización y validación del proyecto de zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000.

Ilustración 24. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2016).

3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva de cebolla de bulbo

En función de presentar la metodología, discutir los criterios, las variables y los rangos de aptitud, así como evaluar los diferentes mapas generados durante el desarrollo del ejercicio, se adelantaron jornadas de socialización del proyecto de zonificación de aptitud con profesionales del sector público y privado, expertos vinculados al cultivo, agricultores y otros actores de la cadena productiva de la cebolla de bulbo. En estas actividades se logró identificar información relevante y realimentar el trabajo desarrollado.

Esta etapa empezó el día 18 de mayo de 2016, con una reunión en las instalaciones del distrito de riego de Usocicamocho, donde se expuso, a representantes del distrito y técnicos de la Secretaría de Fomento Agropecuario del departamento de Boyacá, la metodología desarrollada por la UPRA para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000, según rangos de aptitud, así como exponer los criterios y las variables identificadas desde los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico), en función de validarlos con los asistentes (ilustración 25).

Ilustración 25. Registro fotográfico del taller de socialización en Usочicamocha



Instalaciones de Usочicamocha, departamento de Boyacá

3.7.2. Validación en campo

Con el objeto de socializar el proyecto de zonificación de aptitud con los actores de la cadena productiva de la cebolla de bulbo en las principales zonas de producción actuales, de 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, y de evaluar mediante recorridos de campo los diferentes mapas generados en el marco de la zonificación de aptitud del cultivo, se realizaron dos recorridos en zonas de producción, en zona fría (ilustración 26).

En el departamento de Boyacá, entre el 18 y el 20 de mayo de 2016, se visitó la zona de influencia del distrito de riego del Alto Chicamocha en los municipios de Sogamoso y Tibasosa, donde se logró corroborar la aptitud del cultivo frente a los mapas generados por el equipo técnico de la UPRA. Se identificaron productores tecnificados que utilizan riego por goteo y acolchado plástico con rendimientos experimentales cercanos a 55 t/ha, frente a los sistemas tradicionales de producción, que obtienen entre 25 t/ha y 30 t/ha.

Asimismo, entre el 26 y el 30 de septiembre de 2016, se adelantó un recorrido en la zona de influencia del distrito de riego de Samacá, en los municipios de Samacá, Cucaita, Sutamarchán y Villa de Leiva. En el departamento de Cundinamarca, el recorrido se realizó en los municipios de Uña, Chipaque, Ubaque y Choachí.

Ilustración 26. Registro fotográfico de los recorridos de campo



Labor de trasplante



Despedrado de lotes comerciales de cebolla



Riego por aspersion de un cultivo de cebolla



4. Resultados

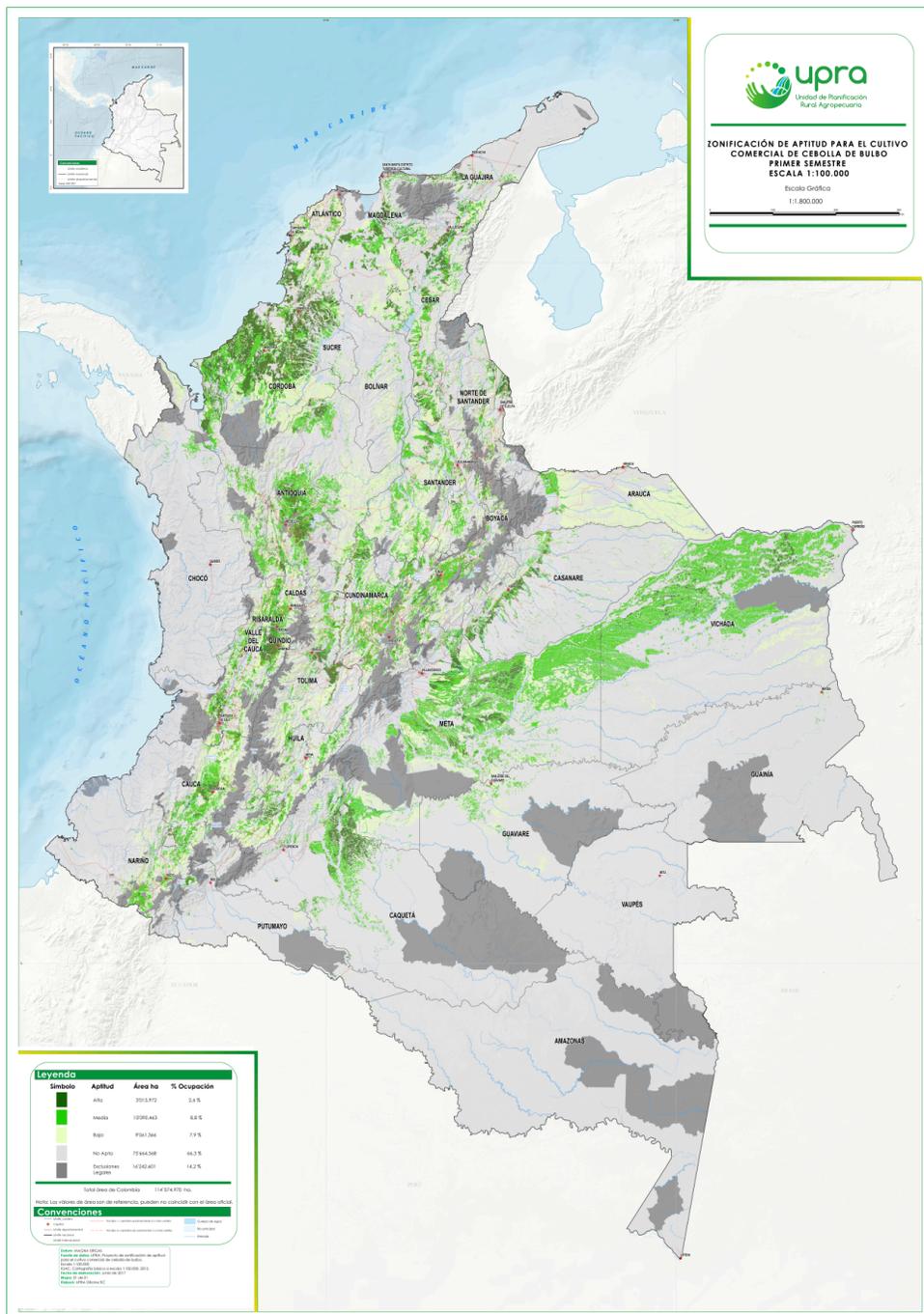


Teniendo en cuenta que la cebolla de bulbo es un cultivo transitorio, para el ejercicio de zonificación de aptitud a escala 1:100.000 se identificó e integró la variable precipitación, para los dos semestres, dentro del criterio denominado condiciones climáticas. El primer semestre comprende de enero hasta julio, y el segundo semestre, entre julio y diciembre; los resultados de la zonificación de aptitud se presentan a continuación.

4.1. Primer semestre

En el mapa integrado de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000, se identificó que para el primer semestre se tienen 22.167.802 ha aptas (19,4 % del área total nacional continental), de las cuales 3.015.972 ha (2,6 %) corresponden a una aptitud alta (A1); 10.090.463 ha (8,8 %), a aptitud media (A2) y 9.061.366 ha (7,9 %), a aptitud baja (A3). Asimismo, las áreas no aptas para desarrollar dicha actividad equivalen a 75.664.568 ha, es decir, el 66,3 % del total de área nacional. Por su parte, las áreas de exclusiones equivalen a 16.242.601 ha, correspondientes al 14,2 % del total (ilustración 27).

Ilustración 27. Mapa integrado de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, escala 1:100.000 (primer semestre)



El cuadro 34 muestra los resultados de aptitud, según categorías, para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo en el primer semestre.

Cuadro 34. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)

Categoría	Área (ha)	Ocupación (%)
Aptitud alta (A1)	3.015.972	2,6
Aptitud media (A2)	10.090.463	8,8
Aptitud baja (A3)	9.061.366	7,9
Total apto	22.167.802	19,4
No apto técnico (N1)	75.664.568	66,3
Restricciones legales	16.242.601	14,2
Total área Colombia	114.074.970	100

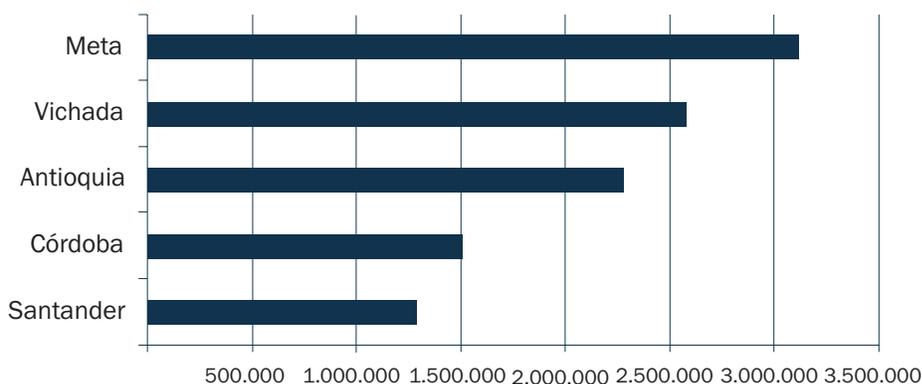
Los departamentos con mayor área apta para el primer semestre son: Meta (3.122.067 ha), Vichada (2.589.357 ha), Antioquia (2.286.163 ha), Córdoba (1.509.620 ha) y Santander (1.295.195 ha), los cuales representan el 48,7 % del total del área apta a nivel nacional (cuadro 35 e ilustración 28).

Cuadro 35. Áreas aptas de los principales departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)

Departamento	Aptitud alta (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud baja (ha)	Total apto (ha)
Meta	263.087	1.965.708	893.272	3.122.067
Vichada	166.801	2.042.580	379.975	2.589.357
Antioquia	335.113	1.063.940	887.110	2.286.163
Córdoba	605.757	322.070	581.793	1.509.620
Santander	36.219	511.376	747.601	1.295.195
Arauca	3.886	85.798	927.855	1.017.539
Cundinamarca	73.219	550.333	321.593	945.144
Cauca	71.825	342.931	414.280	829.037
Cesar	174.032	345.107	287.707	806.845
Tolima	88.652	190.818	502.969	782.440
Caquetá	247.549	355.815	119.558	722.922
Bolívar	86.652	188.981	429.214	704.846
Huila	47.871	250.202	379.803	677.876
Magdalena	140.062	207.094	288.770	635.926
Boyacá	46.315	315.616	212.619	574.550
Valle del Cauca	65.604	255.104	175.040	495.747
Casanare	125.028	195.791	152.011	472.830
Norte de Santander	52.737	132.427	250.657	435.821
Nariño	8230	173.058	241.843	423.131
Sucre	241.711	75.002	72.701	389.413
Caldas	18.942	120.764	169.911	309.617
Guaviare	336	93.068	193.265	286.669
La Guajira	45.616	88.772	79.054	213.442

Risaralda	12.560	75.208	70.901	158.669
Atlántico	2172	35.477	110.302	147.950
Chocó	160	43.979	87.539	131.678
Quindío	49.764	44.687	22.985	117.436
Putumayo	6071	12.167	38.961	57.199
Guainía	-	5834	22.080	27.913
Amazonas	-	758	-	758
Vaupés	-	-	-	-
San Andrés y Providencia	-	-	-	-
Total Nacional	3.015.971	10.090.465	9.061.369	22.167.800

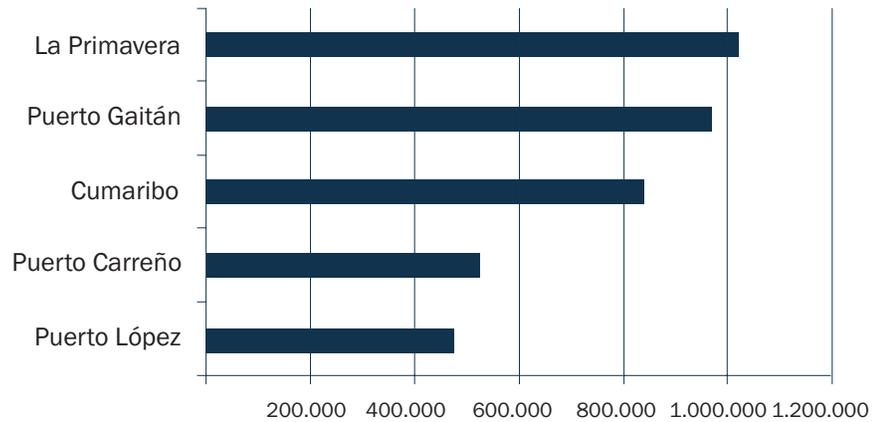
Ilustración 28. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)



Los departamentos que mostraron la mayor superficie con aptitud alta (A1) para el primer semestre son Córdoba (605.757 ha), Antioquia (335.113 ha), Meta (261.087 ha), Caquetá (247.549 ha) y Sucre (241.711 ha).

En el primer semestre, los principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo corresponden a La Primavera, en el departamento de Vichada (1.023.031 ha); Puerto Gaitán, en el departamento del Meta (971.647 ha); Cumaribo y Puerto Carreño, en el departamento de Vichada (841.660 ha y 524.834 ha, respectivamente), y Puerto López, en el departamento del Meta (476.621 ha) (ilustración 29).

Ilustración 29. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (primer semestre)

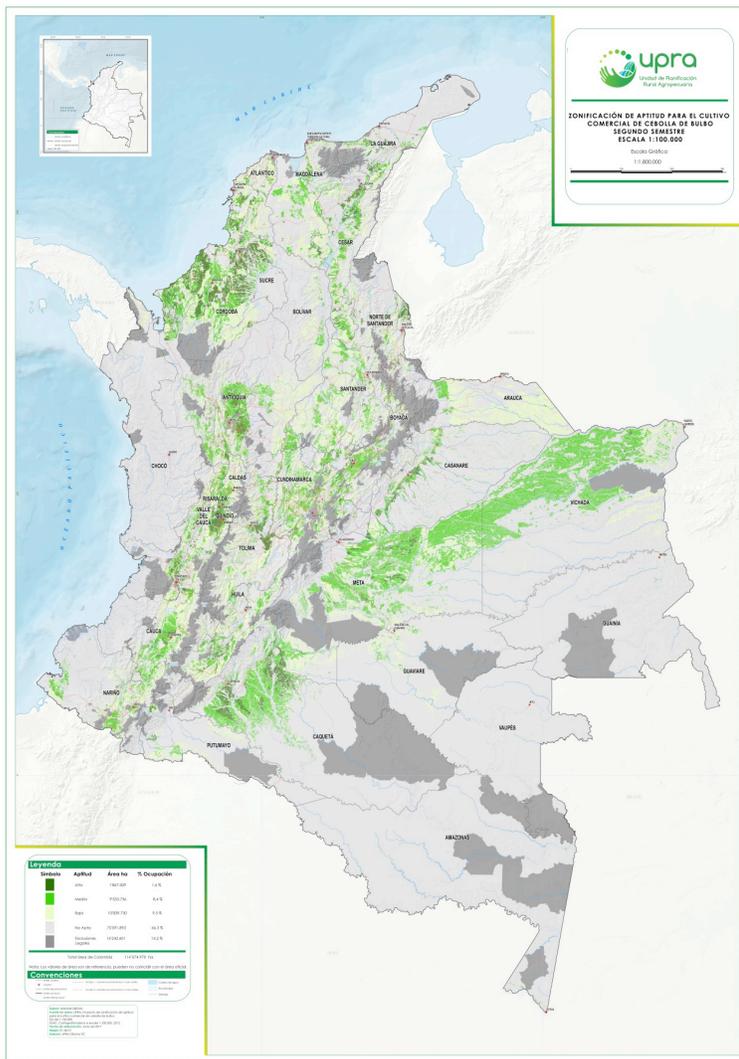


4.2. Segundo semestre

En el mapa integrado de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000, se identificó que para el segundo semestre se tienen 22.240.476 ha aptas (19,4 % del área total nacional continental), de las cuales 1.867.009 ha (1,6 %) corresponden a una aptitud alta (A1); 9.533.736 ha (8,4 %), a aptitud media (A2) y 10.839.730 ha (9,5 %), a aptitud baja (A3). La ilustración 30 muestra la representación cartográfica de la aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia para el segundo semestre.



Ilustración 30. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia, escala 1:100.000 (segundo semestre)



El cuadro 36 muestra los resultados de aptitud según categorías para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo en el segundo semestre.

Cuadro 36. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)

Categoría	Área (ha)	Ocupación (%)
Aptitud alta (A1)	1.867.009	1,6
Aptitud media (A2)	9.533.736	8,4
Aptitud baja (A3)	10.839.730	9,5
Total apto	22.240.475	19,5
No apto técnico (N1)	75.591.893	66,3
Restricciones legales	16.242.601	14,2
Total área Colombia	114.074.970	100

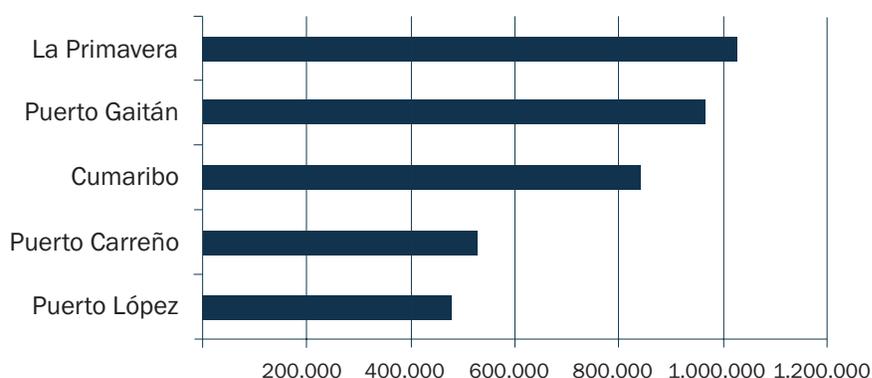
Los departamentos con mayor área apta para el segundo semestre son Meta (3.134.808 ha), Vichada (2.591.985 ha), Antioquia (1.772.768 ha), Córdoba (1.448.981 ha) y Caquetá (1.343.369 ha), y representan el 48,7 % del total del área apta a nivel nacional (cuadro 37 e ilustración 31).

Cuadro 37. Áreas aptas de los principales departamentos para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)

Departamento	Aptitud alta (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud baja (ha)	Total apto (ha)
Meta	122.783	1.842.199	1.169.827	3.134.808
Vichada	17.646	2.014.712	559.627	2.591.985
Antioquia	195.549	716.399	860.819	1.772.768
Córdoba	382.505	368.731	697.745	1.448.981
Caquetá	320.263	814.640	208.466	1.343.369
Santander	9.091	340.361	907.507	1.256.959
Arauca	311	79.431	937.939	1.017.681
Cundinamarca	29.120	453.488	405.661	888.268
Cauca	39.560	318.236	475.129	832.924
Cesar	93.892	330.878	386.604	811.374
Tolima	83.649	148.980	550.201	782.830
Huila	43.965	226.588	407.862	678.415
Bolívar	38.963	124.078	491.733	654.774
Magdalena	19.020	230.008	389.084	638.111
Nariño	4.729	202.431	339.283	546.444
Boyacá	19.547	288.592	237.306	545.444
Valle del Cauca	60.279	213.720	222.014	496.013
Casanare	78.287	207.706	145.738	431.732
Norte de Santander	33.437	72.172	260.358	365.966
Sucre	154.326	126.227	78.788	359.341
Guaviare	-	41.169	270.908	312.077
Caldas	5.815	92.442	194.330	292.586
Putumayo	11.211	42.699	191.586	245.496

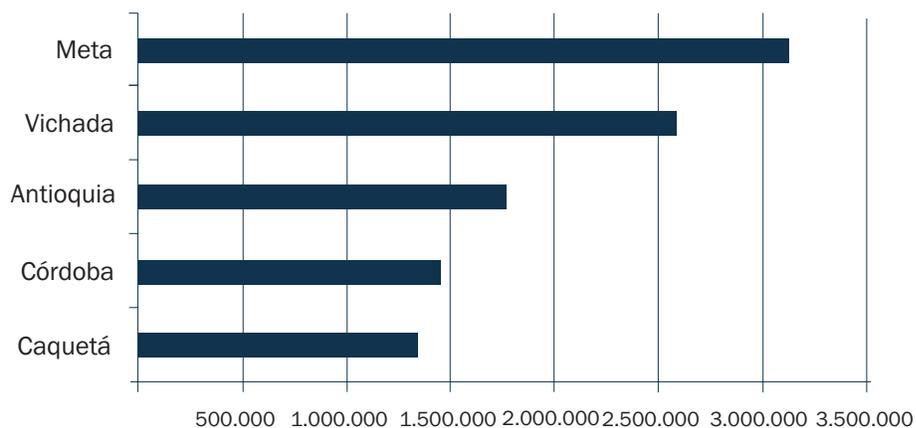
La Guajira	47.717	96.636	84.270	228.624
Risaralda	10.859	56.009	88.773	155.641
Atlántico	413	24.862	127.113	152.388
Quindío	44.074	43.102	30.325	117.501
Chocó	-	1.099	60.446	61.545
Guainía	-	4.079	23.508	27.587
Amazonas	-	11.067	13.892	24.959
Vaupés	-	995	22.889	23.885
San Andrés y Providencia	-	-	-	-
Total nacional	1.867.009	9.533.736	10.839.730	22.240.476

Ilustración 31. Principales departamentos con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)



En el segundo semestre, los principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo corresponden a La Primavera, en el departamento de Vichada (1.026.485 ha); Puerto Gaitán, en el departamento del Meta (965.979 ha); Cumaribo y Puerto Carreño, en el departamento de Vichada (840.456 ha y 524.979 ha, respectivamente), y Puerto López, en el departamento del Meta (479.095 ha) (ilustración 32).

Ilustración 32. Principales municipios con áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo (segundo semestre)





5. Conclusiones y recomendaciones





La zonificación de aptitud del cultivo de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000, permite identificar las áreas geográficas que presentan condiciones apropiadas para el establecimiento y el desarrollo del cultivo. La zonificación es una herramienta del proceso de planificación del uso eficiente del suelo agrícola, soportada en un trabajo conjunto entre la UPRA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Asohofrucol, Bancóldex y los demás actores de la cadena productiva de la cebolla de bulbo, que parte de un modelo conceptual basado en la integración de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos, donde 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, buscando un mayor impacto en las inversiones y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural. 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 una actividad específicos de la economía rural, ni busca sustituir los análisis de viabilidad técnica o análisis socioeconómicos particulares a cada proyecto. De acuerdo con lo anterior, esta zonificación no debe superponerse para obtener aproximaciones de aptitud a nivel de fincas o predios particulares.

Mediante el análisis multicriterio, se determinó que el componente físico tuvo un peso relativo del 60,8 %, seguido del componente socioecosistémico, con 20,0 %, y el socioeconómico, con 19,2 %.

Igualmente, los criterios de mayor importancia dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, a escala 1:100.000, son las condiciones climáticas (13,8 %), la capacidad de laboreo (11,3 %), las condiciones de enraizamiento (10,0 %), la apropiación de agua (8,4 %), la disponibilidad de oxígeno (7,7 %), la disponibilidad de humedad (7,2 %) y la infraestructura y logística (5,4 %).

Dentro del componente físico, en los resultados de la zonificación se destaca que el criterio condiciones climáticas, compuesto por las variables temperatura media anual, precipitación semestral y brillo solar anual, presenta la mayor importancia dentro de la determinación de zonas aptas, dado que incide directamente en el establecimiento, el desarrollo y la productividad del cultivo comercial de cebolla de bulbo en Colombia.

Asimismo, para el criterio riesgo fitosanitario se realizó una priorización de enfermedades teniendo en cuenta factores como la afectación económica y su incidencia en los costos de producción del cultivo, la presencia y afectación en todas las zonas productoras de cebolla de bulbo en el territorio nacional, y la posibilidad de que a través de las variables definidas el criterio pudiera tener una representación cartográfica adecuada. Para este cultivo se priorizaron *Pero­nospora destructor*, *Alternaria porri* y *Sclerotium cepivorum*, las cuales están correlacionadas con las variables temperatura, precipitación y humedad relativa.

Dentro de los criterios socioecosistémicos, la apropiación de agua es el más importante, dado que la disponibilidad del recurso hídrico es una limitante para el buen desarrollo del cultivo comercial de cebolla de bulbo: tanto el exceso como la deficiencia de agua tienen implicaciones en su buen comportamiento.

Por otra parte, la evaluación del criterio cambio de cobertura tiene como restricción que su análisis se hace a partir de la capa de coberturas de la tierra Corine Land Cover a escala 1:100.000, elaborada con base en imágenes 2010-2012, lo cual puede afectar los resultados y tener variaciones frente a las condiciones de la cobertura actual.

Respecto a la información socioeconómica, el criterio de mayor importancia es el de infraestructura y logística. La mayor restricción está dada por su nivel de agregación, cuyo análisis es a nivel municipal, principalmente.

La variable distritos de riego aporta competitividad desde una perspectiva transversal a cualquier cadena agrícola, en razón a que son motor de desarrollo de cultivos competitivos: permiten la regulación del agua requerida en el ciclo productivo y ayudan a mejorar la producción.

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 cebolla de bulbo, a escala 1:100.000, en particular por el acceso a nueva información y la posibilidad de generar el mapa de zonificación de aptitud a escala 1:25.000.

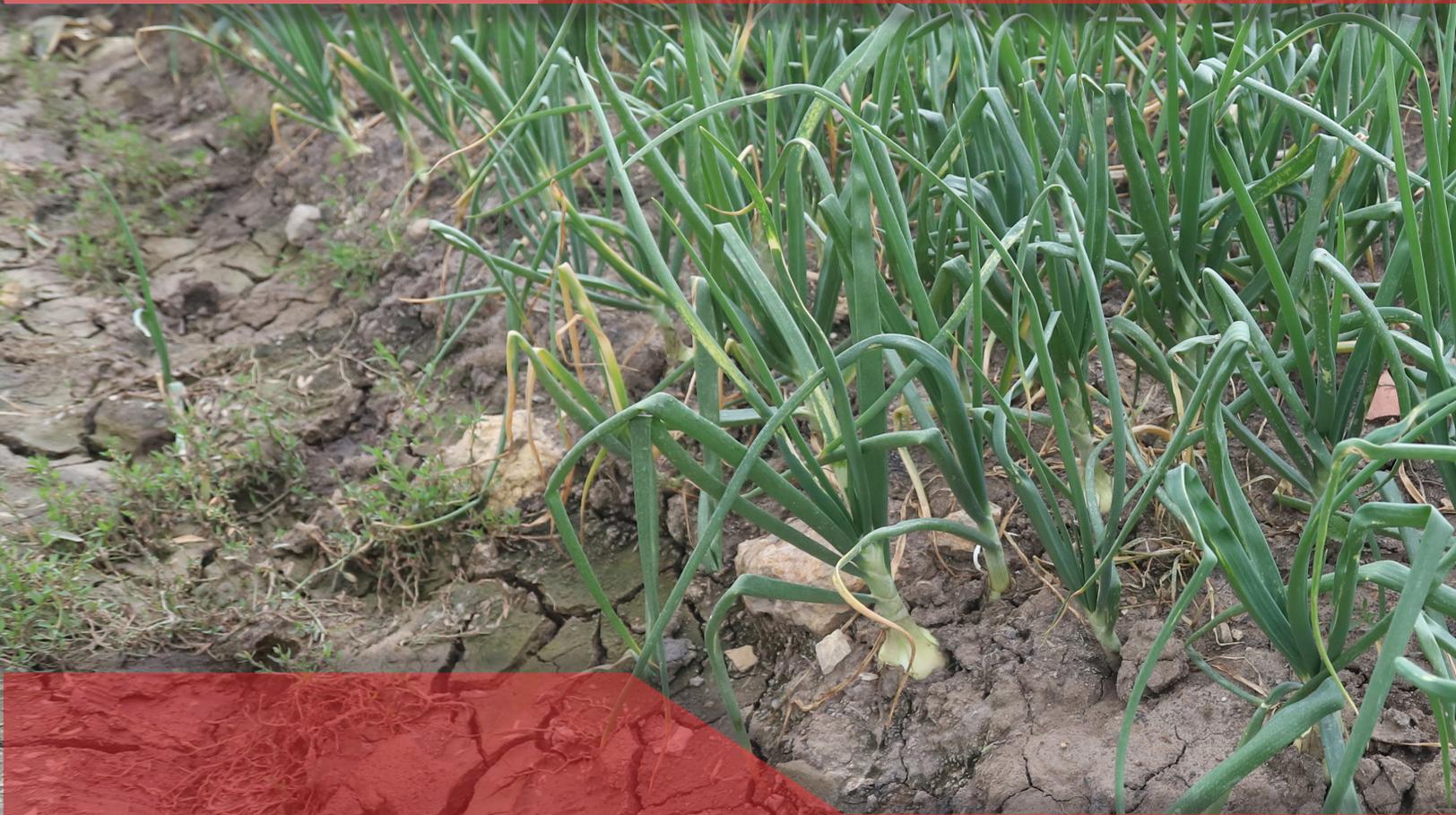
En cuanto a los resultados, los mapas de zonificación de aptitud muestran que para el primer semestre existen 22.167.802 ha aptas para siembras comerciales del cultivo de cebolla de bulbo, lo cual equivale al 19,4 % del territorio del país; para el segundo semestre existen 22.204.476 ha aptas para siembras comerciales del cultivo de cebolla, que equivale al 19,4 % del territorio nacional.

Para los dos semestres, los departamentos con mayores áreas aptas para el cultivo comercial de cebolla de bulbo son Meta, Vichada, Antioquia y Córdoba.

Con base en el resultado de áreas aptas por semestre, se evidencia una amplia posibilidad de desarrollo de este cultivo en Colombia. La diversidad de ambientes, las condiciones socioeconómicas y las socioecosistémicas permiten el desarrollo de este cultivo comercial, con diferentes cultivares y en diversos climas.



6. Bibliografía





Bancóldex. (2013). *Plan de negocios de la cebolla de bulbo* (Programa Transformación Productiva, PTP). Bogotá: Bancóldex.

Bancóldex y UT Crece-Federación Nacional de Cafeteros. (2015). *Documento final de conclusión de la metodología, memorias técnicas y mapas por aptitud de uso para cultivos comerciales de la cebolla de bulbo en Colombia, a escala 1:100.000* (Programa Transformación Productiva, PTP). Bogotá: Bancóldex y UT Crece-Federación Nacional de Cafeteros.

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-f2fbef-d6d006>>.

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

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

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

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

- . (2014). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un nuevo país*. Bogotá: DNP.
- Eastman, J., Jin, W., Kyem, W., y Toledano, P. (1995). Raster procedures for multi-criteria multi-objective decisions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61(5), 539-47.
- 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>>.
- Figueroa, A., Contreras, R., y Sánchez, J. (2000). *Evaluación del impacto ambiental. Instrumento para el desarrollo*. Cali: Corporación Universitaria de Occidente.
- Flórez, R., y Mora, R. (2010). *Cebolla de bulbo (Allium cepa Luch.) producción y manejo poscosecha*. Bogotá: Corredor Tecnológico Agroindustrial y Cámara de Comercio de Bogotá.
- Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., ... Gregory, L. (2015). Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation. *Global Food Security*, 5, 25-36.
- Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento*. Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales, Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). *Normatividad ICA*. Recuperado de: <<http://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica.aspx>>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos*. Bogotá: Ideam.
- . (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- . (2015). *Estudio Nacional del Agua (ENA)*. Bogotá: Ideam.
- Lantz, W., Swartz, H., Demchak, K., y Frick, S. (2010). *Season-long strawberry production with everbearers for northeastern producers* (1.ª ed.). Prince George's, Maryland: TKM Marketing.
- Leyva, P. (1998). *El medio ambiente en Colombia*. Bogotá: MAVDT.
- Malagón, D., y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.

- 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>>.
- 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>>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2017). 002. *Cifras sectoriales, 2017 Junio, Forestal*. Recuperado de <<https://sioc.minagricultura.gov.co/Forestal/Pages/Documentos.aspx?RootFolder=%2FForestal%2FDocumentos%2F002%20-%20Cifras%20Sectoriales&FolderCTID=0x0120003EDA72C8E75E664DA8175AEB0E4979D1&View=%7B6227DC06-127A-46A5-873D-3CA240858DCA%7D>>.
- MAVDT y Asohofrucol (2009). *Guía ambiental hortofrutícola de Colombia*. Recuperado de: <www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiaambiental.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). A framework for Land Evaluation. *Soils Bulletin*, 32.
- . (1985). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de regadío. *Boletín de Suelos* (55).
- . (1988). *Good practice for ground and aerial application of pesticides*. Roma: FAO.
- . (1990). Directivas: evaluación de tierras para usos forestales. *Boletín de Montes* (48).
- . (1997). Zonificación agro-ecológica. Guía general. *Boletín de Suelos de la FAO* 73.
- . (2007). *Land Evaluation: Towards and Revised Framework*. Roma: FAO.
- . (2015a). *Base de datos sobre comercio exterior de productos agropecuarios*. Recuperado de: <<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>.
- . (2015b). *Base de datos sobre producción de bienes agropecuarios*. Recuperado de: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>.
- . (2016). *Base de datos sobre comercio exterior de productos agropecuarios*. Recuperado de: <<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>.

- Pinzón, H. (2006). *Producción y tecnologías de curado y almacenamiento de la cebolla de bulbo*. Bogotá: Asohofrucol.
- Pinzón, H. (2012). Cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.). En H. Pinzón (ed.), *Manual para el cultivo de Hortalizas. Familia Alliáceas* (pp. 271-286). Bogotá: Produmedios.
- Pinzón, H., y Gómez de Enciso, C. (2012). Ecofisiología en hortalizas. H. Pinzón (ed.), *Manual para el cultivo de hortalizas. Familia Alliáceas*. Bogotá: Produmedios.
- Porter, M. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Nueva York: Free Press.
- . (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: Free Press.
- Rodiek, J. (2008). «Landscape and urban planning cover for 2009». *Landscape Urban Planning*, 1(89). doi: <10.1016/j.landurbanplan.2008.10.001>.
- 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>>.
- Saaty, T. (1997). *Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un mundo complejo*. Santiago de Chile: Universidad Santiago de Chile.
- Siraj, S., Leonelli, R., Keane, J., y Mikhailov, L. (2013). PriEsT: A Tool to Estimate Priorities from Inconsistent Judgments. *International Transactions in Operational Research*, 22(2), 217-235.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (1961). Land Capability Classification. *Agriculture Handbook 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1:1000.000*. Bogotá: UPRA.

Anexos





Tabla de contenido

1. Criterios y variables del componente físico	140
1.1. Subcomponente climático	140
1.1.1. Criterio condiciones climáticas	140
1.1.1.1. Variable temperatura media anual	145
1.1.1.2. Variable precipitación total media semestral	148
1.1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual	153
1.2. Subcomponente edáfico	156
1.2.1. Criterio capacidad de laboreo	156
1.2.1.1. Variable pendiente	160
1.2.1.2. Variable textura	163
1.2.1.3. Variable pedregosidad	167
1.2.2. Criterio condiciones de enraizamiento	171
1.2.2.1. Variable profundidad efectiva	175
1.2.2.2. Variable textura	179
1.2.2.3. Variable pedregosidad	183
1.2.3. Criterio disponibilidad de humedad	187
1.2.3.1. Variable régimen de humedad	191
1.2.3.2. Variable textura	195
1.2.4. Criterio disponibilidad de oxígeno	199
1.2.4.1. Variable susceptibilidad a inundaciones	203
1.2.4.2. Variable drenaje natural	207
1.2.5. Criterio disponibilidad de nutrientes	210
1.2.5.1. Variable acidez (pH)	217
1.2.5.2. Variable saturación de bases	222
1.2.5.3. Variable carbono orgánico	225
1.2.5.4. Variable capacidad de intercambio catiónico	229
1.2.6. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio	232
1.2.6.1. Variable salinidad o sodicidad	237
1.2.6.2. Variable saturación de aluminio	241
1.2.7. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos	245

1.2.7.1. Variable pendiente	250
1.2.7.2. Variable erosión actual	253
1.2.7.3. Variable susceptibilidad a movimientos en masa	256
1.3. Subcomponente fitosanitario	259
1.3.1. Criterio riesgo fitosanitario	259
1.3.1.1. <i>P. destructor</i> asociada a temperatura y precipitación	265
1.3.1.2. <i>A. porri</i> asociada a temperatura, precipitación y humedad relativa	270
1.3.1.3. <i>S. cepivorum</i> asociada a temperatura y humedad relativa	277
2. Criterios y variables del componente socioecosistémico	281
2.1. Criterio cambio de cobertura	281
2.2. Criterio integridad ecológica	286
2.2.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	300
2.2.2. Variable índice de naturalidad (Inat)	304
2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	308
2.3. Criterio apropiación de agua	314
2.4. Criterio variación del contenido estimado de carbono	323
2.5. Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal	342
3. Criterios y variables del componente socioeconómico	345
3.1. Criterio indicadores económicos	345
3.1.1. Variable grado de participación agropecuaria municipal	349
3.1.2. Variable líneas especiales de créditos (LEC)	353
3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)	357
3.2. Criterio tamaño de la tierra rural	361
3.2.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales	364
3.3. Criterio factores productivos	367
3.3.1. Variable precio de la tierra rural municipal	371
3.3.2. Variable rendimientos	375
3.3.3. Variable centros de consumo	380
3.4. Criterio infraestructura y logística	383
3.4.1. Variable existencia de cultivos	388
3.4.2. Variable cercanía a centros de servicios	393
3.4.3. Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización	397
3.4.4. Variable distritos de riego	401
3.5. Criterio mercado laboral	404
3.5.1. Variable cercanía a vías 4G	408
3.5.2. Variable población en edad de trabajar (PET20-64)	412
3.5.3. Variable años promedio de escolaridad	416
3.5.4. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	419
3.6. Criterio seguridad ciudadana	422
3.6.1. Variable índice de riesgo de amenazas	425
3.7. Criterio institucionalidad y asociatividad	429
3.7.1. Variable índice de desempeño fiscal	433
3.7.2. Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA	437
3.7.3. Variable predios certificados BPA por el ICA	442
3.7.4. Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica	445
3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial	449
3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector	453

3.8. Criterio bienestar económico	456
3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)	459
4. Criterio exclusiones técnicas	463
5. Criterio exclusiones legales	465
5.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)	470
5.2. Variable áreas protegidas	473
5.3. Variable áreas urbanas	476
5.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)	478
6. Criterio condicionantes legales	480
6.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)	483
6.2. Variable áreas protegidas	487
6.3. Variable zonas de reserva forestal nacional	491
6.4. Variable distinciones internacionales	494
6.5. Variable áreas de interés cultural y social	499

1. CRITERIOS Y VARIABLES DEL COMPONENTE FÍSICO

1.1. Subcomponente climático

1.1.1. Criterio condiciones climáticas

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media anual, expresada en grados centígrados (°C/año). • Precipitación total media semestral, expresada en mm/semestre. • Brillo solar medio diario anual, expresado en horas sol/día. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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 hace énfasis en los tres elementos climáticos más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción del cultivo de cebolla de bulbo: la temperatura, la precipitación y el brillo solar.

Importancia del criterio

Integra el conjunto de propiedades de la unidad de tierra y dependen principalmente de los elementos acuosos y termodinámicos de la atmósfera, condicionados por las diferentes formas de la topografía. Igualmente, el clima influye en el desarrollo y rendimiento de las plantas de cebolla de bulbo. Su evaluación se constituye en el motor del desarrollo socioeconómico del cultivo en Colombia.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio de condiciones climáticas, se concluyen los límites a partir de los cuales no es viable el cultivo de cebolla de bulbo: precipitaciones totales anuales inferiores a 250 mm/semestre y superiores a 1750 mm/semestre y temperaturas medias anuales inferiores a 10°C/año.

Limitantes de la evaluación del criterio

Escaso cubrimiento de estaciones meteorológicas registradoras de los diferentes parámetros de la atmósfera, como, por ejemplo, el brillo solar, que genera inconvenientes para conocer la distribución espacial más detallada del clima en algunas regiones del país.

Valor de ponderación del criterio: 13,8 %

Metodología de evaluación

Se determinaron las condiciones climáticas a partir de información de las bases de datos mensuales y anuales del periodo 1981 al 2010, elaboradas por el Ideam, de la precipitación total media por semestre, temperatura media anual y brillo solar medio diario anual. A partir de estas, se realizó un ejercicio de integración de estos elementos del clima, teniendo en cuenta que los criterios pueden ser de dos tipos: factores (para los cuales se definen los niveles de aptitud) o restricciones (que para este caso se consideran de carácter técnico, normativo, o técnico-normativo). 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.

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Árbol de decisión del criterio

Precipitación total (mm/ semestre)	Temperatura media (°C/año)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
≥400 - ≤700	> 20 - < 28	≥ 5	A1
		≥ 3 - < 5	A1
		< 3	A2
	≥10 - ≥ 20	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	≥ 28	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2

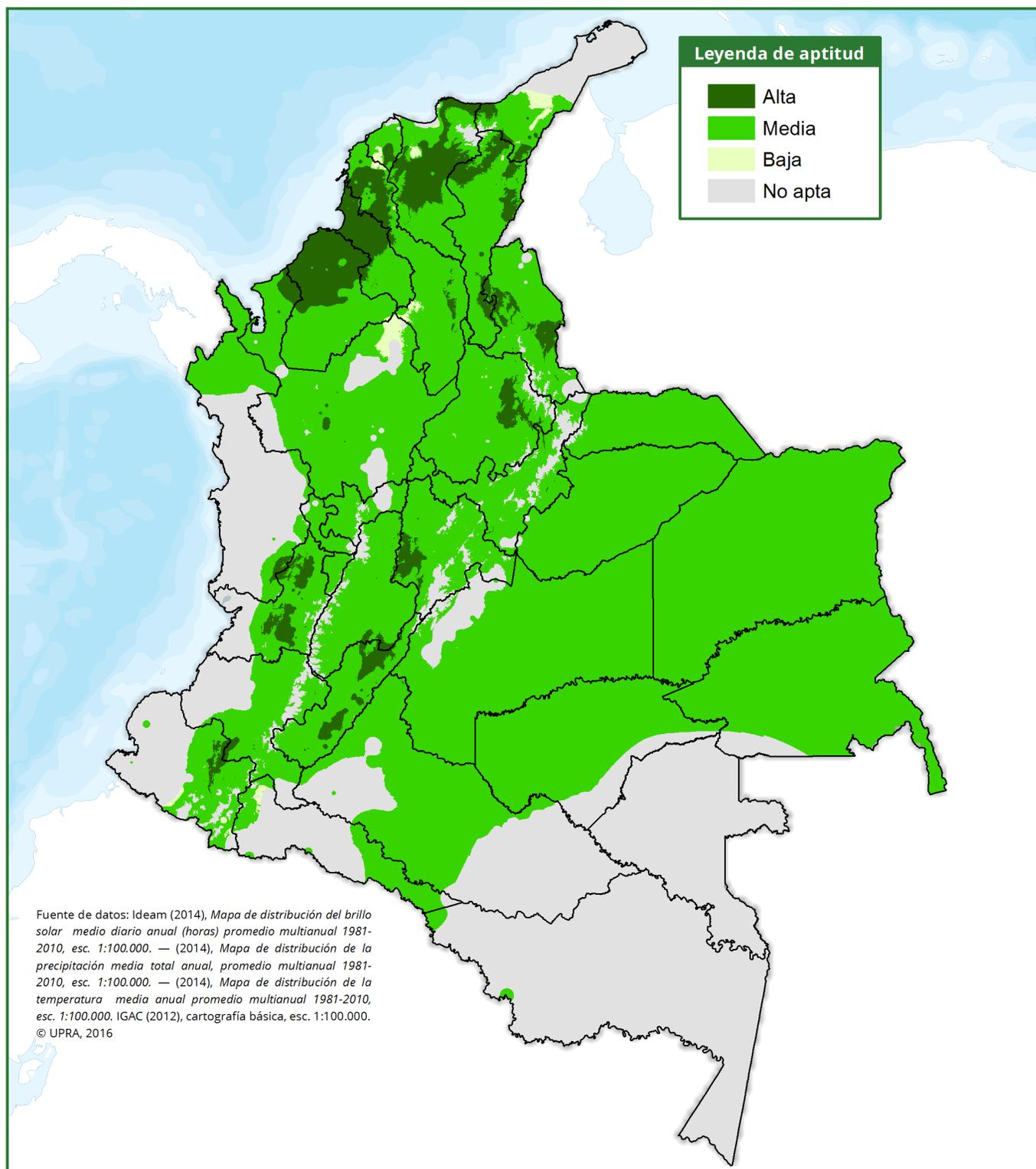
Precipitación total (mm/ semestre)	Temperatura media (°C/año)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
> 700 - ≤ 1400	> 20 - < 28	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	≥ 10 - ≥ 20	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	≥ 28	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A3
≥ 250 y < 400 y > 1400 - ≤ 1750	> 20 - < 28	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	≥ 10 - ≥ 20	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A3
	≥ 28	≥ 5	A3
		≥ 3 - < 5	A3
		< 3	A3

Fuentes de información

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

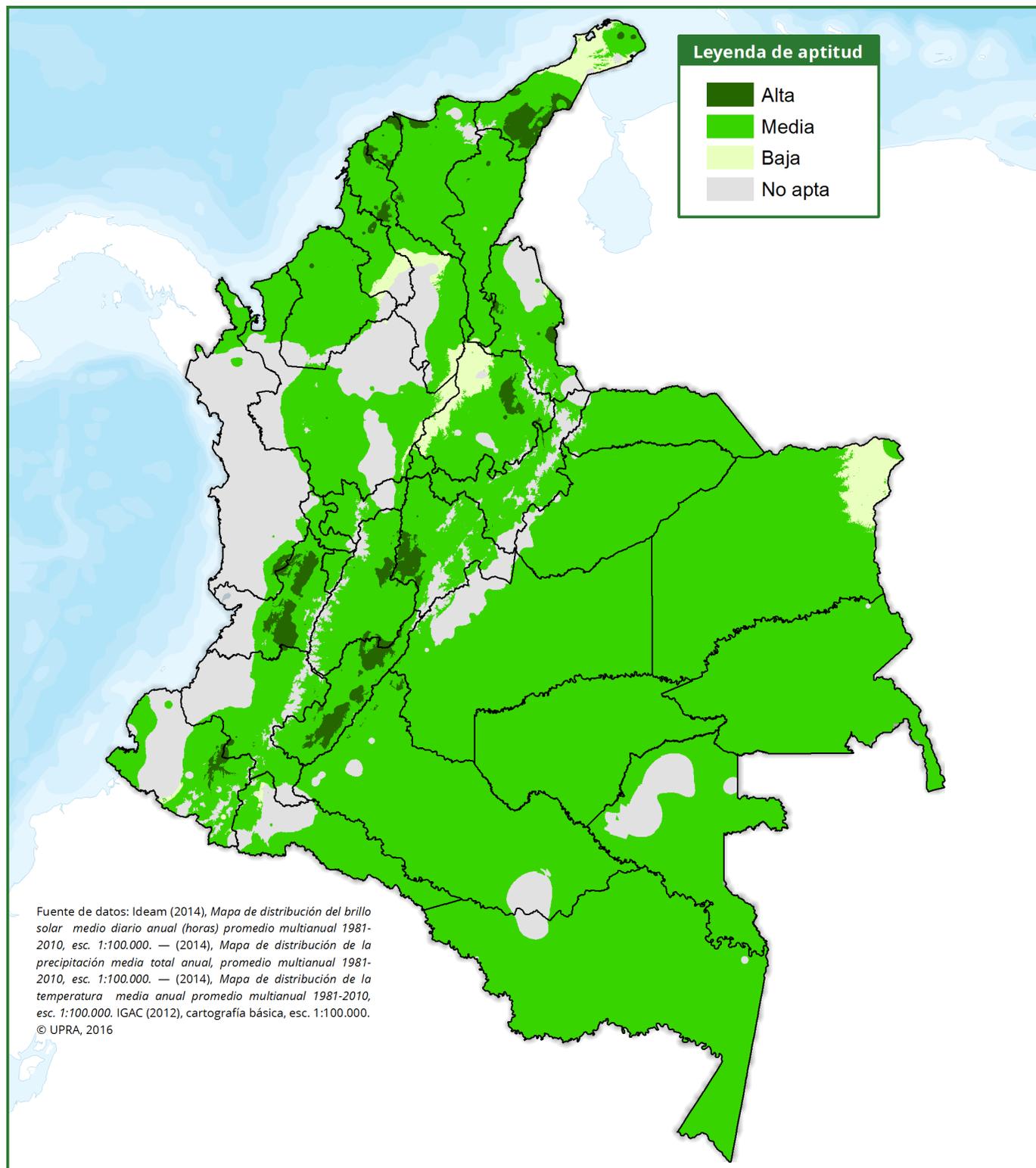


Representación cartográfica del criterio



Criterio condiciones climáticas

Primer semestre



Criterio condiciones climáticas

Segundo semestre

1.1.1.1. Variable temperatura media anual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variable: temperatura media anual	Unidad de medida: °C/año	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura del aire en el trópico está en función de la altitud y se toma generalmente como índice de balance calórico de las plantas, que disminuye o aumenta en promedio 0,57 °C, por cada 100 m de altitud. En general, las condiciones de temperatura favorecen la formación y llenado de los bulbos principalmente.

En ese sentido, para la zonificación toma importancia conocer la distribución espacial de la temperatura del aire a nivel anual, ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, que permite establecer zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, de acuerdo con sus requerimientos térmicos.

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

Para el cultivo de cebolla de bulbo se estableció como valor mínimo las temperaturas menores a 10 °C. Por tal motivo, las zonas térmicas delimitadas por debajo de este límite térmico se consideraron no aptas para el TUT de cebolla de bulbo.

Variables	Unidades	A1	A2	A3	N1
Temperatura media	°C/año	> 20 - < 28	≥ 10 - ≥ 20	≥ 28	< 10

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: la información se tomó de los registros de temperatura media anual a nivel nacional en el periodo comprendido entre 1980 y 2010, y los mapas de isotermas del atlas climatológico para Colombia versión 2014, elaborado por la misma entidad.

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

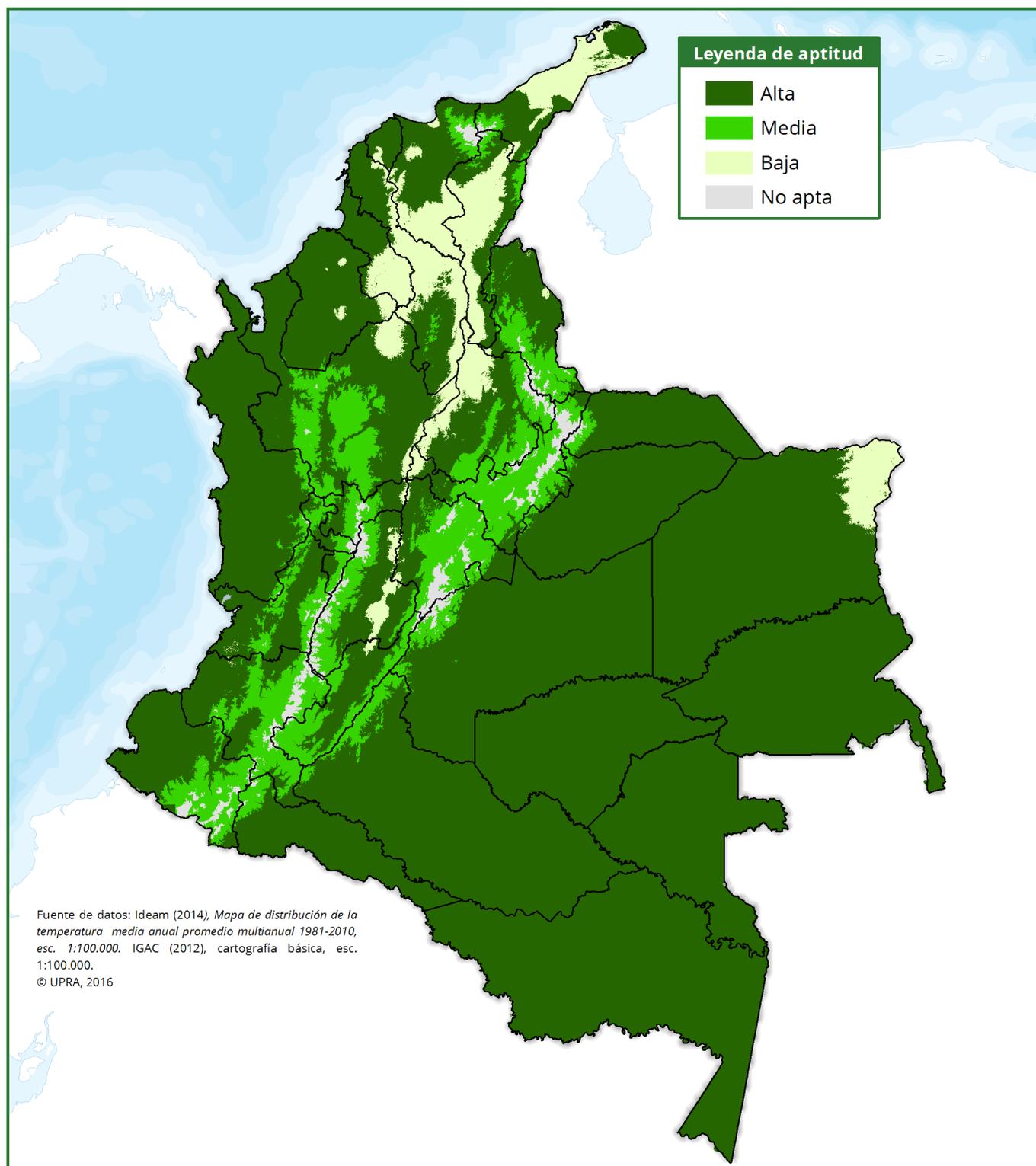
Unidad de análisis

Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones climáticas

Variable temperatura media anual (°C/Año)

1.1.1.2. Variable precipitación total media semestral

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variable: precipitación total media 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 se precipita en una determinada zona y contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de cebolla de bulbo. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un litro de agua por m² de superficie (10 m³ de agua/ha).

De acuerdo con la duración del ciclo vegetativo de cebolla de bulbo, el análisis de la información para la variable se realizó teniendo en cuenta los semestres calendario: entre enero y junio (primer semestre), y entre julio y diciembre (segundo semestre).

Importancia de la variable para el cultivo

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

La distribución de la precipitación en Colombia 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. Igualmente, la distribución de las lluvias en tiempo y cantidad, es condición fundamental en las fases iniciales de desarrollo para el aumento de los rendimientos, pero también excesos de lluvia en la formación y sanidad del bulbo.

Por consiguiente, para la zonificación, conocer la distribución espacial de la precipitación anual es fundamental ya que es la base para identificar áreas con irrigaciones pluviométricas diferenciales, que permiten establecer las zonas con aptitudes alta, media, marginal

y no apta para el cultivo de cebolla de bulbo, de acuerdo con los requerimientos hídricos o uso consuntivo.

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

Se estableció como valor extremo las precipitaciones inferiores a 250 mm/semestre, ya que ocasionan estrés por deficiencia hídrica que se evidencia en pobre crecimiento y desarrollo de cebolla de bulbo y reducción de la capacidad de absorción de nutrientes que se traduce en bajo rendimiento agronómico del cultivo; valores superiores a 1750 mm ocasionan saturación de agua en el suelo que se traduce en alta incidencia de pudriciones, aumento de la duración del ciclo vegetativo del cultivo y alteraciones en la maduración de las plantas con baja calidad del bulbo cosechado.

Variable	Unidades	A1	A2	A3	N1
Precipitación total	mm/semestre	$\geq 400 - \leq 700$	$> 700 - \leq 1400$	$\geq 250 - < 400$ y $> 1400 - \leq 1750$	< 250 y > 1750

Limitantes de la evaluación de la variable

Baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de pluviométricos y la no disposición de bases de datos de lluvia actualizada, que causa imprecisiones en la distribución espacial actual de la precipitación total anual en Colombia.

Metodología de procesamiento de la información

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

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

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

Unidad de análisis

Distribución de la precipitación total media semestral en el territorio nacional

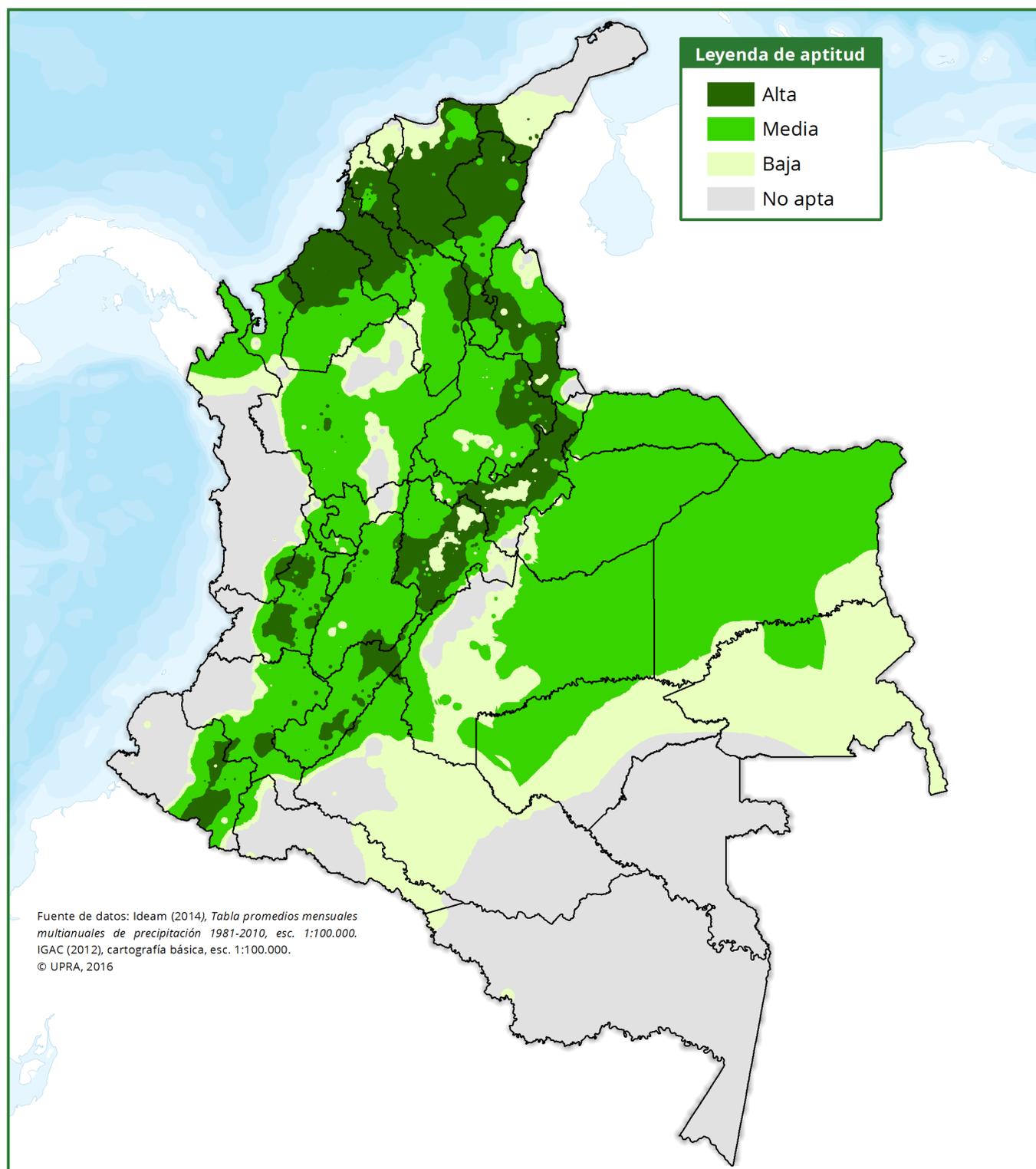
Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.*

- —. (2015). *Base de datos de precipitación media mensual multianual de Colombia para el período 1981-2010*. Bogotá, Colombia.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

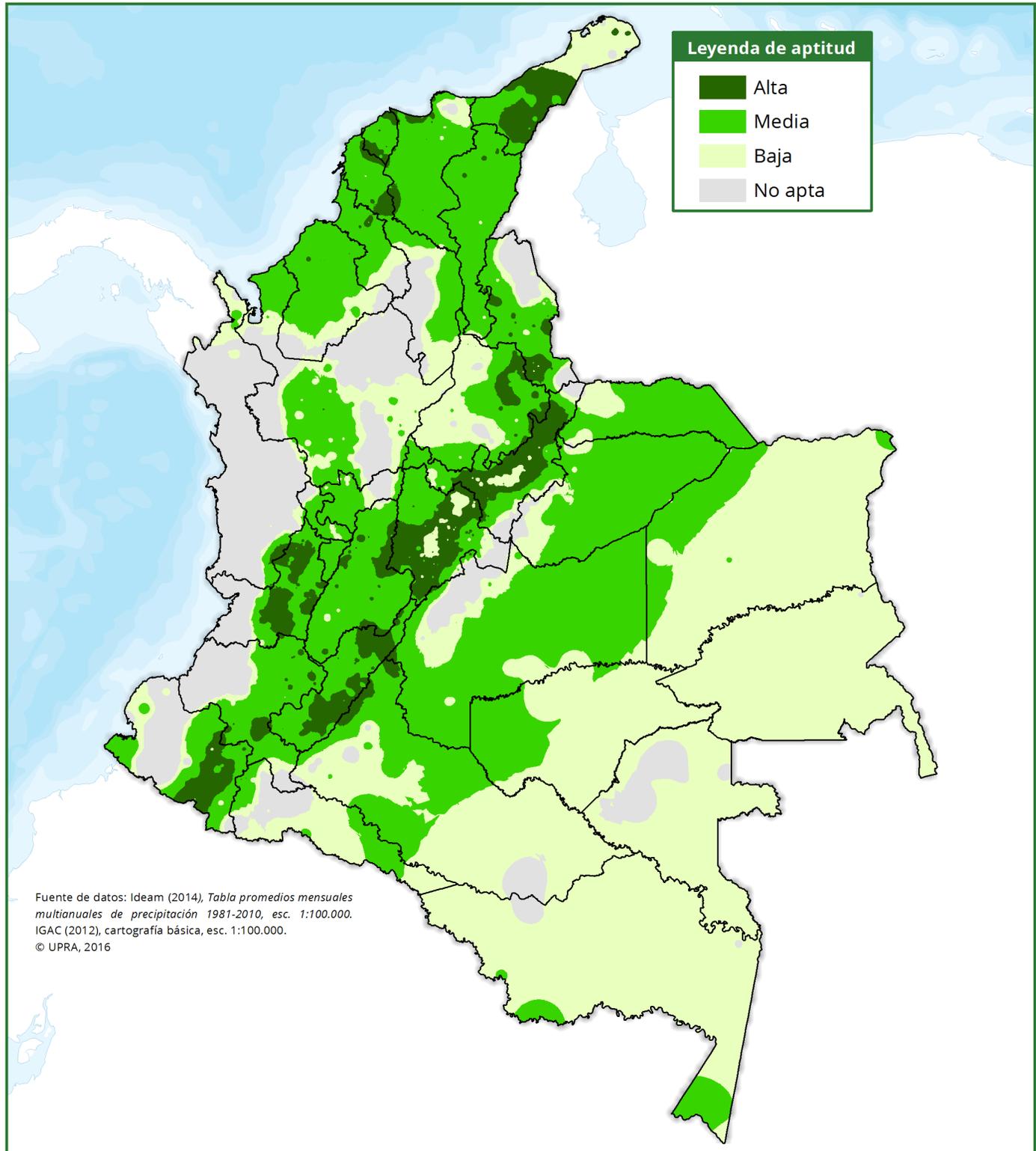


Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones climáticas

Variable precipitación total media primer semestre (mm/semestre)



Criterio condiciones climáticas

Variable precipitación total media segundo semestre (mm/semestre)

1.1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: climático		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variable: brillo solar medio diario anual	Unidad de medida: horas sol/día	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

Importancia de la variable para el cultivo

El brillo solar que percibe el cultivo es aprovechada por las plantas de cebolla de bulbo para realizar la fotosíntesis; dicha transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO₂ del aire contribuye a la fijación de compuestos orgánicos carbonados que inciden en el tamaño de las hojas y en la eficiencia de la planta en sus procesos de transformación energética, condiciones que hacen importantes para la zonificación ya que su distribución espacial permite establecer la distribución de insolación con aptitud alta, aptitud media y aptitud baja para este cultivo.

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

No hay rango de exclusión para el brillo solar. Sin embargo, vale la pena resaltar que cuando se presentan luminosidad por debajo de tres horas sol/día, afecta considerablemente la fotosíntesis y la producción de materia seca.

Variables	Unidades	A1	A2	A3
Brillo solar medio diario anual	horas sol/día	> 5	≥ 3 - ≤ 5	< 3

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: se basó en la información del atlas climático del Ideam para el periodo comprendido entre 1981 y 2010, cuya conformación se realiza a través de un análisis espacio-temporal de la información del tiempo de hora media anual y mensual registrada en las estaciones meteorológicas a nivel nacional del Ideam. Las isohelias conformadas se construyen con un intervalo de una hora con el fin de identificar la distribución espacial del régimen de brillo solar en promedio en el territorio nacional.

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

Unidad de análisis

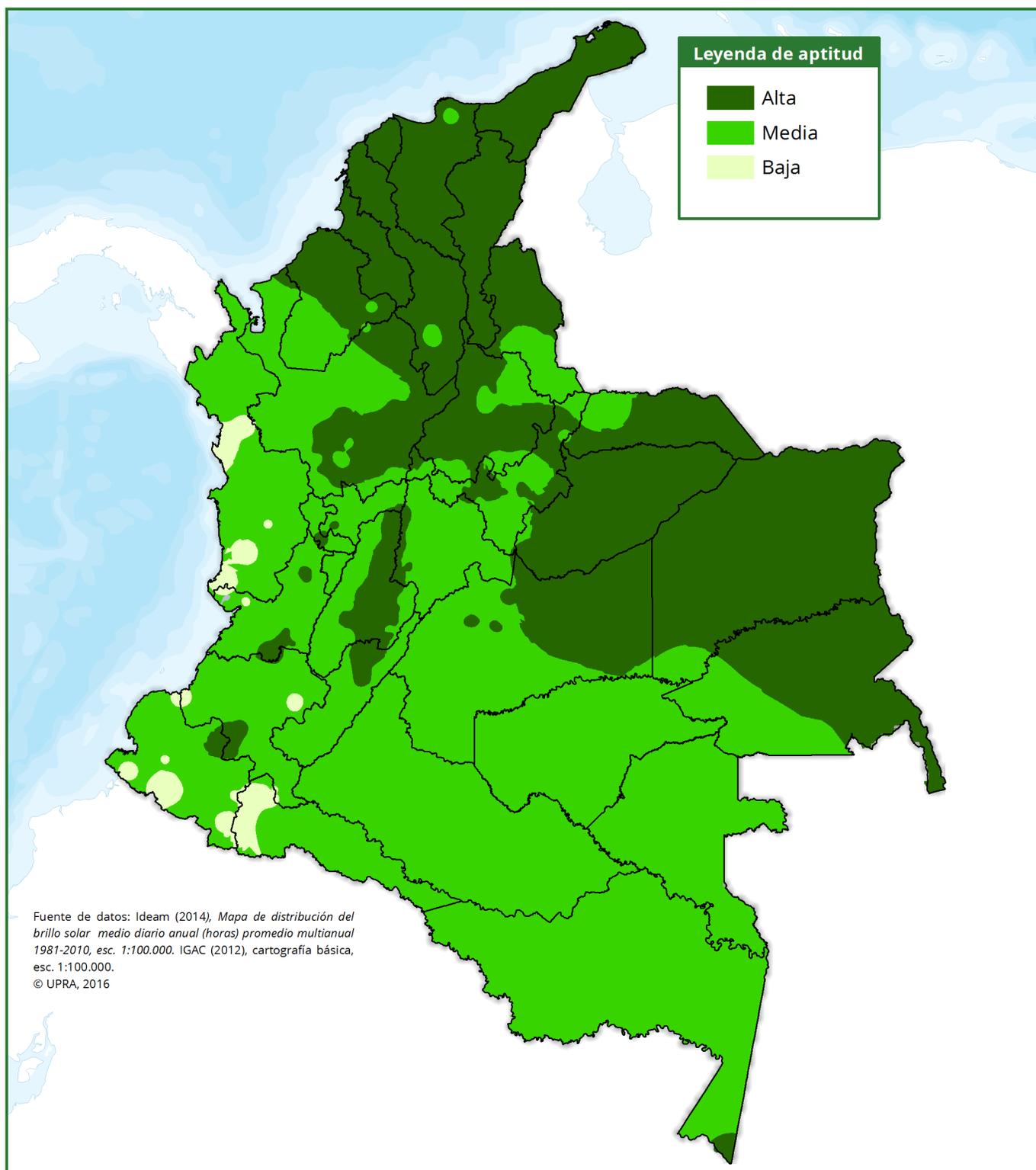
Distribución del brillo solar medio diario anual en el territorio nacional

Fuentes de información

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



Representación cartográfica de la variable



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

1.2. Subcomponente edáfico

1.2.1. Criterio capacidad de laboreo

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: capacidad de laboreo		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Pendiente, expresada en porcentaje (%). Textura, expresada en clase textural. Pedregosidad, expresada en 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 de cebolla de bulbo implica el uso de maquinaria, especialmente en lo que tiene que ver con la arada, surcado y formación de camellones; depende de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil.

Importancia del criterio para el cultivo

Es un criterio fundamental en el establecimiento y manejo de los cultivos de cebolla de bulbo, ya que integra las siguientes variables: pendiente, textura y pedregosidad que, de acuerdo con rangos de variación, se hará más fácil o más difícil el uso de maquinaria, equipos, implementos o 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 se califican como no aptos: las pendientes mayores de 50%, porque va en contra de la conservación de suelos por el movimiento de las partículas de suelo a través de la pendiente, y se limita el uso óptimo de la maquinaria; la pedregosidad mayor de 35% (fase pedregosa) hacen tortuoso el movimiento de la maquinaria y daña los implementos.

Limitantes para la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, en cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor

representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente mayor, y que corresponden a aptitudes diferentes.

La pedregosidad no se encuentra en los rangos considerados, solamente si tiene fase de pedregosidad o no pedregosidad. La fase por pedregosidad se determina en la etapa de campo en el levantamiento de suelos, lo cual implica que es mayor de 35%.

Valor de ponderación del criterio: 11,3%

Metodología de procesamiento de la información

La información para las variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), fase de pedregosidad (porcentaje de volumen) y las clases texturales, la pendiente se obtiene del modelo de elevación; dando la calificación a este criterio por medio de un árbol de decisión.

La pedregosidad se toma de acuerdo con la fase de la base de datos y no como porcentajes.

Pendiente (%)	Aptitud	Textura (clase textural)	Aptitud	Pedregosidad	Aptitud
≤ 12	A1	F, FL, FA, FArA, FArL	A1	Sin fase de pedregosidad	A1
> 12 - ≤ 25	A2	FAr, ArA, ArL, L	A2	Con fase de pedregosidad	N1
> 25 - ≤ 50	A3	A, AF, Ar	A3		
> 50	N1				

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio de capacidad de laboreo se obtiene tomando las tres variables (pendiente, pedregosidad y textura) y comparando los rangos de aptitud entre sí. La pedregosidad se califica de acuerdo con la fase de la unidad cartográfica de suelos; cuando es pedregosa supera el 35%, lo cual se determina durante el estudio en campo.

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 reduce las posibilidades de una buena preparación de la tierra y, por lo tanto, cultivos con excelentes condiciones en su desarrollo y con facilidades para la cosecha.

Los suelos oxisoles y ultisoles reciben calificación diferente debido a que el contenido de arcillas está dominado por las de relación 1:1, lo que les confiere baja pegajosidad.

Los suelos con altos contenidos de materia orgánica (histosoles) se califican diferente, debido a su alta porosidad y facilidad de perder volumen con el peso de la maquinaria y la desecación.

Árbol de decisión del criterio

Pendiente	Pedregosidad	Textura	Aptitud
≤ 12	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A1
		FAr, ArA, ArL, L, orgánicos	A2
		A, AF, Ar	A3
		Ar (oxisoles y ultisoles)	A2
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	N1
> 12 - ≤ 25	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A2
		FAr, ArA, ArL, L, orgánicos	A2
		A, AF, Ar	A3
		Ar (oxisoles y ultisoles)	A2
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	N1
> 25 - ≤ 50	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A3
		FAr, ArA, ArL, L, orgánicos	A3
		A, AF, Ar	A3
		Cualquiera	N1
> 50	Cualquiera	Cualquiera	N1

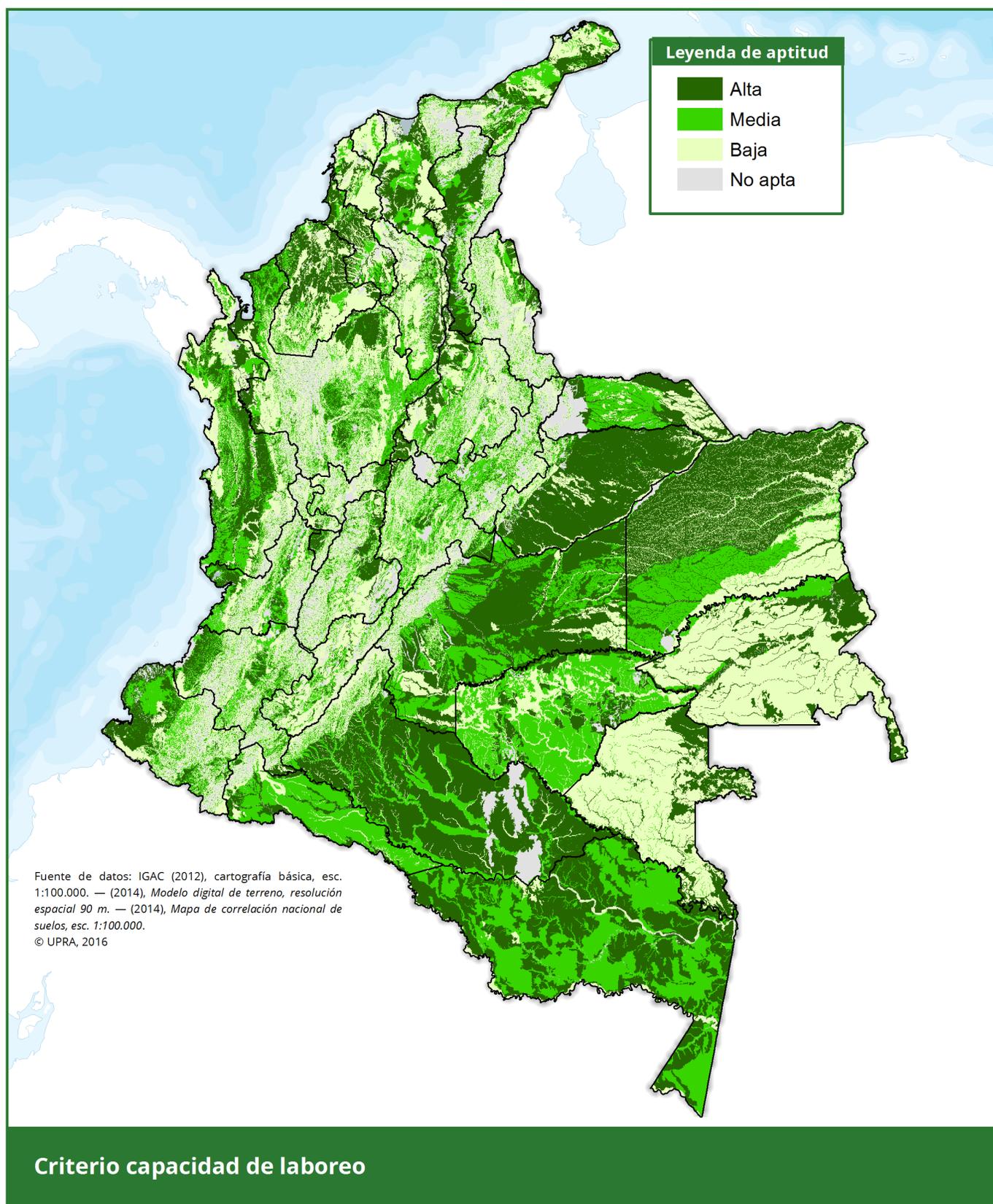
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

Fuentes de información

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

Representación cartográfica del criterio



1.2.1.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
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, centesimales o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.

La pendiente de un terreno se calcula como gradiente de manera estricta o en sentido amplio como una forma sintética del relieve (USDA, 2010). El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejó de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:

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

Importancia de la variable para el cultivo

Es una variable que influye en la toma de decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo. De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes sin mayores dificultades hasta del 25%; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales tanto para el establecimiento como para el mantenimiento y cosecha del cultivo. También es muy importante tener en cuenta esta variable en la zonificación de este cultivo, para evitar movimientos en masa y pérdida de suelo.

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

Pendientes mayores del 50% se excluyen para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, debido a que esta clase de pendientes dificultan el uso de la maquinaria para todas las labores de labranza.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendiente se basó en cálculos y análisis espaciales a partir del SRTM con resolución de 90 m (IGAC, 2014). El nivel de aproximación no muestra con claridad en el mapa las pendientes fuertes, especialmente las mayores del 50%.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

Pendiente (%)	Aptitud
≤ 12	A1
> 12 - ≤ 25	A2
> 25 - ≤ 50	A3
> 50	N1

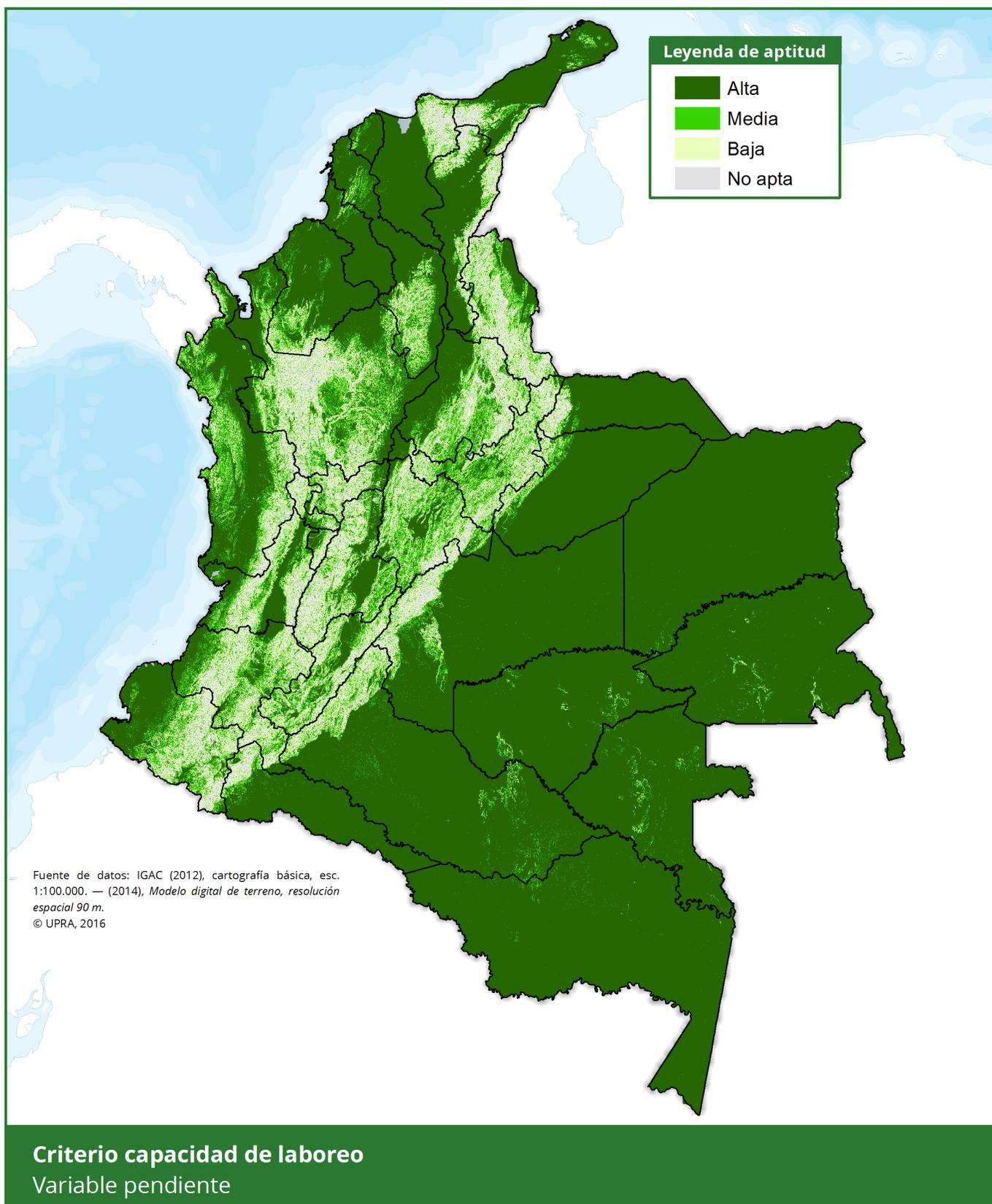
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*.

Representación cartográfica de la variable



1.2.1.2. Variable textura

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: capacidad de laboreo		
Variable: textura		Unidad de medida: dimensional (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, 1990).

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

Clases texturales

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

Importancia de la variable para el cultivo

De la clase textural y de la forma como se encuentra estructurado el suelo, depende que este ofrezca resistencia al rompimiento o a su deformación.

Para que los implementos penetren con facilidad el suelo se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Suelos con altos contenidos de arcilla se vuelven pesados y pegajosos (cuando las arcillas son de relación 2:1); los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y no facilitan la construcción de surcos o drenajes.

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

Debido a que los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, el uso de la maquinaria y los implementos, no se excluye ninguno de ellos, por no representar 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, donde se califica el mayor componente. Por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelo con texturas de diferente calificación, que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

Metodología de procesamiento de la información

La información base para determinar la textura de las unidades de tierra fue el mapa integrado de geopedología a nivel nacional escala 1:100.000 realizado por el IGAC. La calificación se obtuvo de la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales.

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas, que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad.

Las clases texturales con aptitud marginal (A3) corresponden, en primer lugar, a la arcillosa, porque genera alta pegajosidad e impiden el desempeño óptimo de la maquinaria; en segundo lugar, a las gruesas, porque no son eficientes en la retención de humedad y se desgastan más rápidamente los implementos.

Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (oxisoles, ultisoles) se incluyeron en la aptitud A2, por su baja pegajosidad. Los suelos orgánicos (histosoles) se califican como A2 por su baja densidad que ocasiona subsidencia con el uso de la maquinaria.

Rangos de aptitud

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

Unidad de análisis

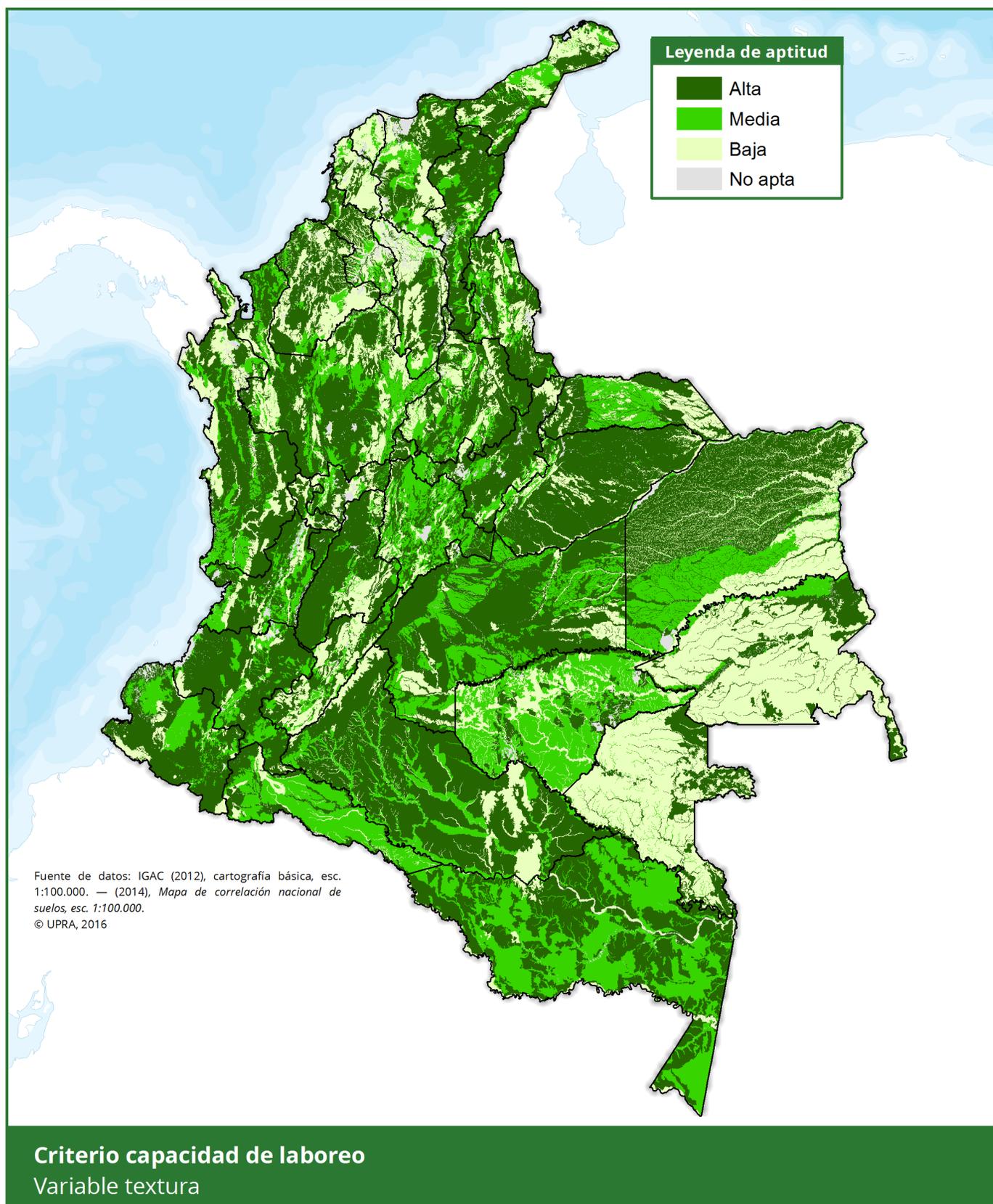
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.



Representación cartográfica de la variable



1.2.1.3. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: capacidad de laboreo		
Variable: pedregosidad	Unidad de medida: adimensional (fase de pedregosidad)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cantidad en porcentaje de fragmentos mayores a 2 mm. Para efectos prácticos se toman los fragmentos tamaño guijarro (7,6 cm de diámetro) y mayores, sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas (mayor a 35%). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas.

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

Clases por recubrimiento de fragmentos rocosos en la superficie de suelo

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

Importancia de la variable para el cultivo

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

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

Se ha considerado que áreas con fase de pedregosidad (fragmentos de roca mayor de 35 %) no son aptas para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a que el porcentaje de recubrimiento es tan alto que no permite las prácticas de laboreo, particularmente en lo que se refiere al uso de maquinaria, remoción y acondicionamiento del suelo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Forma como se encuentra registrada la información en la base del mapa de geopedología. Aparece sin fase de pedregosidad y con fase de pedregosidad, pero no se encuentra discriminada en los rangos propuestos para esta zonificación. La fase pedregosa se determina en campo durante el levantamiento de suelos y se asume que supera el 35%.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable de pedregosidad se tomó como aparecen en los registros de la información de la base de datos, es decir, sin fase pedregosa o con fase pedregosa, pero sin especificar rangos en porcentaje. Se asume que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor al 35%, por lo tanto, no son zonas aptas (N1).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas a gremios, productores, literatura relacionada y Minagricultura, se determinaron como tierras con aptitud alta los suelos con presencia de fragmentos gruesos menor de 5%, aptitud mediana entre 5% y 15%, aptitud marginal entre 15% y 35%, excluyendo la presencia mayor de 35% por volumen, porque impide el desempeño de la maquinaria, las labores propias del cultivo y obstaculiza el desarrollo de las raíces.

En conclusión, la fase pedregosa se interpreta como >35% y se considera no apta (N1), las demás como de aptitud alta (A1).

Rangos de aptitud

Clase de pedregosidad	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	A1
Con fase de pedregosidad	N1

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.*
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m.*

Representación cartográfica de la variable



Criterio capacidad de laboreo
Variable pedregosidad

1.2.2. Criterio condiciones de enraizamiento

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: condiciones de enraizamiento		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Profundidad efectiva, expresada en centímetros (cm). • Textura, expresada como clase textural. • Pedregosidad, expresada como fase de pedregosidad. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas y la formación adecuada de los bulbos.

Tienen relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, la profundidad hasta donde penetran las raíces sin obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes.

Importancia del criterio para el cultivo

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

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio de condiciones de enraizamiento se concluye que los límites a partir de los cuales no es aconsejable el establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo son la profundidad efectiva menor de 25 cm y la pedregosidad mayor de 35 % (fase pedregosa).

Limitantes para la evaluación del criterio

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

Valor de ponderación del criterio: 10,0%

Metodología de procesamiento de la información

La información para las variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), clases de pedregosidad (porcentaje de volumen) y las clases texturales, dando la calificación de este criterio por medio de un árbol de decisión. La fase por pedregosidad se determina durante el levantamiento de suelos y se califica de esta forma cuando supera el 35%.

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud	Textura (clase textural)	Aptitud	Pedregosidad	Aptitud
> 25	A1	F, FL, FA, FArA	A1	Sin fase de pedregosidad	A1
≤ 25	N1	FAr, FArL, ArA, L	A2	Con fase de pedregosidad	N1
		Ar, ArL, A, AF	A3		

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo ideal del cultivo, ya que reducen las posibilidades de una buena formación de raíces y bulbos y, consecuentemente, se disminuye la producción.

Los suelos oxisoles y ultisoles, por ser dominados con arcillas tipo 1:1, se califican como A2 por su baja pedregosidad. Los suelos orgánicos (histosoles) se califican como A3 por presentar malformación en los bulbos.

Árbol de decisión

Profundidad	Textura	Pedregosidad	Aptitud
> 25	F, FL, FA, FArA	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, FArL, ArA, L	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	Ar, ArL, A, AF, orgánicos	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	Ar, ArL (oxisoles y ultisoles)	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
≤ 25	Cualquiera	Cualquiera	N1

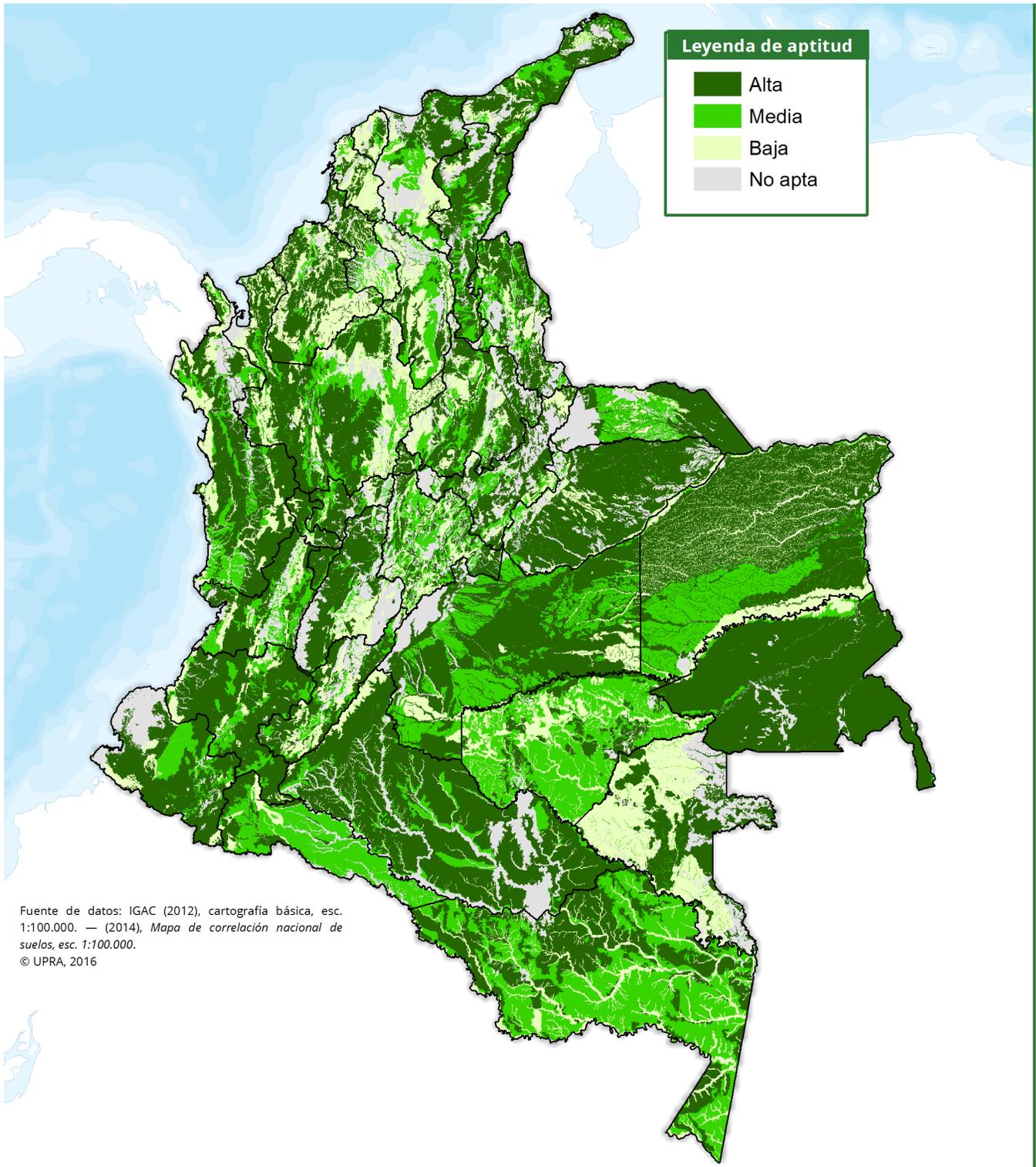
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2014), *Mapa de correlación nacional de suelos*, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

1.2.2.1. Variable profundidad efectiva

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: profundidad efectiva		Unidad de medida: cm
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

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

Se considera que, para el cultivo de cebolla de bulbo, el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor o igual a 25 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos líticos, petroféricos o petrocálcicos que impidan el normal desarrollo de las raíces. Otros aspectos que afectan la profundidad efectiva son las condiciones de hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones.

Esta es una variable básica en la selección de las áreas para el establecimiento de los cultivos comerciales de cebolla de bulbo, debido

a que de ella depende, en gran medida, el buen desarrollo vegetativo y la formación adecuada de bulbos.

La cebolla tiene una raíz de tipo fasciculada que puede llegar a penetrar unos 40 cm en el suelo y extenderse hasta 33 cm lateralmente. En el caso de cebollas trasplantadas su sistema radicular no alcanza más de 25 cm y pocas extienden más de 15 cm. La planta puede tener de 20 a 200 raicillas que varían de 0,5 a 2 mm de diámetro (Aguirre, 2013).

Aunque las raíces no superen profundidades superiores a 25 cm y la formación de los bulbos es muy superficial, se requiere que la profundidad del suelo sea superior a estas para las labores de preparación de suelos, principalmente en lo que se refiere a la arada y surcada, así como a las labores de manejo del cultivo.

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

Se definieron las profundidades efectivas menores de 25 cm como no aptas para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo, debido a que en estas profundidades hay restricciones en la exploración de área para la obtención de nutrientes y buen desarrollo de las raíces para una producción rentable.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones, por lo tanto, se califica la profundidad del componente que ocupa la mayor área dentro de la unidad; esto quiere decir que, en la misma, existen algunos sectores con diferentes profundidades efectivas a la calificada y, en consecuencia, aptitudes diferentes.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde con los límites de variación antes descritos (IGAC, 2010), dando la calificación de profundidad a los mayores componentes taxonómicos dentro de la unidad cartográfica de suelos.

De acuerdo con diferentes consultas a gremios, productores y literatura, se determinaron como tierras con aptitud alta los suelos con profundidad mayor de 25 cm; se excluyeron las profundidades menores a 25 cm, por no ser suficiente para el desarrollo de las raíces durante todo el ciclo del cultivo.

Es relevante mencionar que, en la determinación de los rangos de aptitud de la profundidad efectiva radicular de los suelos, desde el punto de vista físico, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas como la presencia de roca continua y compacta, los contactos pétricos

y la profundidad del nivel freático, dado que otras como los horizontes argílicos y compactados pueden ser mejorados, como en efecto se está haciendo con subsoladores.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable-criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
> 25	A1
≤ 25	N1

Unidad de análisis

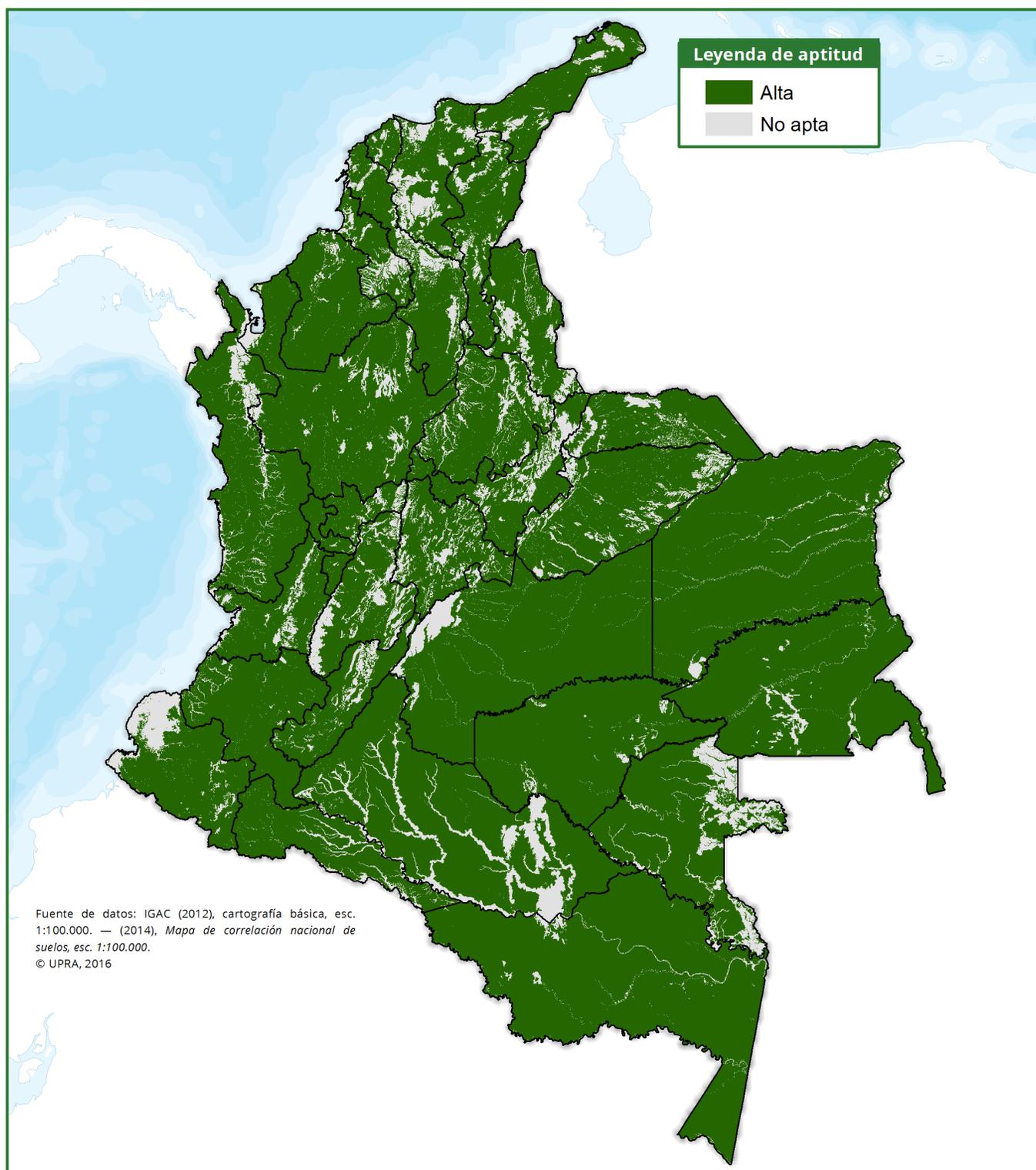
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Aguirre, S. E. (2013). *Horticultura Allium cepa*. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente contenido didáctico del curso viveros, UNAD, Bogotá.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia*, escala 1:100.000.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*, escala 1:100.000.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification: Agriculture Handbook n.º 210*. Soil Conservation Service. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>



Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones de enraizamiento

Variable profundidad efectiva

1.2.2.2. Variable textura

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: textura		Unidad de medida: adimensional (clase textural)
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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, 1990).

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

Clases texturales

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

Importancia de la variable para el cultivo

Esta variable propicia los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente del suelo.

La textura del suelo es una propiedad física que se usa para evaluar otras propiedades como la capacidad de intercambio catiónico (capacidad para retener elementos nutritivos para las plantas), permeabilidad, capacidad para retener agua, 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 que favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo.

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

Se considera que en todos los tipos de textura para el cultivo de cebolla de bulbo puede llevarse a cabo, solo que los mismos dan niveles de aptitud diferentes, por lo tanto, no hay exclusión (N1).

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 que dificulta su calificación; el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales. Por tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

Metodología de procesamiento de la información

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales que se determinaron con aptitud alta (A1) tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), en donde el cultivo de cebolla de bulbo puede obtener un mejor desarrollo, debido al buen suministro de oxígeno y condiciones de suelo suelto para crecimiento de las raíces.

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) se califican de esta forma debido a que presentan baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en suelo y, por tanto, favorecen los encharcamientos con problemas en disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, el endurecimiento del suelo. De igual forma, las texturas gruesas representan alta permeabilidad y endurecimiento al secado, especialmente cuando son arenas finas y no tienen suficientes partículas finas para anclar y sostener las plantas.

Las clases texturales finas, con aptitud marginal (A3), debido a la baja macroporosidad y posibles deficiencias de oxígeno al saturarse con agua, que impiden el crecimiento de las raíces. Igualmente, las clases arenosas no permiten un buen anclaje de las plantas, con lo que se dificulta la formación y desarrollo de los bulbos.

Los suelos clasificados como histosoles tienen aptitud alta (A1) por su alta porosidad, aspecto similar de los oxisoles y ultisoles con aptitud media (A2).

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

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

Unidad de análisis

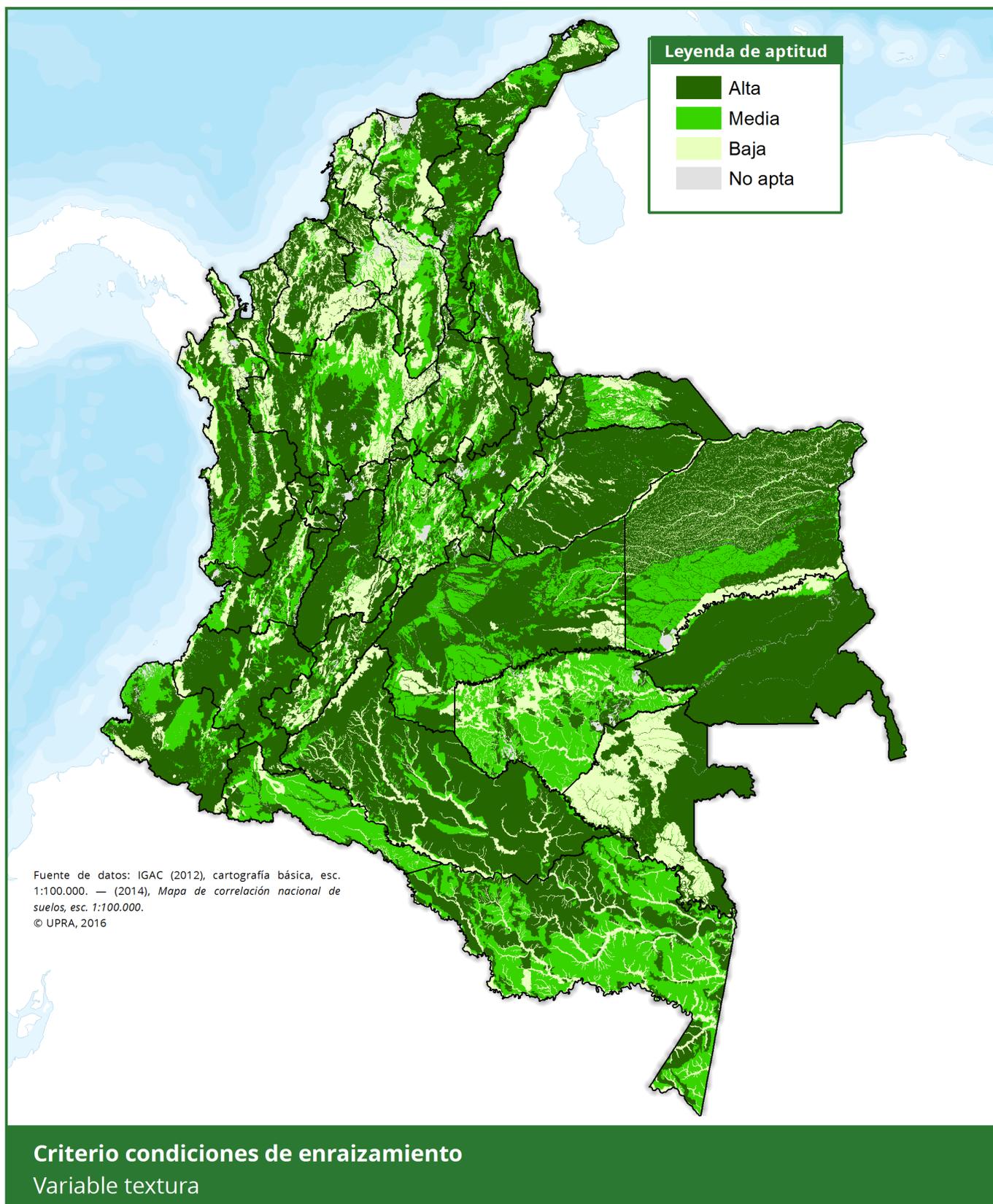
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.



Representación cartográfica de la variable



1.2.2.3. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: pedregosidad		Unidad de medida: porcentaje (%)
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cantidad en porcentaje de fragmentos mayores a 2 mm. Para efectos prácticos se toman los fragmentos tamaño guijarro (7,6 cm de diámetro) y mayores, sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas (mayor a 35%). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas.

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.

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 de cebolla de bulbo, porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua, acelera la infiltración y disminuye el volumen de material de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas.

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

Se ha considerado que áreas donde hay fragmentos de roca mayores al 35% (fase pedregosa) no son aptas para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a que el volumen de material de suelo es muy poco para proveer de nutrientes y de agua a las plantas e impide el uso adecuado de la maquinaria y de los implementos de labranza.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base de geopedología, en razón a que solamente aparece «fase con pedregosidad» y «sin fase de pedregosidad», no se encuentra expresada en los rangos propuestos para esta zonificación. Se asume que la pedregosidad superficial afecta directamente la profundidad que requiere el cultivo de cebolla de bulbo. La fase de pedregosidad se determina durante el estudio de suelos y se asume cuando supera el 35%.

Metodología de procesamiento de la información

Las fases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable de pedregosidad se tomó como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, «con fase de pedregosidad» y «sin fase de pedregosidad», pero sin especificar rangos por porcentaje. Se asume que, cuando es fase pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor a 35%.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas a gremios, productores, literatura y Minagricultura, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) los suelos sin pedregosidad, excluyendo la presencia mayor de 35% como áreas no aptas (N1), que corresponde a la fase pedregosa, porque obstaculiza el uso de maquinaria para el laboreo y el buen desarrollo radicular.

Pedregosidad	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	A1
Con fase de pedregosidad	N1

Unidad de análisis

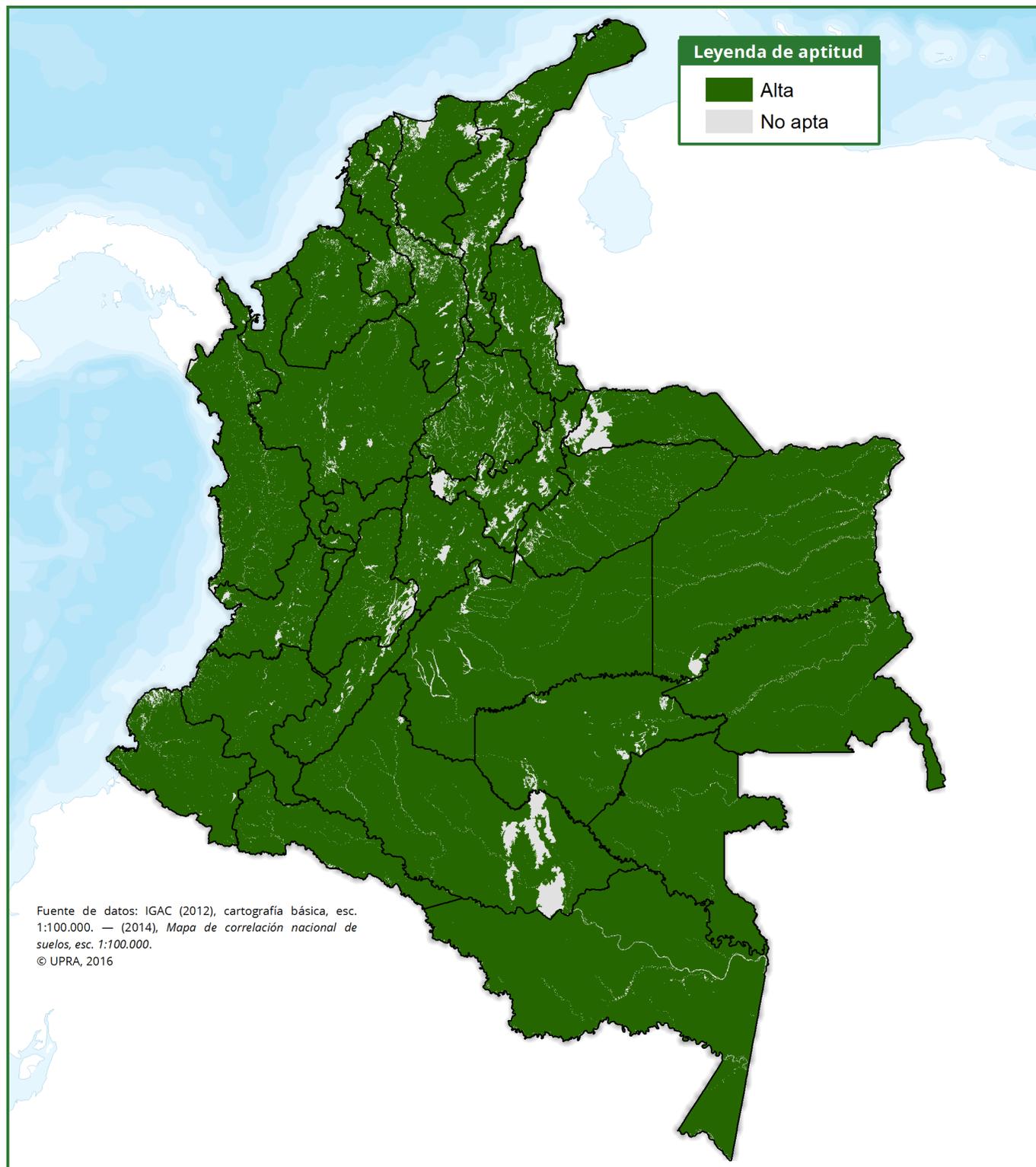
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.



Representación cartográfica de la variable



Criterio condiciones de enraizamiento
Variable pedregosidad

1.2.3. Criterio disponibilidad de humedad

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: disponibilidad de humedad		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Régimen de humedad, expresado 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 movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende a su vez de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

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

Importancia del criterio para el cultivo

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se ha considerado que los regímenes de humedad árido y perácuico no tienen aptitud (N1) para establecer cultivos comerciales de cebolla de bulbo, ya que en el primer caso no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad, y en el segundo, el suelo está saturado con agua. La cebolla de bulbo es susceptible a los encharcamientos e inundaciones, porque la planta se asfixia con facilidad y es vulnerable a daños por patógenos en el tejido radicular; el régimen perácuico

representa ausencia de oxígeno, por lo tanto, significa intoxicación a nivel de las raíces de las plantas, lo que conlleva grandes pérdidas en la producción, así como pudriciones húmedas con baja calidad del bulbo cosechado.

La variable de textura no tiene niveles restrictivos, es decir, no se considera que tenga un límite que signifique que no son aptos (N1) para establecer cultivos comerciales de cebolla de bulbo.

Limitantes para la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente mayor, y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

Valor de ponderación del criterio: 7,2%

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extractaron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables:

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

Los suelos orgánicos se califican con aptitud alta (A1) debido a su alta capacidad de retención de humedad. Los oxisoles y ultisoles finos se califican con aptitud moderada (A2) debido a su menor almacenamiento de agua.

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada variable representa en el desarrollo ideal del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, la formación de bulbos y, proporcionalmente, la disminución en la producción.

Árbol de decisión del criterio

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

Unidad de análisis

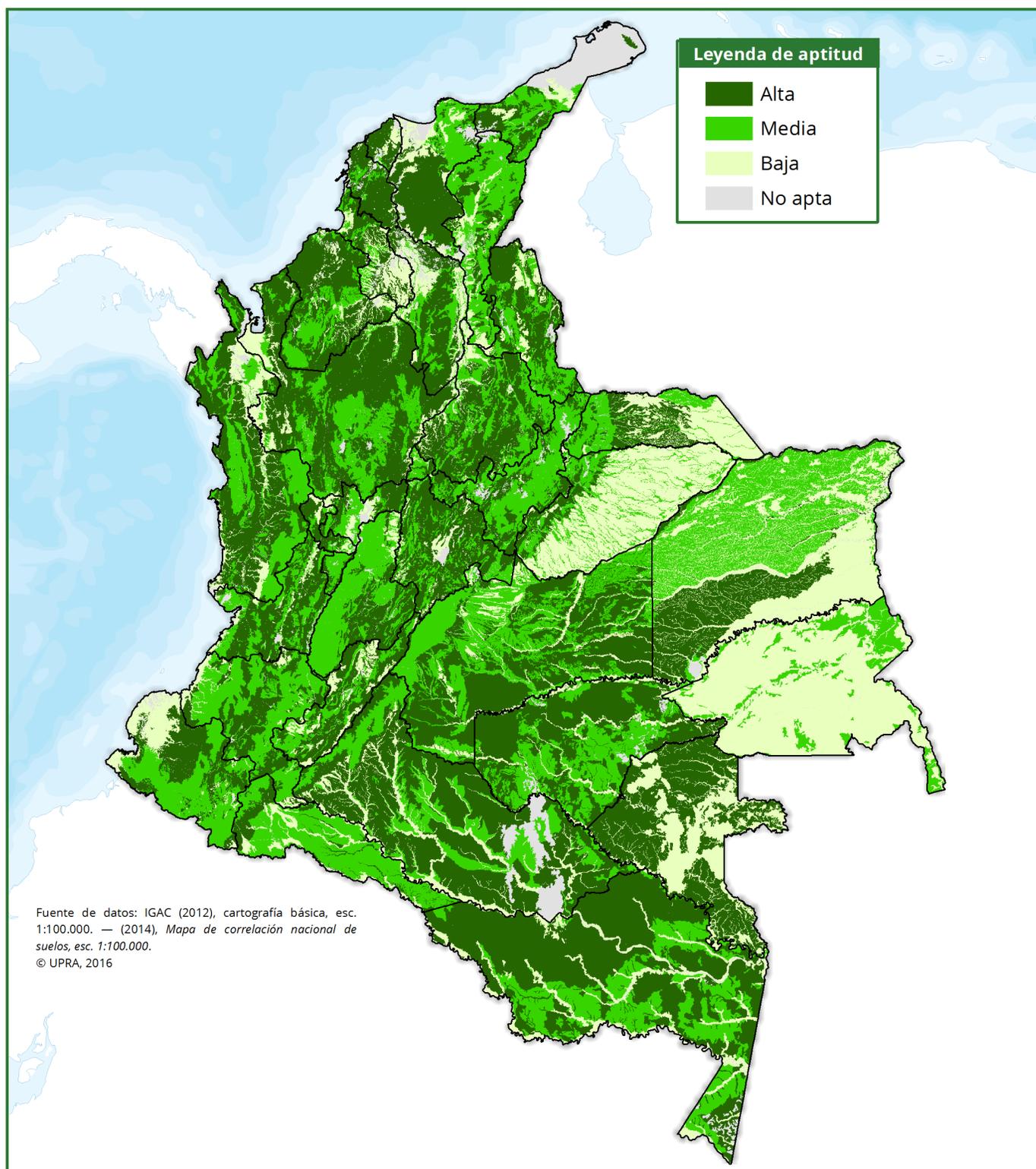
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.



Representación cartográfica del criterio



Criterio disponibilidad de humedad

1.2.3.1. Variable régimen de humedad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de humedad		
Variable: régimen de humedad	Unidad de medida: adimensional (clase textural)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

Údico: Del latín *udus*, 'húmedo', es aquel en el cual la sección control de humedad del suelo no está seca en cualquier parte durante tanto tiempo como 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 90 o más días acumulativos en años normales. Es húmedo, sin embargo, en alguna parte, ya sea durante más de 180 días acumulativos por año o 90 o más días consecutivos.

Ácuico: Del latín *aqua*, es de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado de agua. Algunos suelos están saturados con agua, a veces mientras el oxígeno disuelto está presente, ya sea porque el agua está en movimiento

o porque el entorno es desfavorable para los microorganismos (por ejemplo, si la temperatura es inferior a 1 °C, tal régimen no es considerado ácuico).

Perácuico: 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:

- a. Seca en todas las partes por más de la mitad de los días acumulativos por año, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 5 °C.
- b. Húmeda en alguna o en todas partes por menos de 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 con las clases texturales dominantes en el suelo, por tanto, se considera un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas.

Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. El régimen de humedad údico y ústico son los óptimos para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a que se asocia al régimen de lluvias.

La importancia de esta variable se fundamenta en que para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo hay muy poca infraestructura de riego, por lo tanto, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el desarrollo del cultivo.

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

Se excluyen como no aptas (N1), las áreas con regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (régimen perácuico) o por déficit (régimen arídico).

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

El proceso de evaluación de la variable de régimen de humedad de los suelos se realizó a partir de la información del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). En los casos que no tienen definido el régimen de humedad dentro de la capa de geopedología, se complementaron interpretando la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se consideran para el cultivo comercial de cebolla de bulbo los siguientes rangos de aptitud:

Régimen de humedad	Aptitud
Údico y ústico	A1
Ácuico	A3
Árido y perácuico	N1

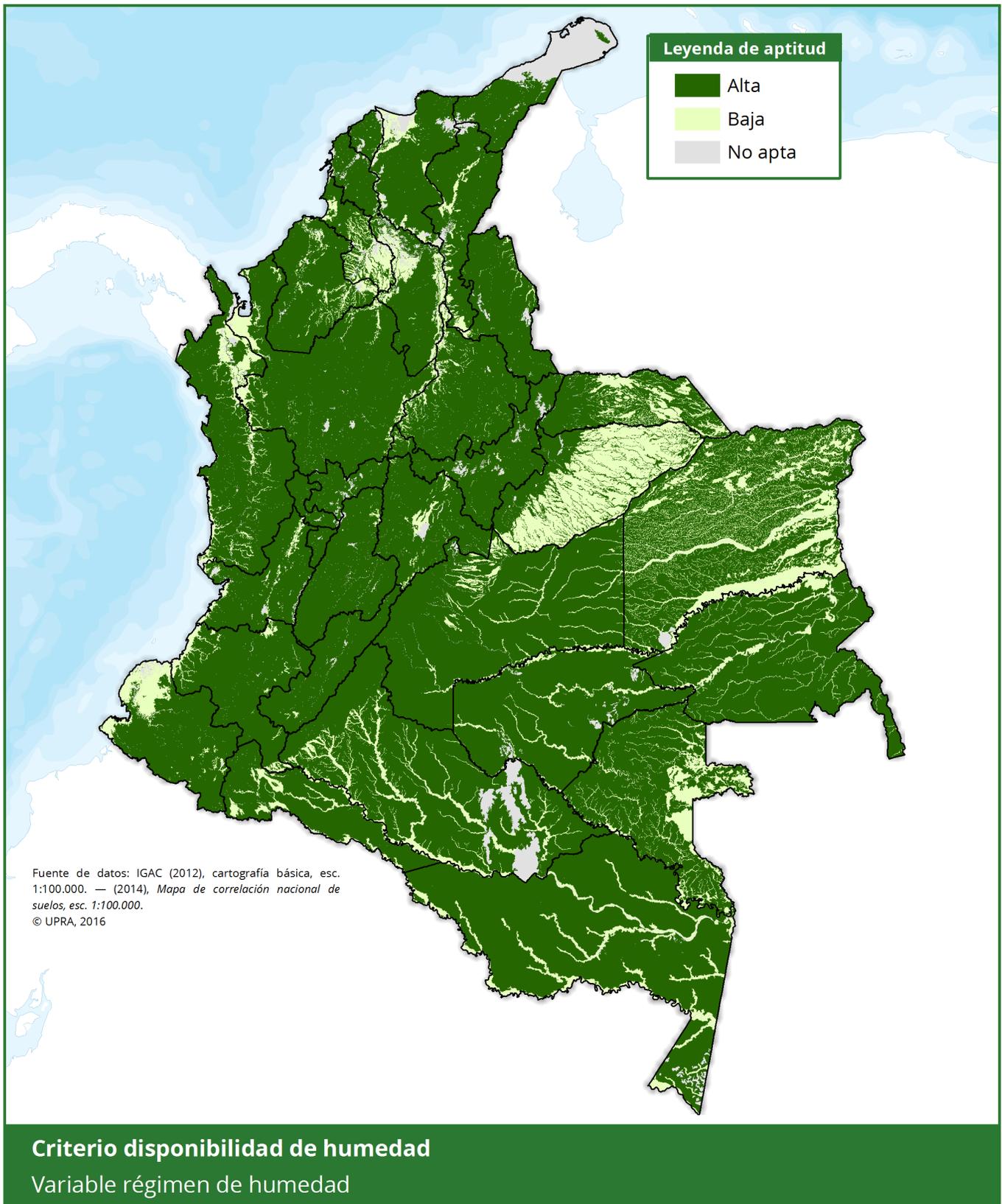
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. EUA: USDA, NRCS.

Representación cartográfica de la variable



1.2.3.2. Variable textura

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

Definición

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, 1990).

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

Clases texturales

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

Importancia de la variable para el cultivo

La clase textural es una variable de importancia en la zonificación para el establecimiento del cultivo de cebolla de bulbo, porque propicia los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por esta variable.

La textura del suelo es una propiedad física que se usa como criterio para evaluar las variables de capacidad para retener agua (texturas finas retienen más agua que las texturas gruesas), capacidad de intercambio catiónico (capacidad para retener elementos nutritivos), permeabilidad e índices de plasticidad; en taxonomía se usa como parámetro para clasificar los suelos.

En la medida que los suelos presentan mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; los tamaños de partículas más gruesos facilitan la permeabilidad, mas no la retención.

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

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

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

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, y la calificación se realiza sobre la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del componente taxonómico con mayor representatividad. Por tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no es posible representarlas espacialmente.

Metodología de procesamiento de la información

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

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

La información base para determinar la textura en las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000, realizado por el IGAC (2014).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales con mayor contenido de arcillas se califican con aptitud alta (A1), porque estos favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias; igualmente sucede con los suelos orgánicos (histosoles).

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

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

Los suelos oxisoles y ultisoles finos tienen calificación de aptitud media (A2), debido a que la dominancia de arcillas de relación 1:1 implica que tengan menor retención de humedad.

Rangos de aptitud

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

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

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

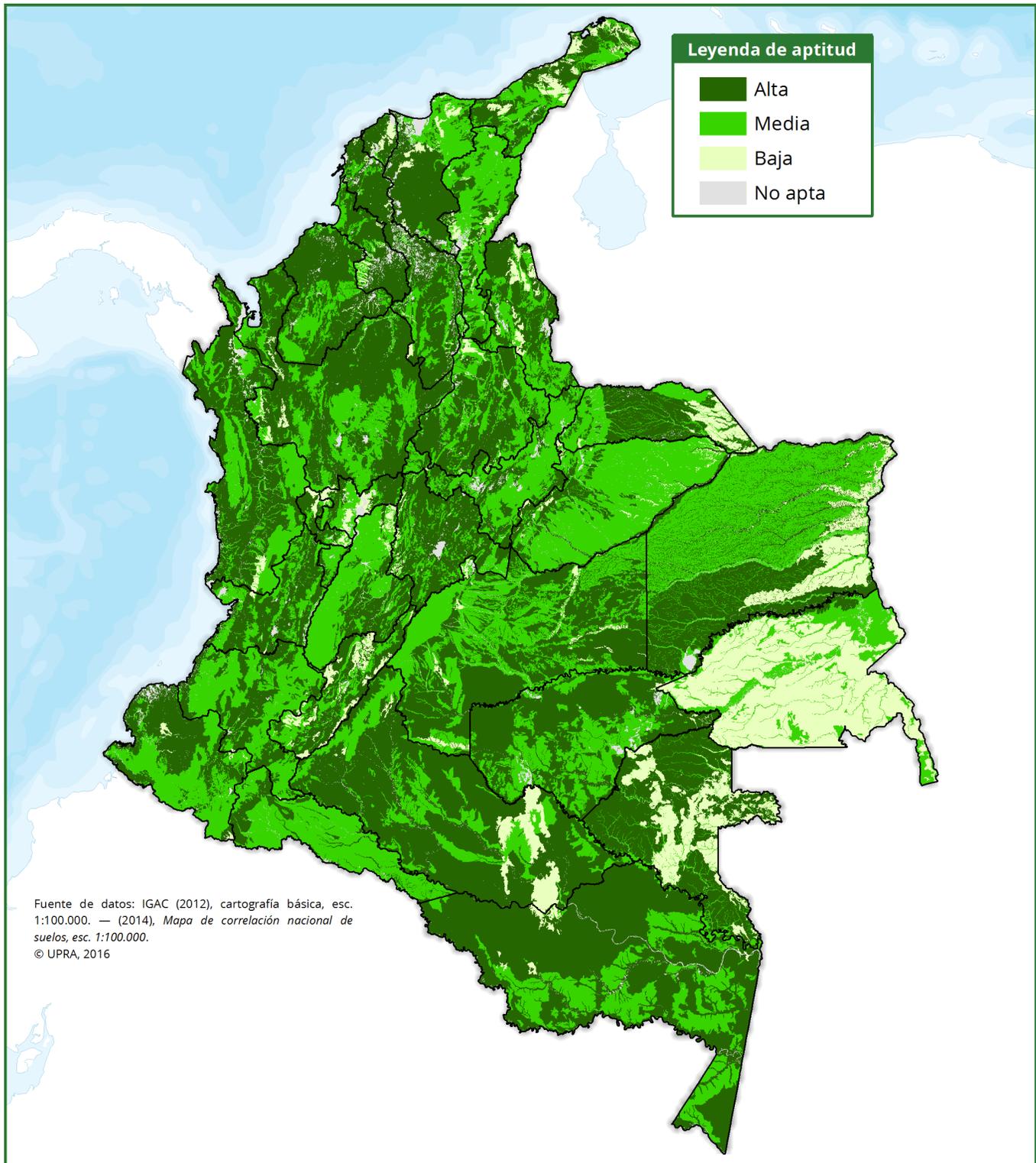
—. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.

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

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



Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de humedad

Variable textura

1.2.4. Criterio disponibilidad de oxígeno

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: disponibilidad de oxígeno		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Susceptibilidad a inundaciones, expresada como grado de susceptibilidad. 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 del suelo permiten la libre circulación del CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.

Importancia del criterio para el cultivo

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

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Debido a los largos periodos de saturación de agua, se considera que suelos con drenaje natural muy pobre no tienen aptitud (N1) para establecer cultivos de cebolla de bulbo, ya que representan ausencia de oxígeno, esto es, niveles de intoxicación para las raíces de las plantas, lo que conlleva grandes pérdidas en la producción de cebolla de bulbo.

Los terrenos que son susceptibles a inundaciones muy frecuentes también se consideran no aptos para el cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Limitantes para la evaluación del criterio

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

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

Valor de ponderación del criterio: 7,7 %

Metodología de procesamiento de la información

Para las clases de aptitud por susceptibilidad a inundaciones, se tomó como base el mapa de susceptibilidad de los suelos a inundaciones contenido en el estudio de conflictos de uso del territorio colombiano (IGAC *et al.*, 2012) y para el drenaje natural, el mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables:

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada variable representa en el desarrollo ideal del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, por lo tanto, baja el nivel de formación de bulbos y, proporcionalmente, disminución en la producción.

Árbol de decisión

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

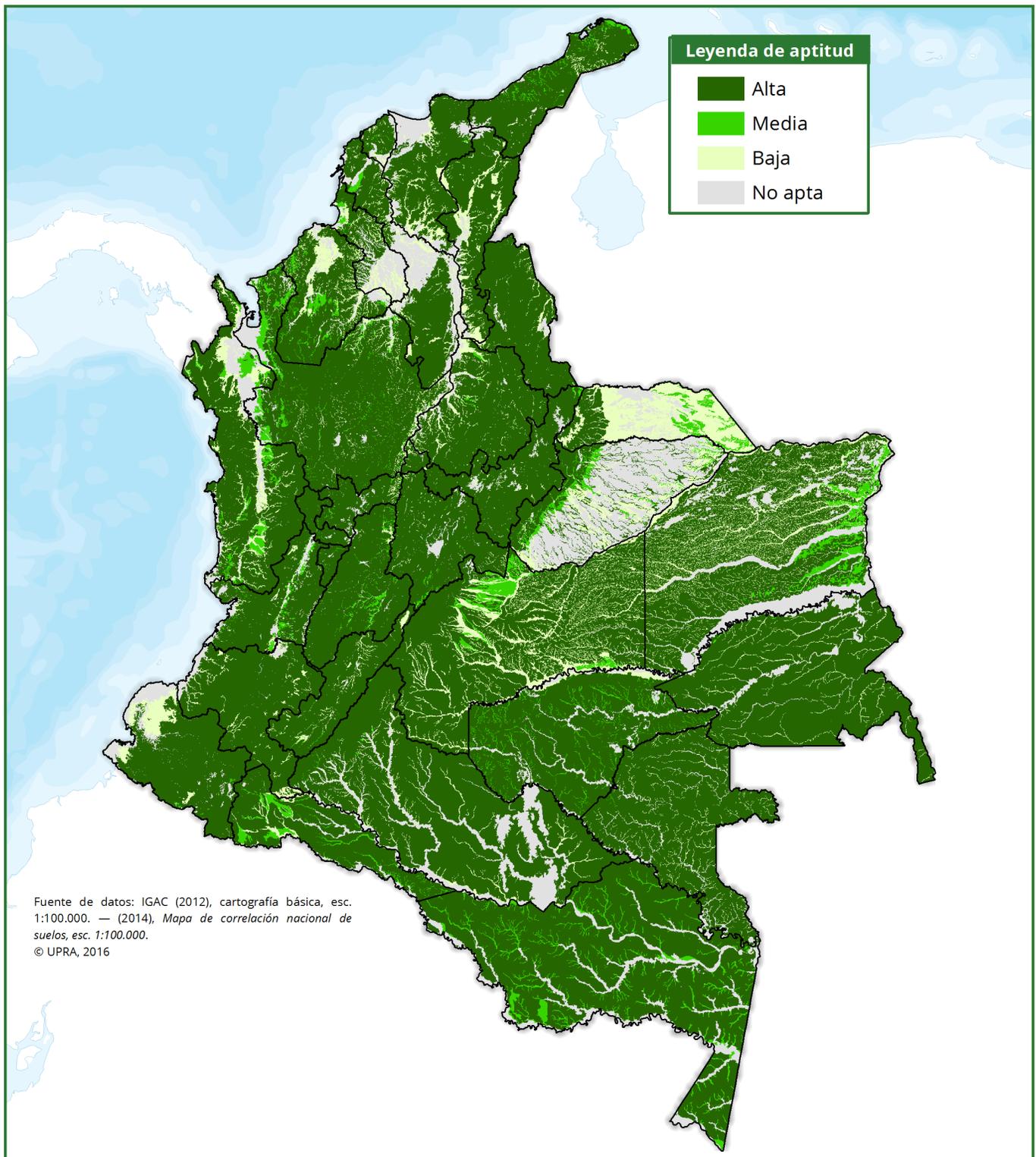
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2014), *Mapa de correlación nacional de suelos*, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio disponibilidad de oxígeno

1.2.4.1. Variable susceptibilidad a inundaciones

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de oxígeno		
Variable: susceptibilidad a inundaciones		Unidad de medida: adimensional
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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 se da cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacines o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).

El IGAC clasifica las inundaciones y encharcamientos de acuerdo con la frecuencia en que ocurren y la duración, como se presenta en las siguientes tablas:

Clases de frecuencias de las inundaciones o encharcamientos

Clase	Evento
No hay	-
Rara	1 cada 10 o más años
Ocasional	1 cada 2 a 5 años
Frecuente	1 a 2 por año
Muy frecuente	Más de 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 especies vegetales, aún más cuando duran largos periodos de tiempo.

La tolerancia a las inundaciones y a los encharcamientos por parte de las plantas depende de cada especie. El cultivo de cebolla de bulbo no es tolerante a los encharcamientos e inundaciones; por el contrario, estos excesos de humedad provocan enfermedades, disminución en la calidad de los bulbos y, en ocasiones, muerte de las plantas.

Para el caso concreto de esta zonificación, se toma la información de forma indirecta según la frecuencia de inundaciones, en relación con las zonas inundables identificadas en los mapas de suelos del país.

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

Se excluyen las áreas que presentan o son susceptibles a las inundaciones y encharcamientos muy frecuentes (N1), debido a que se reduce la disponibilidad de oxígeno en el suelo y así restringe este cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la base de datos del mapa geopedológico, muchas unidades cartográficas no registran información sobre fases por inundación o encharcamiento, por lo tanto, en la zonificación para el cultivo de cebolla de bulbo, se incluye su análisis, tomando como base algunas formas de terreno, tipos de relieve, información de los perfiles modales y también el régimen de humedad que proporcionan los nombres taxonómicos, sin pretender excluir el total de las zonas inundables porque no se puede predecir la duración del evento que es la causante de los daños en los cultivos.

Metodología de procesamiento de la información

Se tomó como base el mapa de susceptibilidad de los suelos a inundaciones contenido en el estudio de conflictos de uso del territorio colombiano (IGAC *et al.*, 2012).

Después de complementar la base de datos con la presencia o no presencia de inundaciones, se procedió a inferir el tiempo de duración con las variables de paisaje, drenaje natural e interpretación de los nombres taxonómicos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El establecimiento de los rangos de aptitud se discrimina por la frecuencia de las inundaciones según la evaluación de su probable

ocurrencia. Las inundaciones ocasionales generan aptitud media (A2) y las frecuentes, aptitud baja (A3), dada la susceptibilidad del cultivo comercial de cebolla de bulbo.

En las áreas donde no se registran inundaciones, la aptitud es alta (A1), mientras que los terrenos muy frecuentemente inundables no son aptos (N1) para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Rangos de aptitud

Susceptibilidad a inundaciones	Aptitud
No hay	A1
Ocasionales	A2
Frecuentes	A3
Muy frecuentes	N1

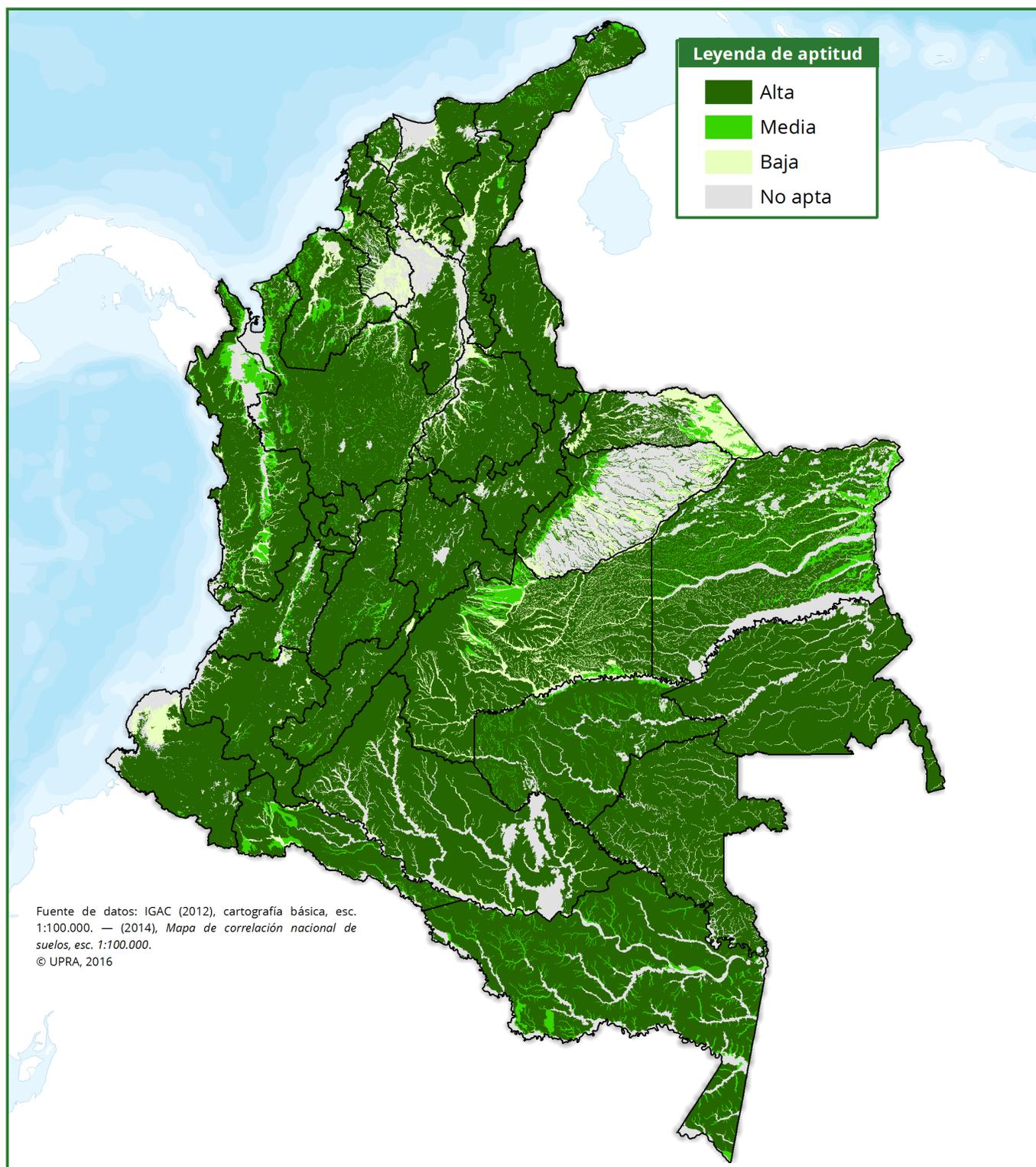
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- IGAC et al. (2012). *Conflictos de uso del territorio colombiano. Mapa nacional de vocación de uso de la tierra, escala 1:100.000*.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra: WMO.

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de oxígeno

Variable susceptibilidad a inundaciones

1.2.4.2. Variable drenaje natural

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de oxígeno		
Variable: drenaje natural	Unidad de medida: adimensional (clase de drenaje)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia con la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

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

Importancia de la variable para el cultivo

El cultivo de cebolla de bulbo no es tolerante a suelos muy pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna y de la escorrentía.

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

Para el cultivo de cebolla de bulbo se excluyen las áreas con drenaje natural muy pobre (N1), debido a que son suelos que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones, donde se califica el mayor componente; lo que significa que algunos sectores no se pueden representar espacialmente, los cuales pueden ser favorables o desfavorables para el establecimiento del cultivo.

Metodología de procesamiento de la información

Utilización de la información de la capa de geopedología unificada para todo el país. Los casos que no tienen información sobre drenaje natural, dentro de la capa de geopedología, se complementan interpretando la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de aptitud son los siguientes: los suelos bien drenados y excesivamente drenados tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; el drenaje natural moderado tiene aptitud media (A2), por requerir de algunas obras de drenajes para optimizar el oxígeno disponible. El drenaje natural imperfecto y pobre tiene aptitud baja (A3) por la falta de oxígeno disponible y, por ende, requerir de obras de mayor envergadura para adecuar el drenaje. Se considera que el drenaje muy pobre no es apto (N1) para el cultivo por tener agua en o cerca de la superficie del suelo la mayor parte del tiempo.

Rangos de aptitud

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

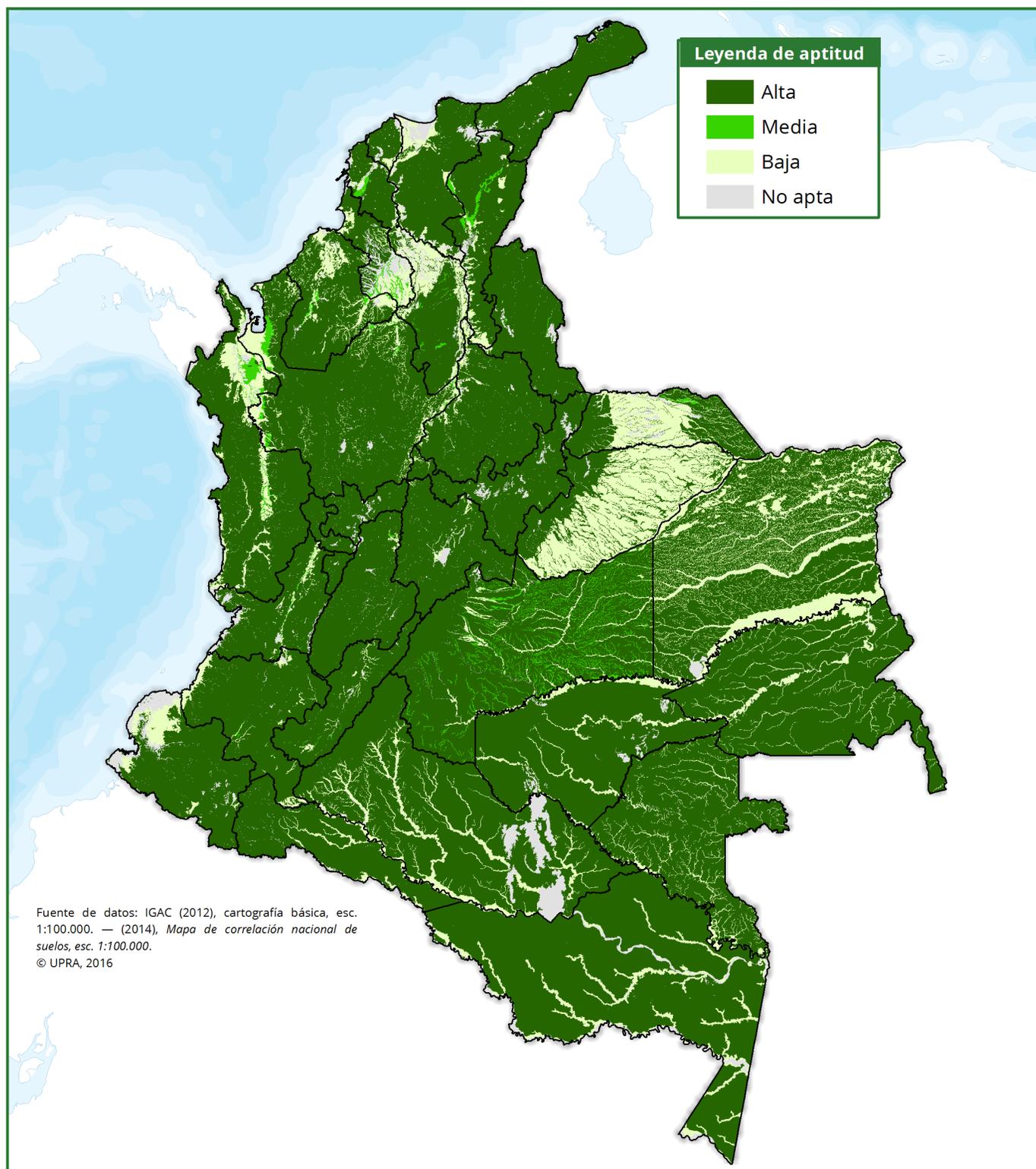
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook n.º 210*. Soil Conservation Service USDA. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de oxígeno

Variable drenaje natural

1.2.5. Criterio disponibilidad de nutrientes

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: disponibilidad de nutrientes		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Acidez (pH), expresada como pH. Saturación de bases, expresada como porcentaje (%). Carbono orgánico, expresado como porcentaje (%). Capacidad de intercambio catiónico, expresada como cmol/kg de suelo. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionado directamente con los contenidos en el suelo de los elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de los bulbos.

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

Importancia del criterio para el cultivo

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que la saturación de bases sea alta y esté acompañada de capacidad de intercambio catiónico alta, las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en un buen desarrollo de los cultivos y la adecuada formación de los bulbos.

Por otro lado, cuando las plantas están bien desarrolladas, tienen mayores defensas contra los ataques de las plagas y enfermedades.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se consideran no aptas (N1) las áreas donde los pH sean menores de 4,0 y mayores de 7,8.

Limitantes para la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad en cada una de las variables que conforman el criterio. Dentro de la unidad, entonces, existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor, y que corresponden a aptitudes diferentes.

En los análisis de suelos de los estudios generales de suelos, se encuentran los contenidos de los elementos mayores y las variables que son responsables de su almacenamiento como la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, y el pH como factor que determina la disponibilidad de cada uno de los elementos.

Valor de ponderación del criterio: 2,6 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio de disponibilidad de nutrientes se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), dando la calificación que se consideró en cada una de las variables:

Acidez (pH)	Aptitud	Saturación de bases (%)	Aptitud
6,0-6,5	A1	> 35	A1
5,1-5,9 y 6,6-7,3	A2	≥ 10 - ≤ 35	A2
4,0-5,0 y 7,4-7,8	A3	< 10	A3
< 4,0 y > 7,8	N1		

Carbono orgánico (%)	Aptitud	CIC (cmol/kg de suelo)	Aptitud
> 2,7 - ≤ 10; andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1	> 20	A1
≥ 1,4 - ≤ 2,7; >10; andisoles > 15	A2	≥ 10 - ≤ 20	A2
< 1,4; histosoles	A3	< 10	A3

Debido a los altos contenidos de materia orgánica de los histosoles y andisoles, reciben una calificación diferente, ya que ella interfiere en la absorción de los elementos, especialmente los menores.

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los diferentes niveles de aptitud se discriminaron mediante la construcción de una tabla de ponderación en la cual se da un valor de importancia a cada una de las variables que conforman el criterio. El porcentaje representa la importancia en el desarrollo ideal del cultivo (pH y CIC, 30 % cada una; carbono orgánico y saturación de bases 20 % cada una).

Árbol de decisión

Acidez (pH)	CIC	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
6,0 - 6,5	> 20	> 35	> 2,7 - ≤ 10	A1
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A1
			> 10	A1
			Andisoles > 15	A1
			< 1,4	A1
		Histosoles	A1	
		≥ 10 - ≤ 35	> 2,7 - ≤ 10	A1
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A1
			>10	A1
			Andisoles >15	A1
			< 1,4	A2
		< 10	Histosoles	A2
			> 2,7 - ≤ 10	A1
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			>10	A2
	Andisoles > 15		A2	
	≥10 - ≤20	> 35	< 1,4	A2
			Histosoles	A2
			> 2,7 - ≤ 10	A1
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			>10	A2
		≥ 10 - ≤ 35	Andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
			Histosoles	A2
			> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
		< 10	>10	A2
			Andisoles >15	A2
			< 1,4	A2
			Histosoles	A2
			> 2,7 - ≤ 10	A2
Andisoles > 2,7 - ≤ 15			A2	
< 10	> 35	≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2	
		> 2,7 - ≤10	A2	
		Andisoles > 2,7 - ≤15	A2	
	> 35	> 2,7 - ≤10	A2	
		Andisoles > 2,7 - ≤15	A2	
		≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2	

Acidez (pH)	CIC	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
	< 10	> 35	>10	A2
			Andisoles > 15	A2
			< 1,4	A3
		≥ 10 - ≤ 35	Histosoles	A3
			> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			> 10	A3
			Andisoles > 15	A3
			< 1,4	A3
			Histosoles	A3
			< 10	> 2,7 - ≤ 10
		Andisoles > 2,7 - ≤ 15		A3
		≥ 1,4 - ≤ 2,7		A3
		>10		A3
		Andisoles > 15		A3
		< 1,4		A3
		Histosoles		A3
5,1 - 5,9 y 6,6 - 7,3	> 20	> 35	> 2,7 - ≤ 10	A1
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			Andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
		≥ 10 - ≤ 35	Histosoles	A2
			> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			>10	A2
			Andisoles > 15	A2
	< 10	< 1,4	A2	
		Histosoles	A2	
		> 2,7 - ≤ 10	A2	
		Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2	
		≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2	
		> 10	A2	
		Andisoles > 15	A2	
		< 1,4	A3	
		Histosoles	A3	
	≥10 - ≤20	> 35	> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			Andisoles > 15	A2
			< 1,4	A3
Histosoles	A3			

Acidez (pH)	CIC	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
5,1 - 5,9 y 6,6 - 7,3	≥10 - ≤20	≥ 10 - ≤ 35	> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			> 10	A3
			Andisoles > 15	A3
			< 1,4	A3
		< 10	Histosoles	A3
			> 2,7 - ≤ 10	A3
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			> 10	A3
			Andisoles > 15	A3
	< 10	> 35	< 1,4	A3
			Histosoles	A3
			> 2,7 - ≤ 10	A2
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			> 10	A3
		≥ 10 - ≤ 35	Andisoles > 15	A3
			< 1,4	A3
			Histosoles	A3
			> 2,7 - ≤ 10	A3
			Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
< 10	≥ 10 - ≤ 35	> 10	A3	
		Andisoles > 15	A3	
		< 1,4	A3	
	< 10	Histosoles	A3	
		> 2,7 - ≤ 10	A3	
		Andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3	
4,0 - 5,0 y 7,4 - 7,8	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	A3
< 4,0 y > 7,8	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	N1

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

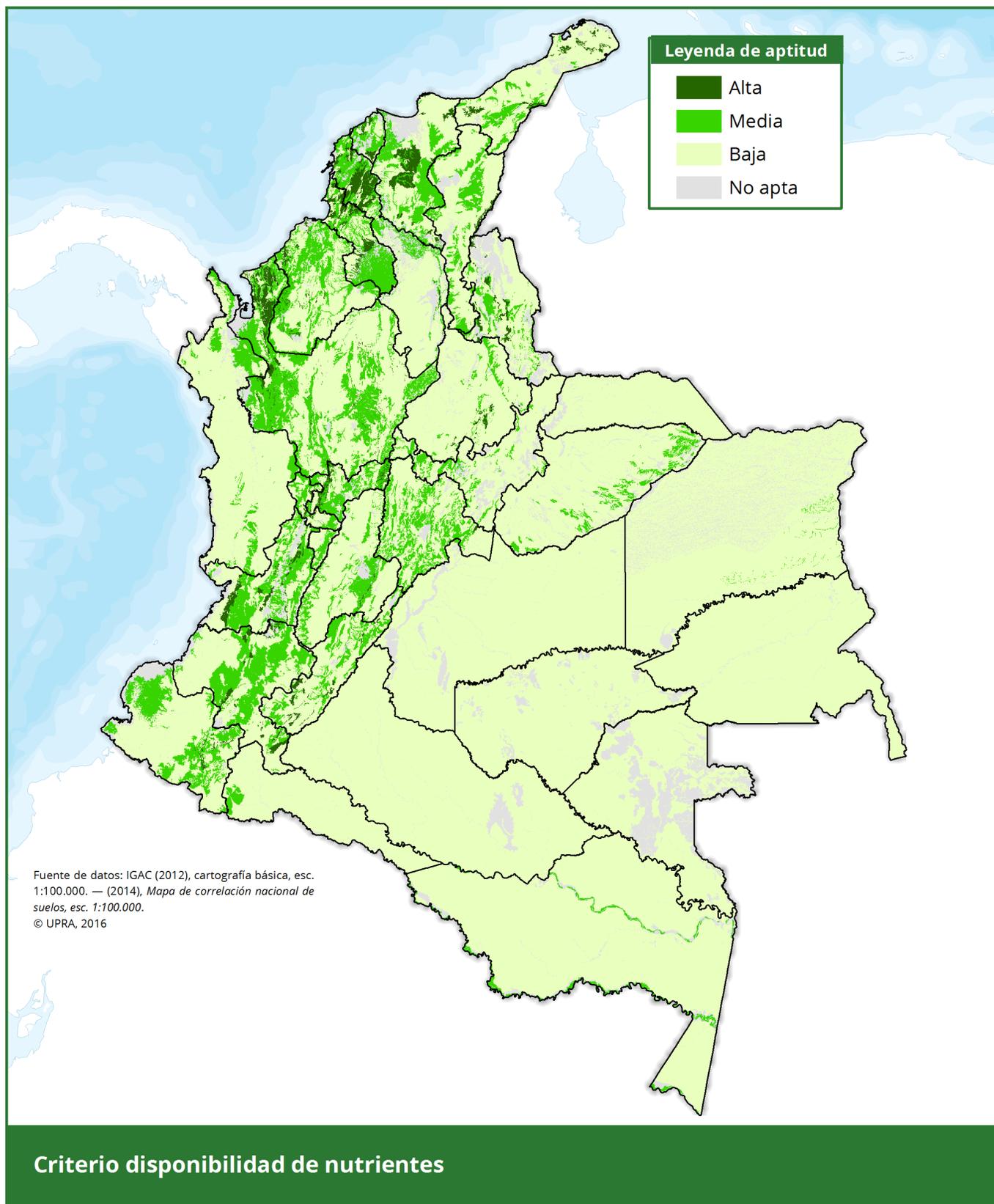
Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

- FAO. (1976). A Framework for Land Evaluation. *Soils Bulletin* 32. Recuperado de <https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/framele.pdf>
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook n.º 210*. Soil Conservation Service USDA. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf



Representación cartográfica del criterio



1.2.5.1. Variable acidez (pH)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: acidez (pH)	Unidad de medida: adimensional (clases de acidez)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo.

Un suelo ácido 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. Esto ha sido demostrado por muchos investigadores (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 convenio hecho anteriormente para soluciones diluidas.

En la misma forma se define pOH como $pOH = -\log(OH^-)$.

Para el agua pura a 25 °C: $(H^+).(OH^-) = 1 \times 10^{-14}$

Tomando logaritmos:

$$\log(H^+) + \log(OH^-) = \log(1 \times 10^{-14})$$

$$\log(H^+) + \log(OH^-) = -14$$

$$\text{multiplicando por } -1: -\log(H^+) - \log(OH^-) = 14$$

$$\text{Sustituyendo: } pH + pOH = 14$$

Cuando la concentración de H^+ es igual a la concentración de OH^- se dice que el medio es neutro. Un medio ácido es aquel en que la

concentración de iones H^+ es mayor que la concentración de OH^- . Medio básico es en el que la concentración de H^+ es menor que la concentración de OH^- . Según esto, el agua es una sustancia neutra y a 25 °C el pH de la neutralidad es 7.

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 más importantes de los suelos: de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya sea porque determina su solubilidad, controla la clase y tipo de actividad microbiológica y por lo tanto la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la CIC de suelos y raíces, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes (IGAC, 1979).

El pH del suelo tiene una importancia determinante para la disponibilidad de los iones nutritivos, lo que incide de manera directa en el crecimiento vegetal, afectando principalmente:

- La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes permaneciendo en forma no disponibles para las plantas.
- El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal, fuera de este rango, la absorción radicular se dificulta y, si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos, caso del aluminio.

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

La importancia de la variable de pH en la zonificación del cultivo comercial de cebolla de bulbo a escala 1:100.000 consiste en que es el factor principal que determina el suministro de nutrientes en el suelo. Debido a que las reservas de nutrientes son generalmente insuficientes para cubrir la demanda del cultivo, deben ser complementadas o corregidas con la aplicación de enmiendas que permitan asegurar que el cultivo disponga de los nutrientes necesarios para alcanzar los máximos rendimientos.

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

Los pH con valores $\leq 4,0$ y $> 7,8$ se consideran suelos no aptos (N1) para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, debido a que estos valores extremos presentan restricciones para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes para las plantas de cebolla de bulbo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen pH diferente al componente calificado, por lo tanto, niveles diferentes de aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de calificación de esta variable se realizaron a partir de los datos de laboratorio que aparecen en el perfil modal del mayor componente de la unidad cartográfica y están relacionados con los rendimientos según las consultas en la literatura y a los productores.

Acidez (pH)	Aptitud
6,0-6,5	A1
5,1-5,9 y 6,6-7,3	A2
4,0-5,0 y 7,4-7,8	A3
< 4,0 y > 7,8	N1

Unidad de análisis

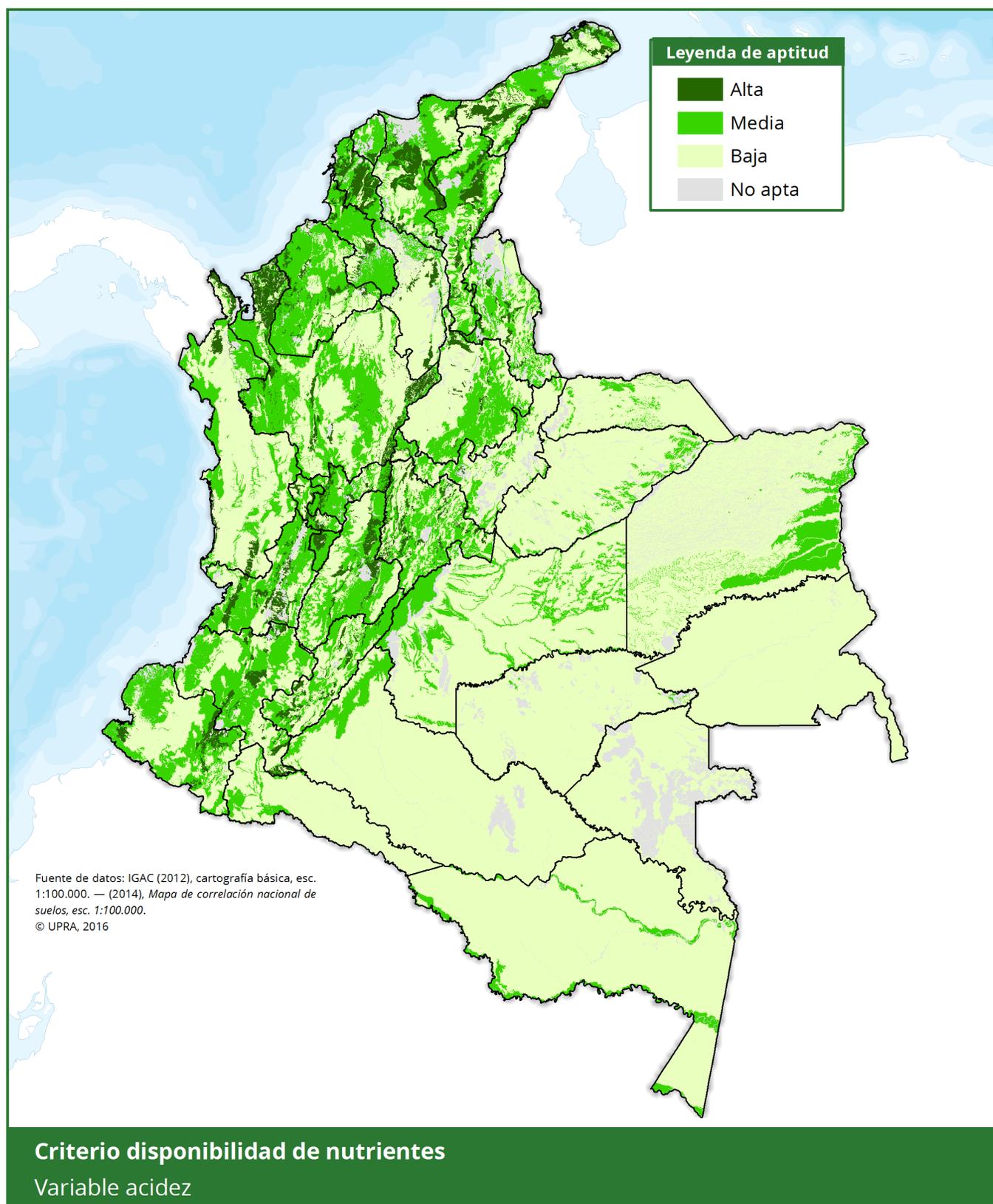
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.^a ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.^a ed.). San José de Costa Rica: IICA.



Representación cartográfica de la variable



1.2.5.2. Variable saturación de bases

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: saturación de bases		Unidad de medida: porcentaje (%)
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Suma de las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresada como 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

El porcentaje de saturación de bases es un indicador de la fertilidad del suelo y tiene relación directa con el pH.

Se ha considerado la saturación de bases en la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo por la relación que hay con los valores del pH cuando los suelos son similares, es decir, cuando los materiales parentales son muy parecidos (por ejemplo, en suelos derivados de arcillas caoliníticas: a menor pH, menor saturación de bases).

La saturación de bases 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 determinó áreas no aptas (N1) por esta variable, debido a que en las unidades de tierras con baja saturación se puede aplicar fertilizantes para regular el contenido de bases, como parte del manejo del cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto

significa que dentro de esta existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones diferentes al componente mayor, que corresponden a aptitudes diferentes.

Metodología de procesamiento de la información

La variable de saturación de bases se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014). Es importante aclarar que los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos seleccionados de acuerdo con los límites de variación considerados en la tabla de clasificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con gremios y productores son los siguientes:

Rangos de aptitud

Saturación de bases (%)	Aptitud
> 35	A1
≥ 10 - ≤ 35	A2
< 10	A3

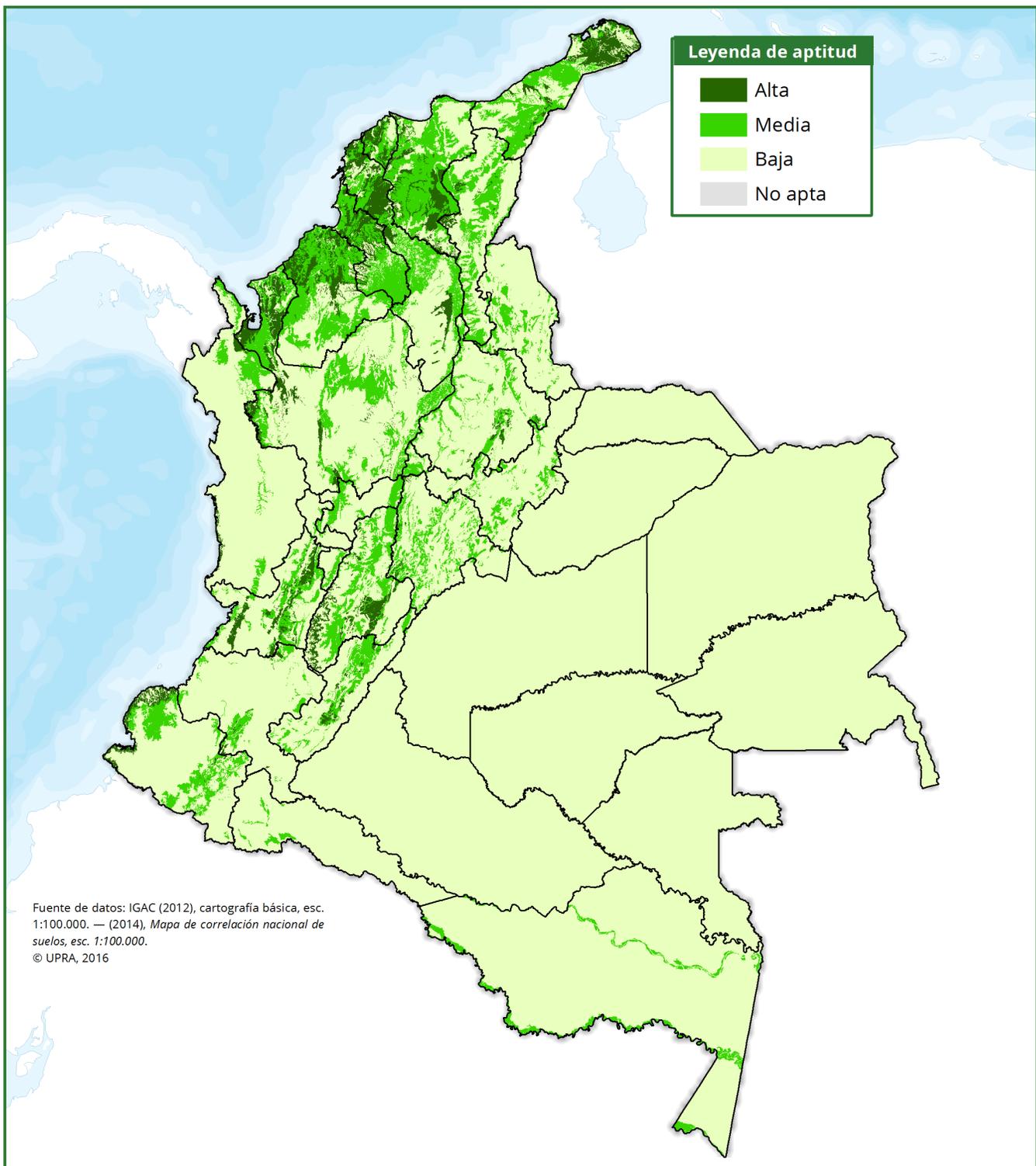
Unidad de análisis

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). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.^a ed.). San José de Costa Rica: IICA.

Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes

Variable saturación de bases

1.2.5.3. Variable carbono orgánico

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
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

Es el 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. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición, que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999; citado por Martínez *et al.*, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000; citado por Martínez *et al.*, 2008).

El contenido de materia orgánica en el suelo se mide por medio del porcentaje de carbono orgánico. En términos generales, el contenido de materia orgánica es cerca del doble del carbono orgánico.

Importancia de la variable para el cultivo

Se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nutrientes al aportar nitrógeno, cuyo aporte mineral es escaso. También modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes, y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico; en las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto la parte biológica, el carbono es esencial (Aguilera, 1999): proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999).

Por otro lado, los organismos del suelo descomponen los residuos orgánicos participando activamente en los ciclos de muchos elementos utilizados por las plantas. Además, los organismos del suelo participan en la formación y estabilización de la estructura y porosidad del suelo (Singer y Munns, 1996; Krull *et al.*, 2002).

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

No se determinaron unidades de tierra no aptas (N1) para esta variable, debido a que en los sectores o lugares con bajos contenidos de carbono orgánico se puede aplicar materia orgánica, compost o residuos de cosecha para mejorar su contenido.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, escala 1:100.000, son asociaciones, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que en la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen diferentes cantidades de carbono orgánico, lo que representa aptitud diferente al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos seleccionados, de acuerdo con la tabla de calificación de fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con gremios y productores, son los siguientes:

Carbono orgánico (%)	Aptitud
> 2,7 - ≤10	A1
≥ 1,4 - ≤ 2,7; >10	A2
< 1,4	A3

Los suelos clasificados como andisoles, los cuales tienen altos contenidos de carbono orgánico, reciben calificaciones con aptitud alta (A1), >2,7 - ≤15, con aptitud media (A2), >15, y con aptitud baja (A3) los histosoles, debido a que los altos contenidos de materia orgánica en el suelo se relacionan con bulbos poco compactos y de mala calidad.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

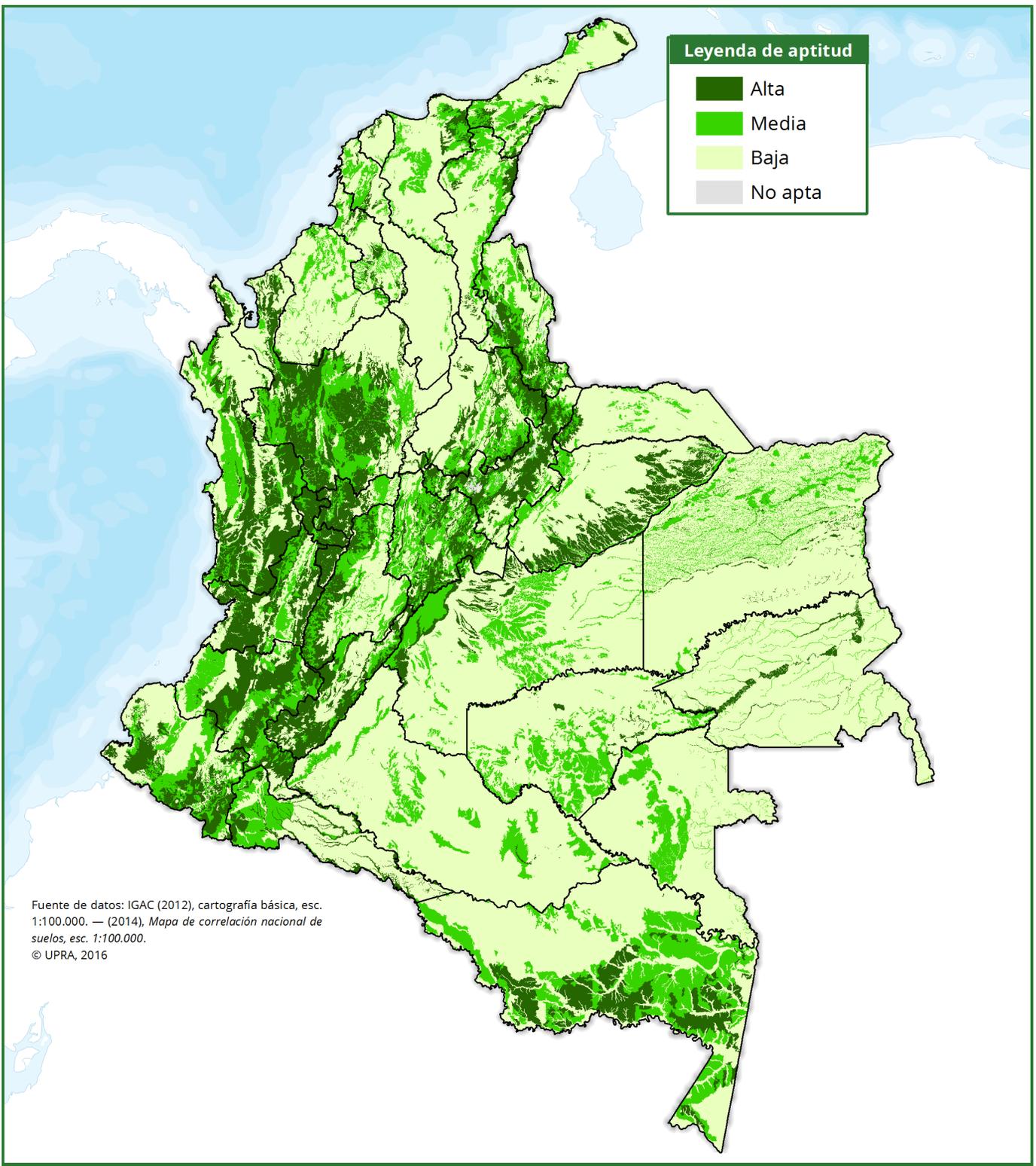
Fuentes de información

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.^a ed.). San José de Costa Rica: IICA.

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- 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.
- Singer, M. y Munns, D. (1996). *Soils. An introduction* (3.^a ed.). EUA: Prentice-Hall Inc.



Representación cartográfica de la variable



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable carbono orgánico

1.2.5.4. Variable capacidad de intercambio catiónico

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: disponibilidad de nutrientes		
Variable: capacidad de intercambio catiónico	Unidad de medida: cmol/kg de suelo	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn y 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.

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

Importancia de la variable para el cultivo

Es una de las variables de mayor relevancia en la nutrición vegetal; tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Es un indicador de la fertilidad de los suelos, dado que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y por consiguiente en la estructura y estabilidad de los agregados.

El suelo no solamente retiene N, P, K, Ca, S, Mg, sino otros elementos como los micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición de las plantas; la CIC es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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

No se determinaron áreas no aptas (N1) por esta variable, debido a que las unidades de tierras con baja CIC se pueden mejorar con la adición de materia orgánica, principalmente, la cual, una vez humificada, incrementa la capacidad de intercambio catiónico de los suelos. La práctica más usada en suelos con poca capacidad de almacenamiento de nutrientes, consiste en la fertilización fraccionada, para evitar que estos se lixivien al no ser retenidos por el suelo.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de esta existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones con diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

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

Los rangos seleccionados de acuerdo con la tabla de calificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y los talleres con gremios y productores son los siguientes.

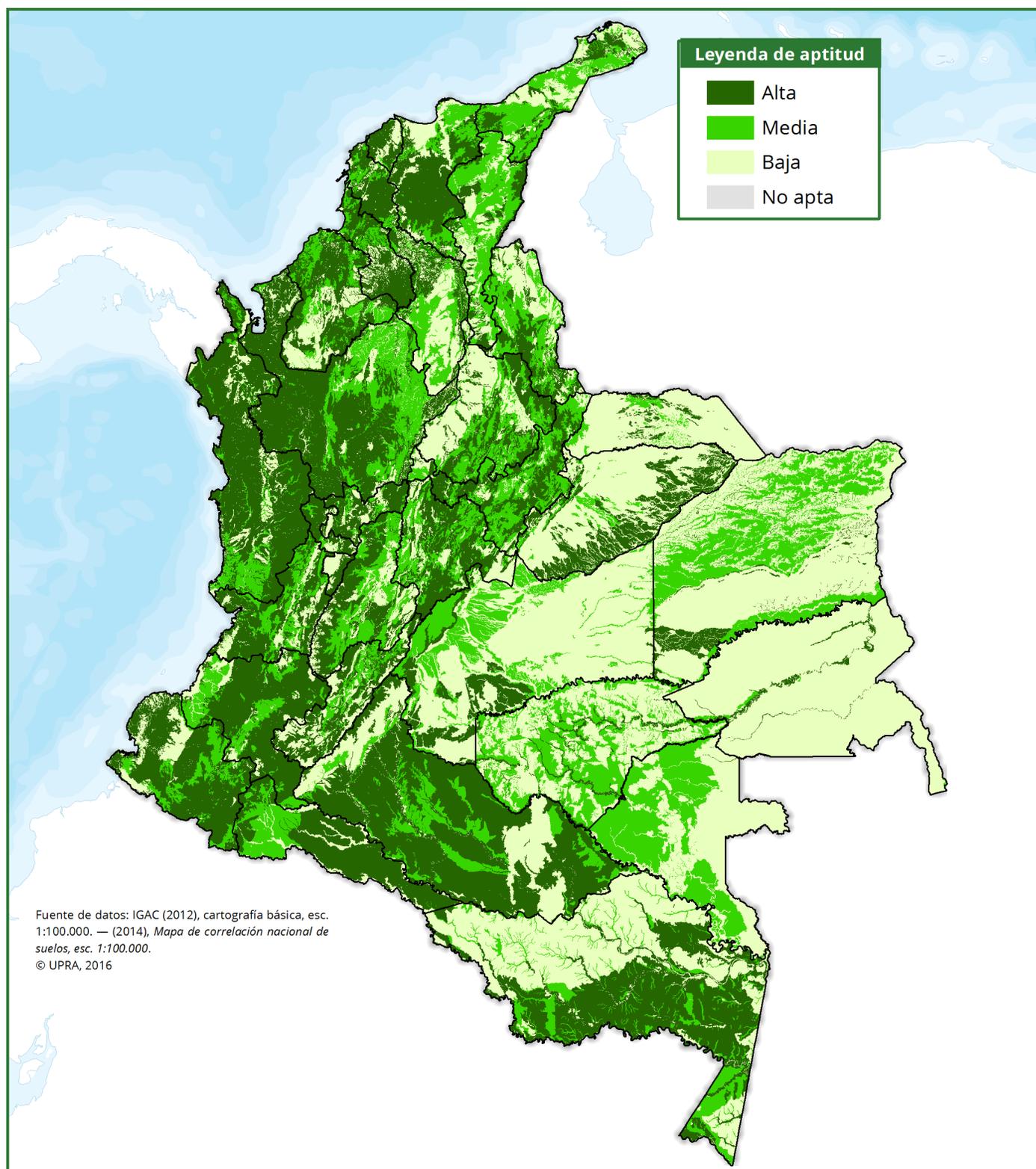
CIC (cmol/Kg de suelo)	Aptitud
> 20	A1
≥ 10 - ≤ 20	A2
< 10	A3

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*.
- Fassbender, H., y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.ª ed.). San José de Costa Rica: IICA.
- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.



Criterio disponibilidad de nutrientes
Variable capacidad de intercambio catiónico

1.2.6. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Salinidad o sodicidad, expresadas como dS/m y PSI. • Saturación de aluminio, expresada en porcentaje (%). 		
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, Mn, Cl, Zn y Ni), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos), la saturación del catión sodio y la saturación de aluminio.

En el ámbito de los suelos colombianos, tiene gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.

El grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras susceptibles de ser afectadas por los agentes erosivos integra las variables que causan o que originan dichos procesos.

El cultivo de cebolla de bulbo involucra el uso intensivo del suelo, y, en ausencia de acolchado plástico, tiene periodos que lo dejan sin cobertura vegetal, especialmente en siembra, desyerba y cosecha, aspecto que deja expuesto el suelo a la erosión por escorrentía, principalmente.

Importancia del criterio para el cultivo

El sodio (Na) además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo, debido al efecto dispersante, produce disminución del crecimiento de las raíces y necrosis en las hojas.

El aluminio (Al) es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración en el suelo, pero su disponibilidad para las plantas está, por lo general, en bajas concentraciones, salvo en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos, y las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la deficiencia de fósforo, ya que afecta el metabolismo del fosfato), inhibe la división

celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio.

Las sales aumentan el pH y afectan la absorción de otros elementos K^+ , NO_3^- , fósforo PO_4 y Ca^{2+} por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhibe la división celular.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

De acuerdo con la fisiología de las plantas, y teniendo en cuenta las propiedades de los suelos colombianos, las variables de salinidad y porcentaje de sodio tienen rangos donde no es posible el cultivo comercial de cebolla de bulbo: suelos con salinidad mayor a 8 dS/m ni con saturación de sodio superior a 15 % (PSI).

Limitantes para la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde, en cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

En cuanto a los contenidos de sales y sodio, el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), en muchos casos, se refiere a la presencia o no presencia sin indicar rangos, por lo tanto, se recurre a la interpretación de la taxonomía de los suelos. Para la concentración de aluminio, sí existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

Valor de ponderación del criterio: 2,8 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables:

Saturación de aluminio (%)	Aptitud	Salinidad (CE dS/m)	Aptitud	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 30	A1	< 2	A1	< 10	A1
> 30 - ≤ 60	A2	2-4	A2	10-15	A2
> 60	A3	4-8	A3	> 15	N1
		> 8	N1		

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo ideal del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un adecuado desarrollo de las plantas, y, por lo tanto, favorece el alto nivel de formación de bulbos y los buenos índices de producción.

Árbol de decisión para el criterio

Saturación de aluminio	Salinidad	Saturación de sodio	Aptitud
≤ 30	< 2	< 10	A1
		10-15	A2
		> 15	N1
	2-4	< 10	A1
		10-15	A2
		> 10	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

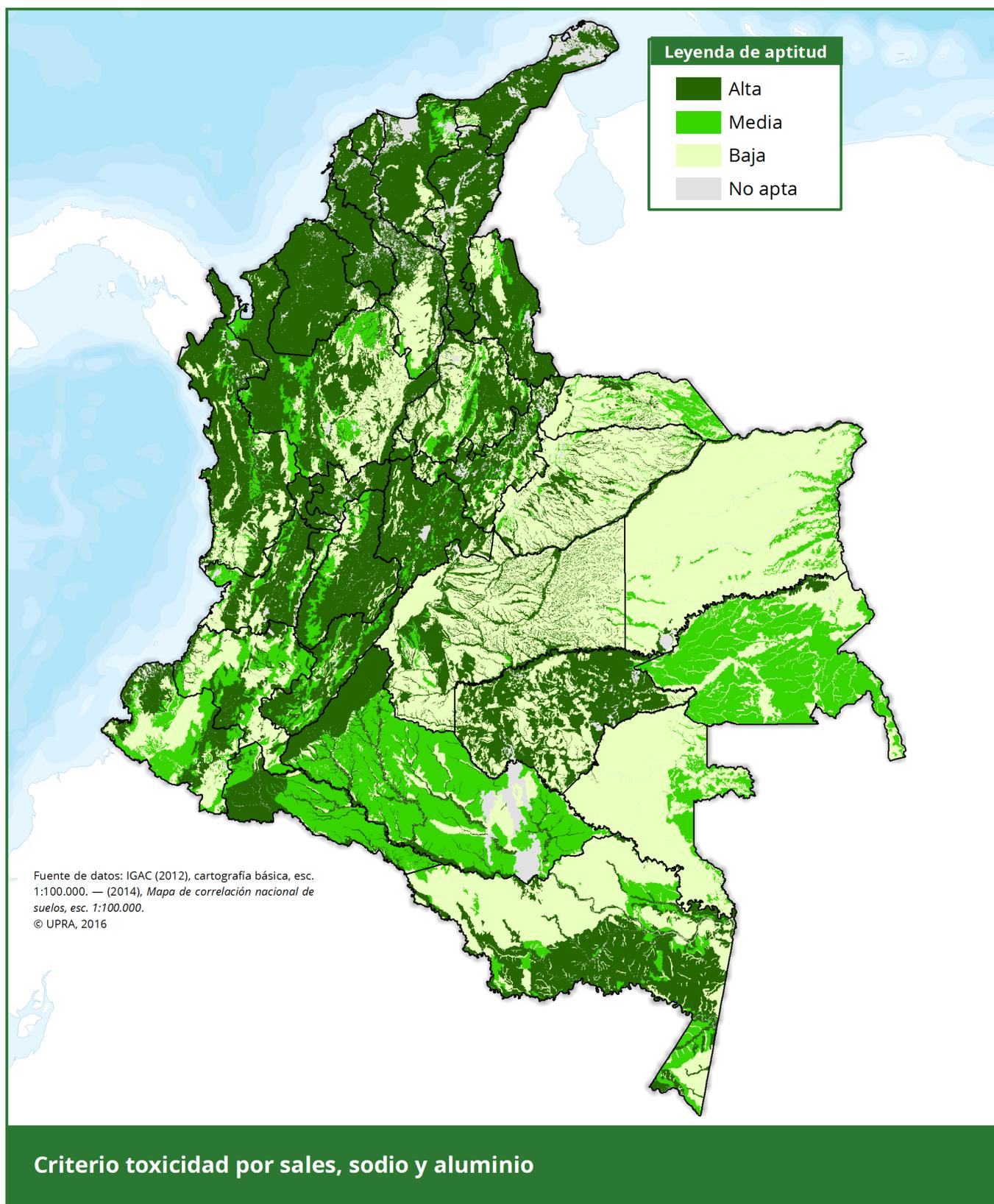
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.^a ed.). San José de Costa Rica: IICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.



Representación cartográfica del criterio



1.2.6.1. Variable salinidad o sodicidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
Variable: salinidad o sodicidad	Unidad de medida: conductividad eléctrica dS/m y PSI %	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Alto contenido de sales solubles o sodio intercambiable en zona radicular. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural, se asocia 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 relaciona con riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales, así como también con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con regímenes de humedad ústicos.

En suelos salinos, el catión Na es el que predomina en la solución del suelo, mientras que los cationes Ca y Mg, debido a su mayor fuerza de adsorción, ocupan la mayor proporción de los iones dentro de la doble capa difusa (forma intercambiable) (IGAC, 1979).

Importancia de la variable para el cultivo

Los contenidos altos de sales solubles o sodio intercambiable elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos del cultivo. El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (IGAC, 1979).

Algunos sectores del país con aptitud para el cultivo de cebolla de bulbo se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, requerimiento que hace que el suelo sea susceptible a la salinización. Los altos contenidos de sales o sodio tienen los siguientes efectos en el desarrollo de las plantas:

- La salinidad influye en los valores del pH y por tanto afecta la disponibilidad de nutrientes.
- Afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K^+), Nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y calcio (Ca^{++}).
- Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
- El sistema radicular no se desarrolla en forma óptima.
- Las raíces profundizan menos y hay menos ramificaciones.
- No hay división y crecimiento celular, y por tanto las plantas crecen menos.

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

Se consideró que unidades de tierra con presencia con conductividad eléctrica mayor de 8 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 % no son aptas para el establecimiento de cultivo de cebolla de bulbo, debido a que las probabilidades de un buen desarrollo vegetativo son muy bajas.

Limitantes de la evaluación de la variable

La principal dificultad para evaluar esta variable es la falta de información. En los estudios generales de suelos escala: 1:100.000 solamente aparece presencia o no de sales. Además, la presencia de sales no se presenta de manera uniforme, varía tanto de forma horizontal como vertical y también en el transcurso del año.

Estos suelos se reconocen por las afloraciones de costras blancas, en los salinos, y negras, debido a la dispersión de la materia orgánica, en los sódicos, el tipo de vegetación y muchas veces la presencia de un horizonte B con estructura columnar en los sódicos.

Metodología de procesamiento de la información

Los suelos salinos o no salinos, y sódicos o no sódicos, se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). La calificación se le dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tenían información, se infirieron correlacionando otras variables, como el clima y la interpretación de los nombres taxonómicos.

Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de fertilidad del manual de códigos (IGAC, 2010).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas a gremios, productores y literatura relacionada, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con conductividad eléctrica menor de 2 dS/m; aptitud moderada (A2), suelos entre 2 y 4 dS/m; aptitud baja, suelos entre 4 y 8 dS/m, y no aptos (N1), los suelos salinos, con conductividad eléctrica mayor de 8 dS/m. Por su parte, tierras con aptitud alta (A1) son suelos con menos de 10 % de sodio intercambiable; aptitud moderada (A2),

suelos entre 10 % y 15 % de sodio, y no se consideran aptos (N1) los suelos sódicos, con índice mayor de 15 % de sodio.

Salinidad o sodicidad de los suelos

Salinidad (CE dS/m)	Aptitud	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
< 2	A1	< 10	A1
2-4	A2	10-15	A2
4-8	A3	> 15	N1
> 8	N1		

Unidad de análisis

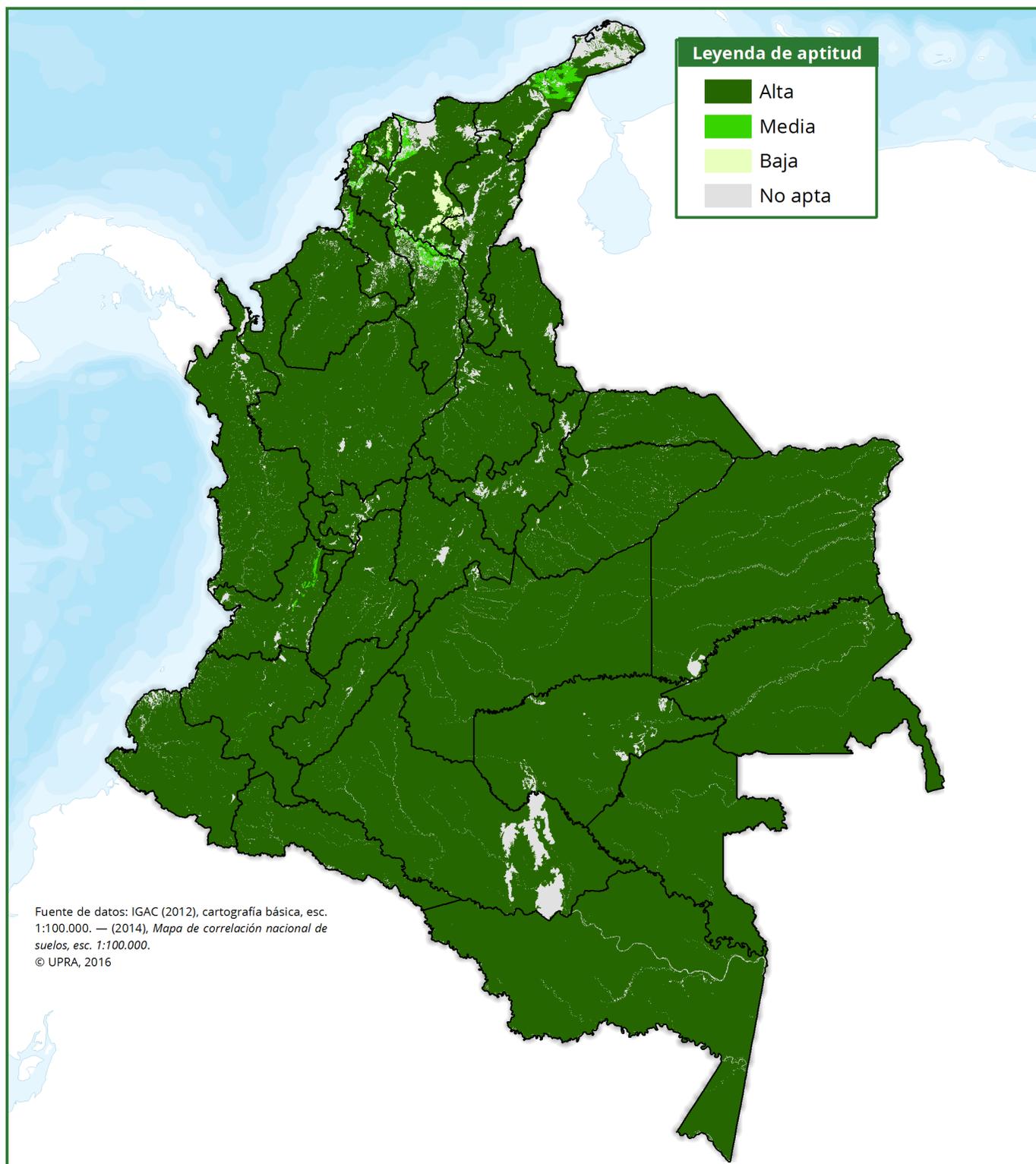
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.ª ed.). San José de Costa Rica: IICA.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*.
- —. (2014b). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*.



Representación cartográfica de la variable



Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Variable salinidad o sodicidad

1.2.6.2. Variable saturación de aluminio

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
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

Relación porcentual entre el aluminio del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, que afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).

Se ha establecido que cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+++} en la solución del suelo, la saturación es menor de 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada al aluminio y, cuando es mayor de 60 %, la concentración de aluminio en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).

Importancia de la variable para el cultivo

El aluminio es el factor 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, afectando la productividad del cultivo.

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+++} intercambiable es necesario aplicar altas dosis de cal para elevar el pH a niveles no tóxicos, o utilizar variedades de plantas que sean tolerantes a la acidez (Cortés y Malagón, 1984).

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

No existe valor de exclusión (N1) por esta variable, debido a que se puede mejorar su efecto. Todas las unidades cartográficas con más del 60 % de saturación de aluminio se calificaron como marginalmente aptas (A3) para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, debido a que los contenidos de aluminio en la solución del suelo son muy altos y es muy costosa la adecuación de estas áreas.

Limitantes de la evaluación de la variable

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, dentro de esta existen áreas de diferentes tamaños que tienen contenidos de aluminio diferente al componente calificado, los cuales pueden o no ser restrictivos para el cultivo.

Metodología de procesamiento de la información

La calificación se hace con los valores de aluminio (Al^{+++}), obtenidos de la información química de los perfiles contenidos en el mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014).

Los rangos se obtienen de la tabla para el cálculo de la fertilidad en el manual de códigos (IGAC, 2010).

La calificación para estos rangos mencionados se dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tenían información se infirieron, correlacionando otras variables, como pH, clima y la interpretación de la taxonomía de suelos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Con base en las diferentes consultas a gremios, productores y literatura, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con saturación de aluminio menor o igual a 30 %, donde no se limita la disponibilidad de los nutrientes para las plantas; aptitud moderada (A2), mayor de 30 y menor o igual a 60 %, y aptitud baja (A3), saturaciones de aluminio mayores de 60 %, debido a que limita la absorción de nutrientes y resulta muy costosa la adecuación mediante el encalamiento.

Rangos de aptitud

Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 30	A1
$> 30 - \leq 60$	A2
> 60	A3

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

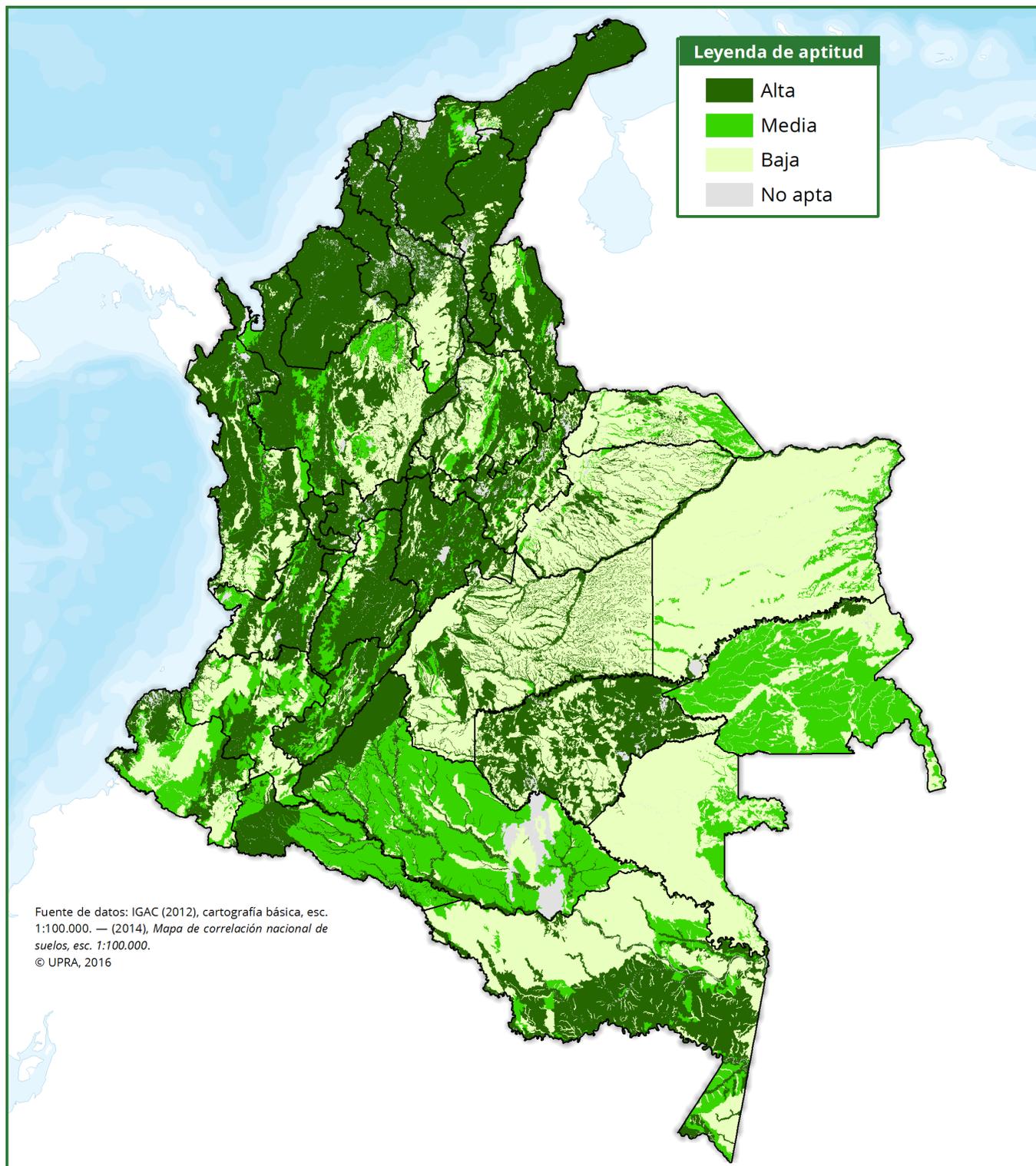
Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.^a ed.). Bogotá: IGAC.

- —. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.*
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.*
- —. (2014b). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales.*



Representación cartográfica de la variable



Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Variable saturación de aluminio

1.2.7. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Pendiente, expresada como porcentaje (%). Erosión actual, expresada como grade erosión. 		
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; integra las variables que causan o que originan dichos procesos.

El cultivo de cebolla de bulbo involucra el uso intensivo del suelo y, en ausencia de acolchado plástico, tiene periodos que lo dejan sin cobertura vegetal, especialmente en siembra, desyerba y cosecha, aspecto que deja expuesto el suelo a la erosión por escorrentía, principalmente.

Importancia del criterio para el cultivo

Para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque el número de movimientos del suelo que implica el cultivo lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica si la pendiente y la alta pluviosidad le favorecen. La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo cual redundaría en el crecimiento normal de los cultivos.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio, se considera que la susceptibilidad a movimientos en masa y la erosión actual presentan límites que se califican como no aptos (N1): los grados severo y muy severo de erosión, ya que prácticamente no existe capa productiva y los costos de su restablecimiento son muy elevados; la susceptibilidad muy alta a movimientos en masa, implica que los suelos pueden desestabilizarse al ser intervenidos para el cultivo de cebolla de bulbo, y las pendientes superiores al 75 %.

Limitantes para la evaluación del criterio

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones; en cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, esto significa que dentro de la unidad existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

Valor de ponderación del criterio: 1,9 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las variables que conforman este criterio se obtuvieron de los mapas de susceptibilidad a movimientos en masa y de erosión, adelantados por el SGC, y los de erosión elaborados por 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 para cada variable es la siguiente:

Pendiente (%)	Aptitud	Susceptibilidad a movimientos en masa	Aptitud	Erosión actual	Aptitud
≤ 25	A1	Muy baja y baja	A1	No hay o es ligera	A1
> 25 - ≤50	A2	Media	A2	Moderada	A2
> 50 - ≤ 75	A3	Alta y muy alta	A3	Severa y muy severa	N1
> 75	N1				

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio se realiza tomando las tres variables (pendiente, susceptibilidad a movimientos en masa y erosión actual) y comparando los rangos de aptitud entre sí. La calificación de este criterio se realiza por medio de un árbol de decisión.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud radica en el efecto que cada una de las variables hace al favorecimiento de la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva.

Árbol de decisión del criterio

Pendiente (%)	Susceptibilidad a movimientos en masa	Erosión actual	Aptitud
≤ 25	Muy baja y baja	No hay o es ligera	A1
		Moderada	A1
		Severa y muy severa	N1
	Media	No hay o es ligera	A2
		Moderada	A2
		Severa y muy severa	N1
	Alta y muy alta	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
> 25 - ≤ 50	Muy baja y baja	No hay o es ligera	A2
		Moderada	A2
		Severa y muy severa	N1
	Media	No hay o es ligera	A2
		Moderada	A2
		Severa y muy severa	N1
	Alta y muy alta	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
> 50 - ≤ 75	Muy baja y baja	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
	Media	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
	Alta y muy alta	No hay o es ligera	A3
		Moderada	A3
		Severa y muy severa	N1
> 75	Cualquiera	Cualquiera	N1

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

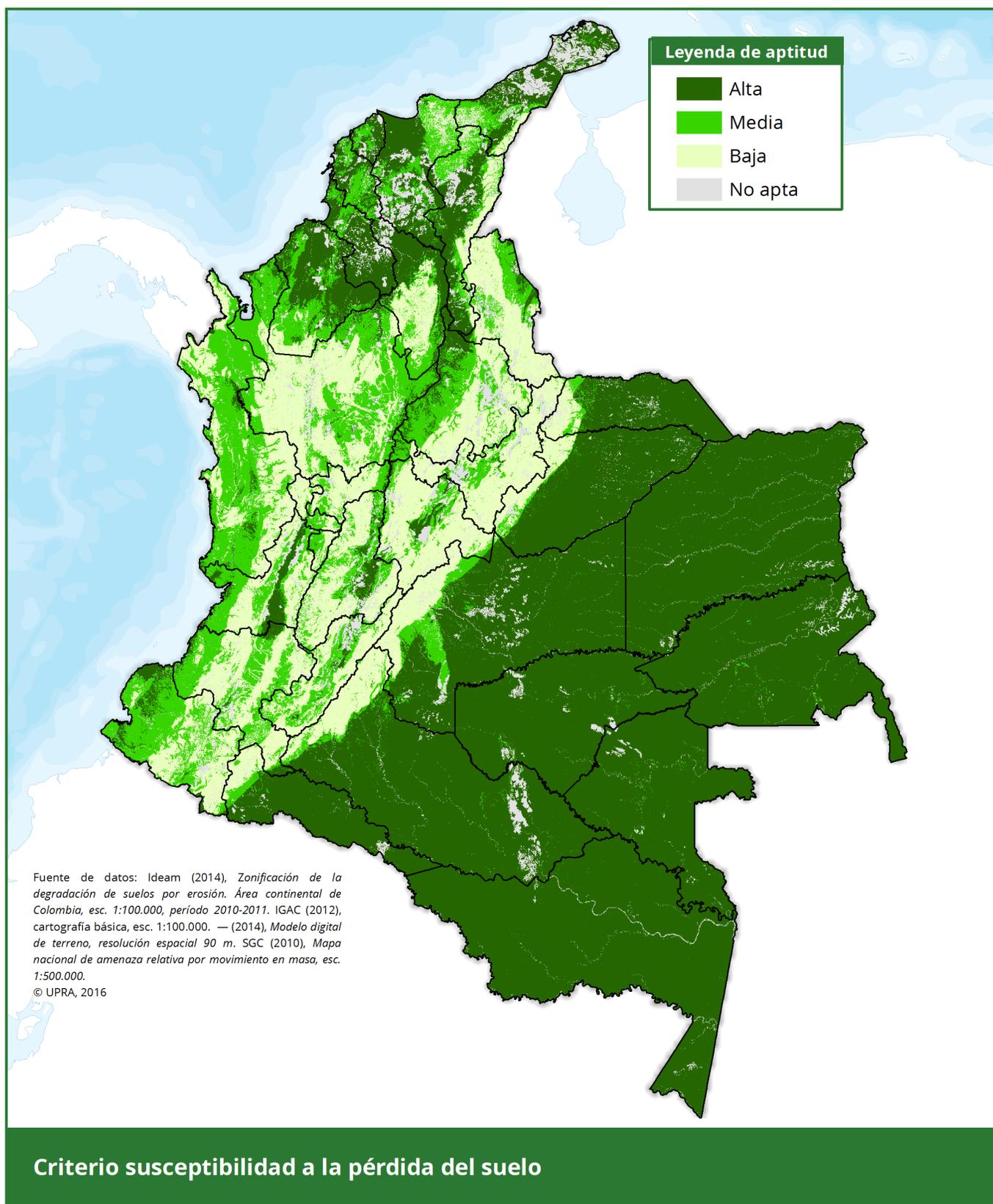
Fuentes de información

- Ideam. (2001). *Mapa de degradación de tierras por erosión*. Documento inédito.
- —. (2014). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: 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*.

- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 metros*.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook n.º 210*. Soil Conservation Service USDA. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*.



Representación cartográfica del criterio



1.2.7.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
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, centesimales o porcentaje; en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal.

El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se manejó de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), para estudios generales de suelos, 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

La pendiente es una variable determinante en la toma de decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo. Este cultivo presenta un desarrollo óptimo hasta del 25 % de pendiente; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, el uso intensivo de maquinaria propicia el movimiento de suelo a favor de la pendiente generando pérdidas de suelo, más aún, cuando no se realizan prácticas culturales de conservación de suelos, durante el ciclo vegetativo del cultivo.

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

Las pendientes mayores del 75 %, se consideran restrictivas (N1) para el cultivo comercial de cebolla de bulbo, debido a que esta clase de pendiente limita el uso intensivo de maquinaria requerida para las labores de labranza, aumentando las probabilidades de erosión, especialmente hídrica por escorrentía, la cual se incrementa notablemente, ya que la inclinación del terreno favorece la velocidad del movimiento de partículas de suelo a favor de la pendiente.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendientes se basó en cálculos y análisis espaciales a partir del SRTM de 90 m y el modelo de elevación. El modelo no da buena aproximación a la realidad del terreno, en particular en pendientes superiores al 50 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos fue automatizado por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 metros (IGAC, 2014). Se usaron los rangos tradicionales utilizados por el IGAC para los estudios de suelos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud, de acuerdo con el efecto en la conservación de los suelos:

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

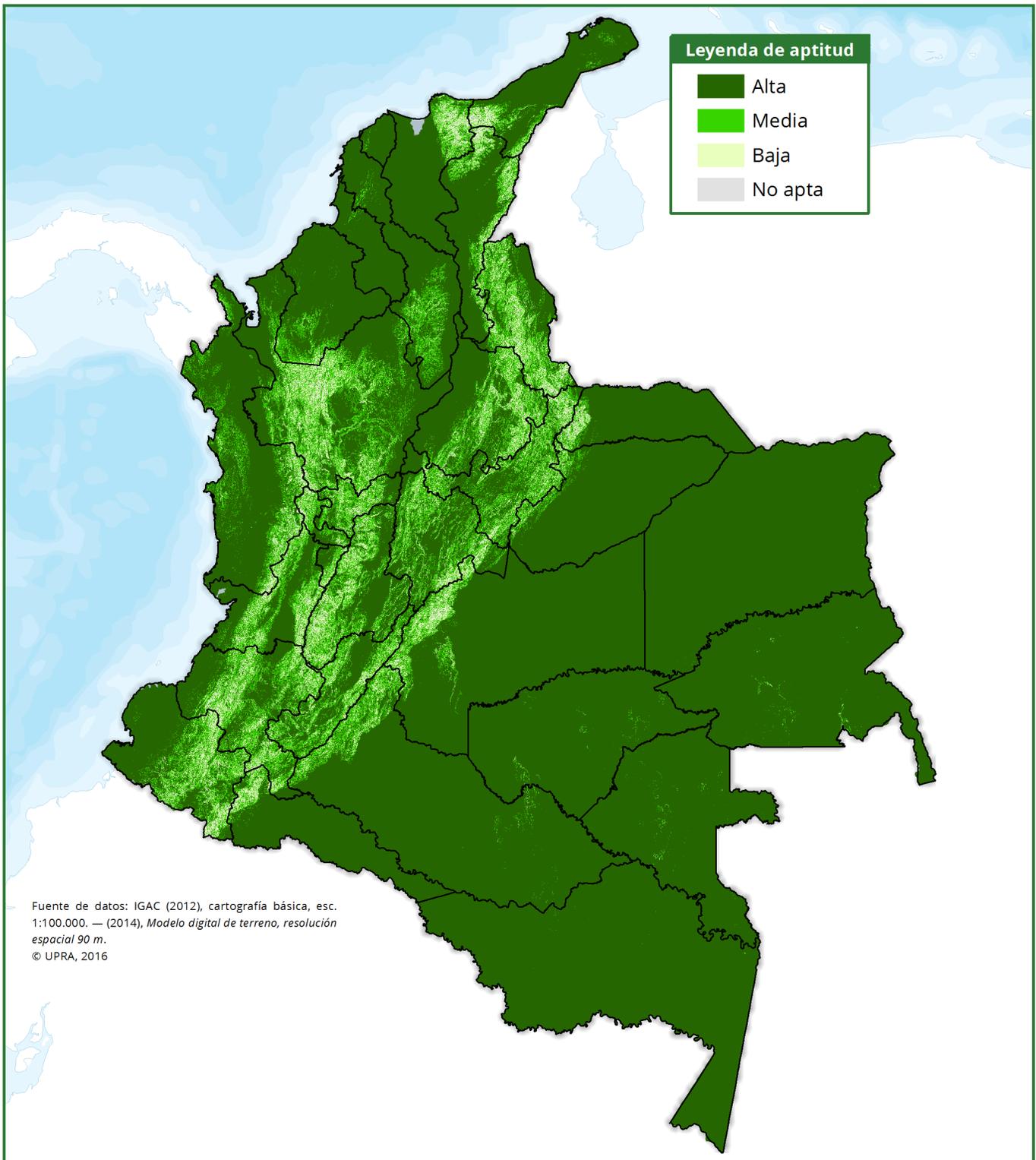
Unidad de análisis

Rangos de pendientes.

Fuentes de información

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.
- —. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- —. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 metros*.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja, atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*.

Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida del suelo

Variable pendiente

1.2.7.2. Variable erosión actual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variable: erosión actual	Unidad de medida: adimensional (grado de erosión)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961).

Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en superficie por los procesos de erosión.

En el siguiente cuadro se presentan las distintas clases y su definición según USDA (2010) y el Ideam (2010):

Grados de erosión

Grado	Descripción
No hay	Pérdidas no significativas de material de suelo
Ligero	Pérdida del 25 % del horizonte superficial
Moderado	Pérdida del 75 % del horizonte superficial
Severo	Pérdida de parte del horizonte B
Muy severo	Pérdida de la totalidad del horizonte B

Importancia de la variable para el cultivo

La variable se traduce en pérdida de superficie productiva, disminución de la productividad del sitio y alteraciones en la calidad de las aguas causadas por los materiales arrastrados por la escorrentía y su posterior sedimentación. Para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo, lo ideal es que no exista erosión o que sea en grado ligero, porque la pérdida del suelo afecta la profundidad efectiva radicular y, por lo tanto, la formación de raíces; también influye en la disponibilidad de nutrientes, la cual afecta el desarrollo vegetativo del cultivo.

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

En el mapa de erosión se excluyeron los rangos de erosión severa y muy severa, como zonas no aptas (N1), debido a que los suelos han perdido la totalidad del horizonte A y parte o la totalidad del B. Esto significa que estas áreas no tienen buenas condiciones químicas ni propiedades físicas para el normal desarrollo del cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Para este mapa se utilizó el mapa de zonificación de línea base de degradación de suelos por erosión a nivel nacional del Ideam a escala 1:100.000 del 2015, que cubre todo el territorio colombiano.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso metodológico para la evaluación de esta variable consistió en la revisión de los requerimientos del cultivo comercial de cebolla de bulbo, en cuanto a estado de los suelos por erosión, la susceptibilidad a la degradación y la conservación de los suelos. Se realizó una revisión de información sobre mapas de erosión del país y se contó con información reciente a escala 1:100.000 de toda la zona continental del país.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Debido a los efectos en el cultivo, los grados de erosión severa y muy severa se definieron como no aptas (N1), erosión moderada con aptitud media (A2) y erosión ligera o sin erosión como aptitud alta (A1).

Rangos de aptitud

Grados de erosión	Aptitud
Sin erosión y ligera	A1
Moderada	A2
Severa y muy severa	N1

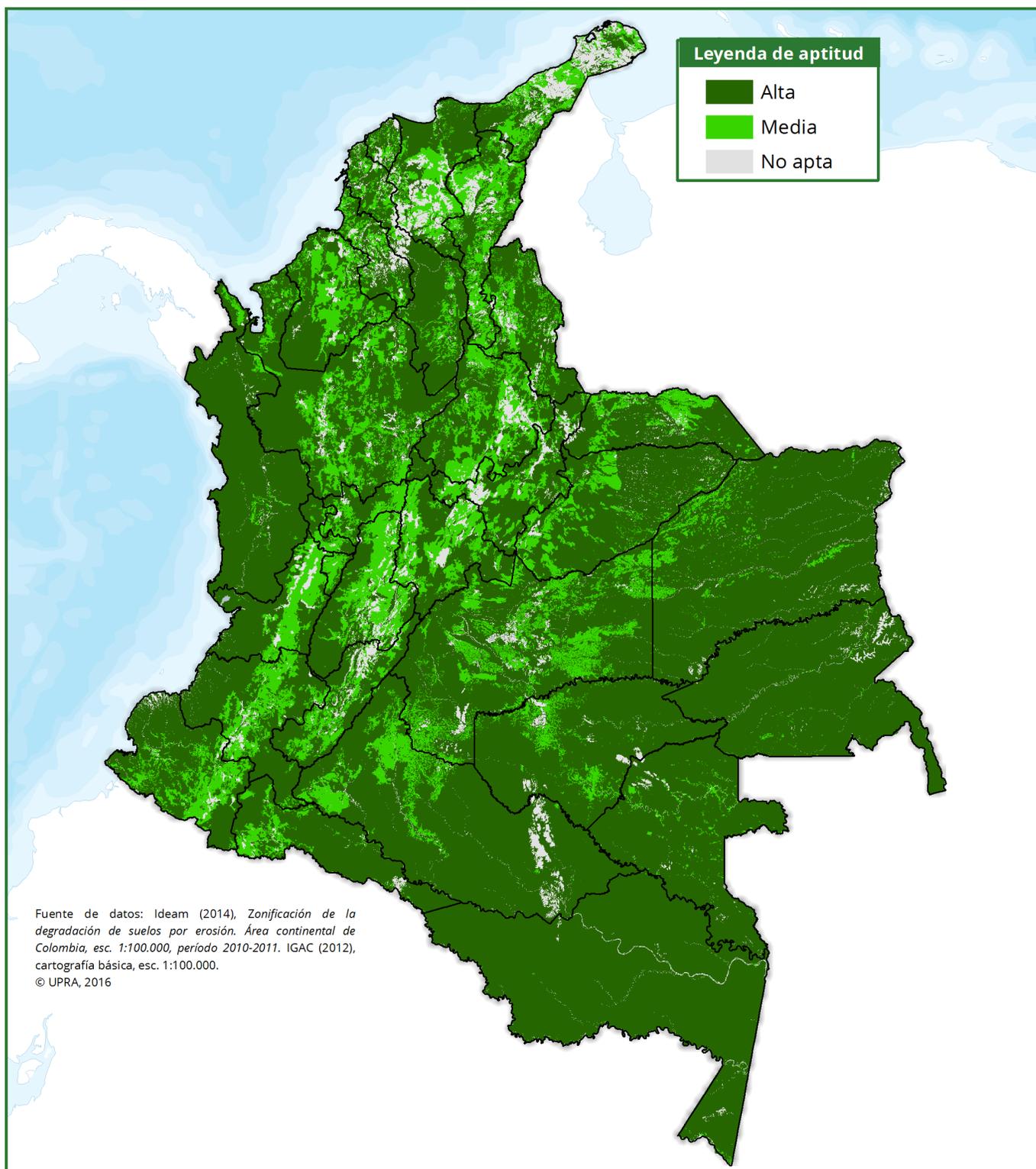
Unidad de análisis

Grados de erosión.

Fuentes de información

- Ideam. (2014). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*.
- -. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210*. Soil Conservation Service USDA. Recuperado de <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf>

Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida del suelo

Variable erosión actual

1.2.7.3. Variable susceptibilidad a movimientos en masa

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: edáfico		
Criterio asociado: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variable: susceptibilidad a movimientos en masa	Unidad de medida: adimensional (grados de susceptibilidad)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Probabilidad de ocurrencia de procesos de movimientos en masa en el terreno. Los deslizamientos son movimientos fuertes de suelo o roca que se mueven, respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de roturas netas, cuando estas superan la resistencia al corte; las masas, generalmente, se desplazan en conjunto y se comportan como una unidad en su recorrido. Los movimientos de ladera o deslizamientos constituyen un riesgo geológico de origen natural o inducido, que debe considerarse a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Los movimientos de ladera o movimientos en masa 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 cebolla de bulbo.

Importancia de la variable para el cultivo

La variable debe ser considerada dentro de la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo por ser un riesgo presente en un área determinada que puede, o no, ocurrir durante la época del desarrollo del cultivo. Debido al uso intensivo del suelo durante todo el proceso, implica que esta susceptibilidad no esté presente, o que sea leve.

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

Por ser una variable de probabilidad solamente se tiene en cuenta la susceptibilidad muy alta como rango de exclusión (N1). Los deslizamientos pueden suceder no solamente por la dinámica actual de la corteza terrestre, sino que pueden ocurrir por efecto de sismos y terremotos, asociados a la tectónica de placas.

Otros factores que podrían incidir en los movimientos en masa ya están considerados indirectamente en las variables de pendiente y erosión actual.

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente para elaborar este mapa es el mapa nacional integrado de amenaza relativa por movimiento en masa a escala 1:100.000, realizado por el Servicio Geológico Colombiano (2015) con la colaboración de cinco universidades.

Metodología de procesamiento de la información

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa fue generado por el 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 1:100.000; para efectos del proyecto, la información se usó conforme su origen, es decir, sin ninguna modificación.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

Susceptibilidad a movimientos en masa	Aptitud
Susceptibilidad baja y muy baja	A1
Susceptibilidad media	A2
Susceptibilidad alta y muy alta	A3

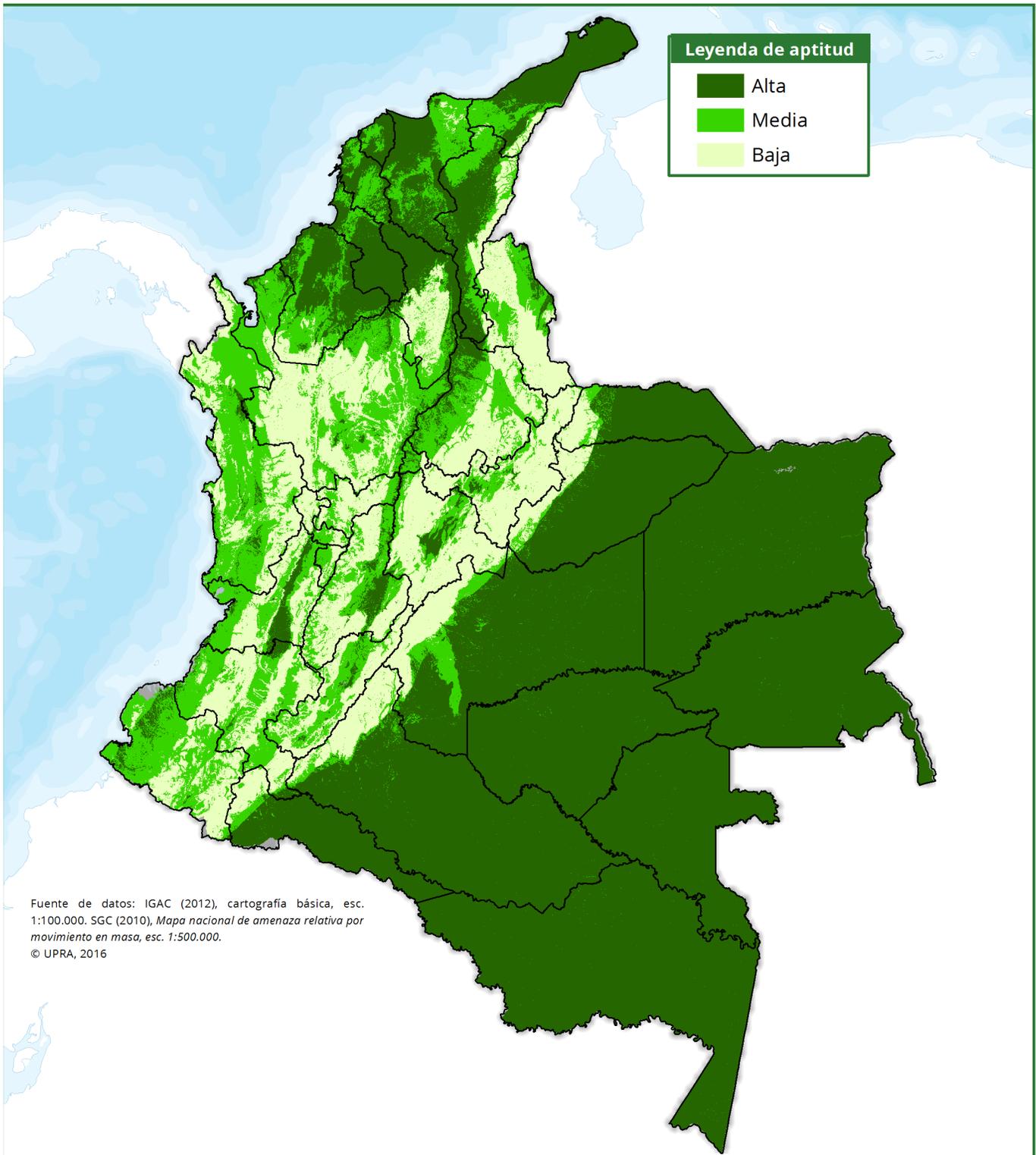
Unidad de análisis

Áreas susceptibles a movimientos en masa.

Fuentes de información

- Ayala, F. (1987). *Manual de taludes* (Serie Geotecnia). Madrid: IGME.
- Ideam y SGC. (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2.^a ed.). (H. Villota, ed.) Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio susceptibilidad a la pérdida del suelo
Variable susceptibilidad a movimientos en masa

1.3. Subcomponente fitosanitario

1.3.1. Criterio riesgo fitosanitario

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario		
Criterio: riesgo fitosanitario		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>P. destructor</i> asociada a temperatura y precipitación, expresada en grados centígrados (°C) y mm/semestre. • <i>A. porri</i> asociada a temperatura, precipitación y humedad relativa, expresada en grados centígrados (°C), mm/semestre y porcentaje (%). • <i>S. cepivorum</i> asociada a temperatura y humedad relativa, expresada en grados centígrados (°C) y porcentaje (%). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Conjunto de las principales condiciones climáticas (temperatura, precipitación y humedad relativa) que explican el riesgo de inoculación, infección, propagación y daños causados por *P. destructor*, *A. porri* y *S. cepivorum*.

Importancia del criterio

El cultivo de cebolla de bulbo presenta tres enfermedades asociadas al ambiente, las cuales son de importancia económica debido a su alta incidencia y severidad, que impactan en el desarrollo de la actividad productiva.

En las zonas donde se desarrolla la explotación comercial del cultivo de cebolla de bulbo se presentan condiciones ambientales que aumentan el riesgo de desarrollo de estos agentes fitopatógenos; *P. destructor*, *A. porri* y *S. cepivorum* son los riesgos priorizados por la UPRA por ser los más limitantes, recurrentes e incidentes a nivel nacional, con altos costos para su control y que permiten su representación cartográfica.

A mayor riesgo fitosanitario para cualquier enfermedad, la aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo será menor, en tanto que, a menor riesgo fitosanitario, la aptitud del cultivo es más alta dado que el productor tendrá una condición de baja incidencia, severidad y ataque, con beneficios en términos de mejor productividad, competitividad y sostenibilidad.

Por lo anterior, determinar zonas con diferentes niveles de riesgo de aparición y desarrollo de estos organismos fitopatógenos y relacionarlos con las condiciones ambientales que influyen directamente sobre su

ciclo biológico y desarrollo permite contemplar diferentes escenarios productivos, así como de medidas de mitigación y manejo que pueden ser establecidos para cada zona de acuerdo con el nivel de riesgo.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los organismos fitopatógenos responden a diferentes estímulos o condiciones los cuales hacen que su aparición y desarrollo biológico no esté enmarcado dentro de unas condiciones estrictas o constantes. A lo largo de ciertos periodos de tiempo, las adaptaciones que presentan algunas especies fitopatógenas a condiciones climáticas pueden variar, debido a esto, solo se puede generar información sobre procesos epidemiológicos dentro de un contexto de riesgo de aparición, desarrollo y daños.

El principal limitante del criterio evaluado es la consecución de información epidemiológica de las plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cebolla de bulbo con seriales históricos recientes de clima a nivel nacional. Igualmente, la dinámica de estas 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

El criterio se construyó con base en los tres elementos limitantes fitosanitarios (*P. destructor*, *A. porri* y *S. cepivorum*), relacionados con condiciones climáticas (temperatura, precipitación semestral y humedad relativa), que afectan la inoculación, aparición, dispersión, desarrollo y daños en el cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Los rangos de las variables para representar el comportamiento de los limitantes priorizados fueron establecidas de acuerdo con la discusión técnica realizada por parte del grupo del componente físico y revisión bibliográfica, así como la validación con profesionales vinculados a entidades consultadas, expertos independientes y con productores de cebolla de bulbo.

Cada variable tiene igual ponderación dentro del criterio, a través de la metodología establecida por la UPRA y el concepto técnico de los especialistas del componente fitosanitario de la entidad.

Se obtuvieron dos mapas de aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo: uno para el primer semestre y otro para el segundo semestre, dadas las diferencias existentes en el análisis espacial de la precipitación por semestre.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

No hay rango o valores de exclusión técnica (N1) porque las enfermedades presentan un manejo agronómico, incluso en condiciones

de baja aptitud para el cultivo. El criterio está explicado a través de tres variables, así:

Temperatura y precipitación asociadas al riesgo de *P. destructor* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	≥ 20	≤ 8	> 8 - < 20
Precipitación	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 750	> 750

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de *P. destructor* es muy baja. Inicialmente, solo requieren labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud alta (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *P. destructor*. Son zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *P. destructor*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante sanitario.

Temperatura, precipitación y humedad relativa asociadas al riesgo de *A. porri* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	Aptitud		
		A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 20	> 20
Precipitación	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 750	> 750
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de *A. porri*. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de esta enfermedad es muy baja.

Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *A. porri*. Son zonas que presentan aptitud moderada cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *A. porri*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante sanitario.

Temperatura y humedad relativa asociadas al riesgo de *S. cepivorum* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	Aptitud		
		A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 20	> 20
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de *S. cepivorum*. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de la enfermedad es muy baja. Inicialmente, solo requieren labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

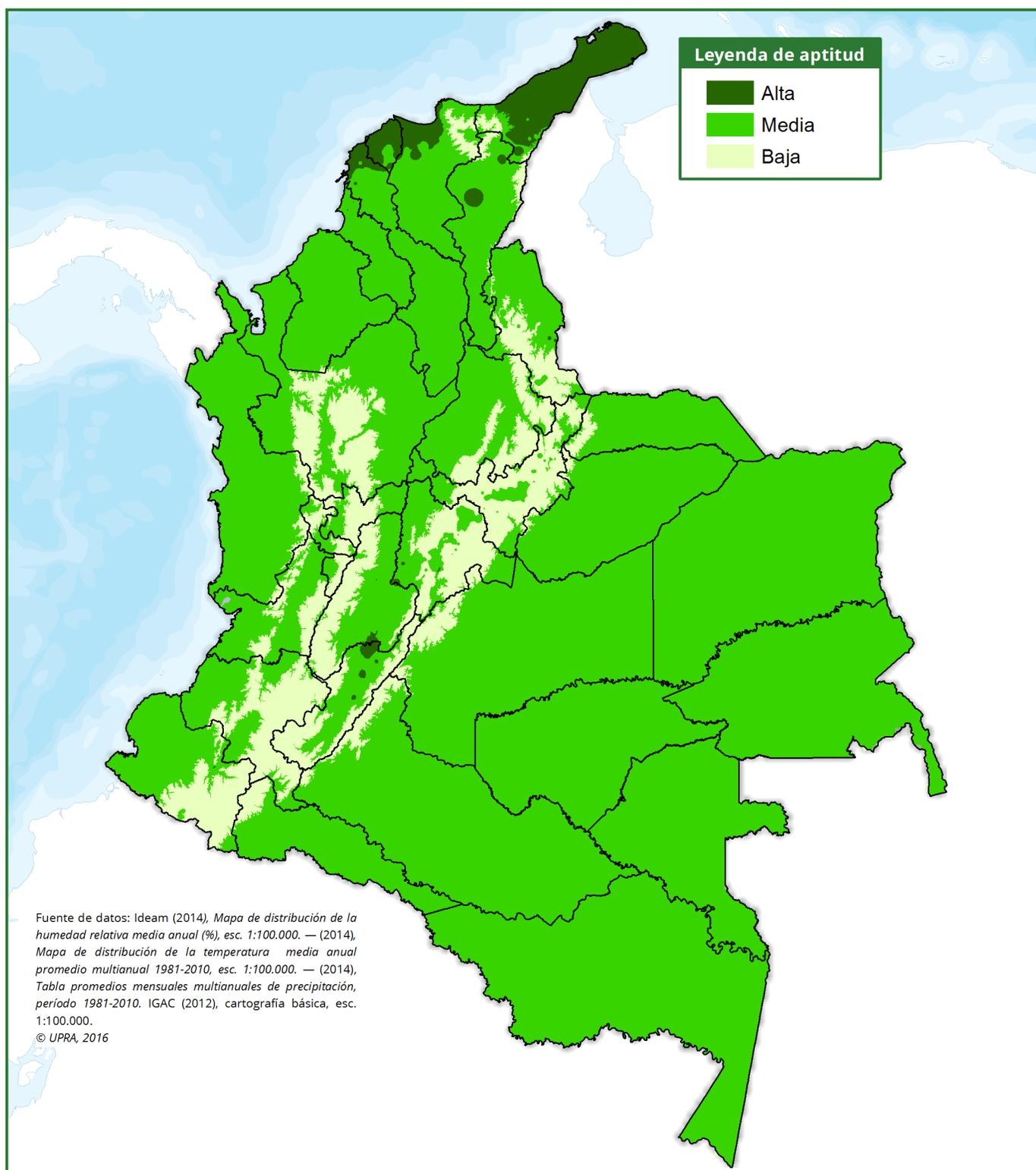
Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *S. cepivorum*. Son zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *S. cepivorum*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante fitosanitario.

Fuentes de información

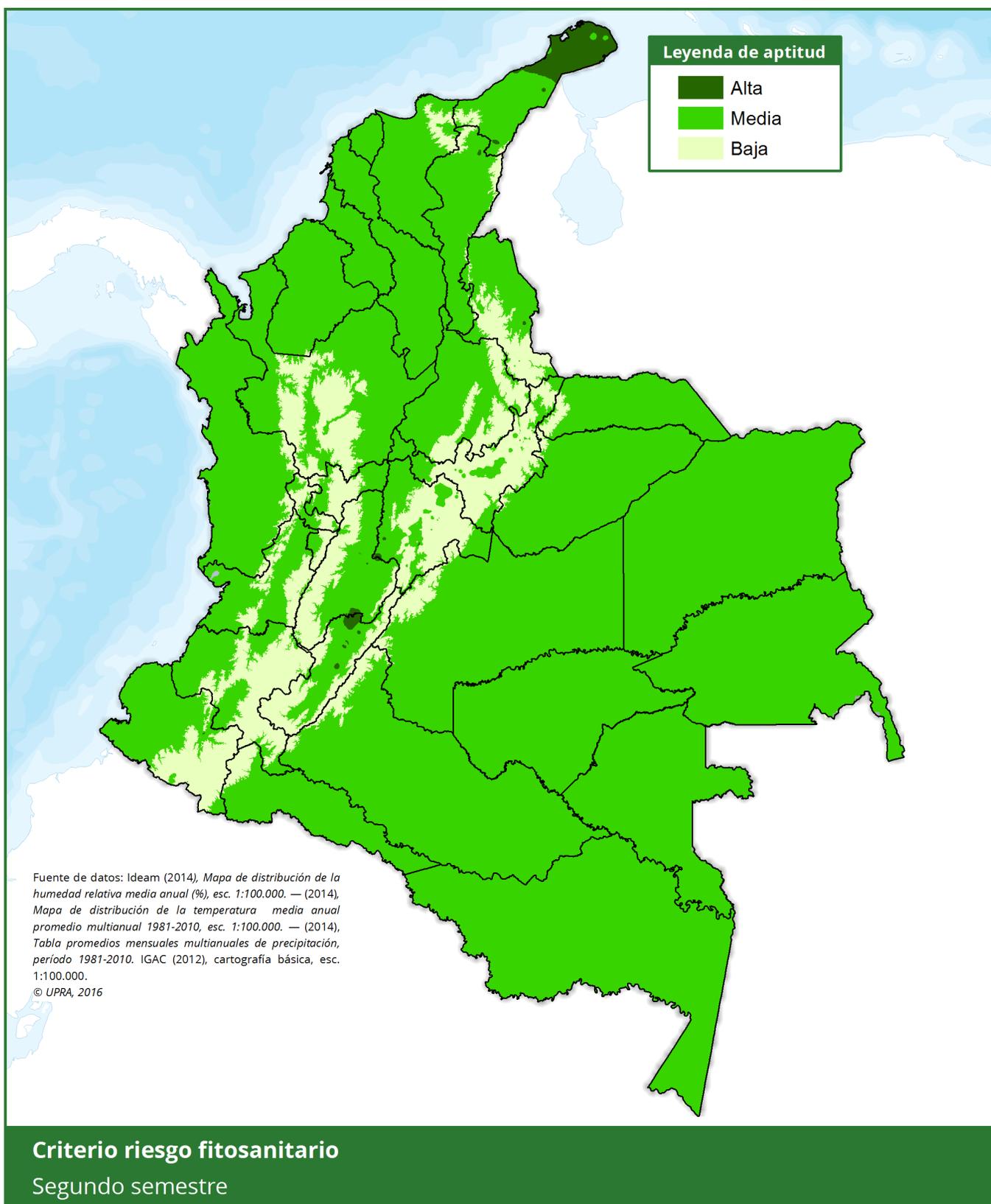
- Ideam. (2014a). *Isolíneas de humedad relativa media anual de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014b). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*.
- —. (2014c). *Mapa de distribución de la precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*.

Representación cartográfica del criterio



Criterio riesgo fitosanitario

Primer semestre



1.3.1.1. P. destructor asociada a temperatura y precipitación

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: <i>P. destructor</i> asociada a temperatura y precipitación, expresada en grados centígrados (°C) y mm/semestre		Unidad de medida: adimensional (grados de susceptibilidad)
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Influencia de la temperatura media anual y de la precipitación en la inoculación, infección, propagación y daños causados por *P. destructor*.

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura y la precipitación semestral permiten explicar el riesgo de *P. destructor* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo. En general, la combinación de alta temperatura y baja precipitación son desfavorables para el patógeno.

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

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo, para *P. destructor* en relación con la temperatura y la precipitación semestral, presentan los siguientes rangos:

Temperatura y precipitación asociadas al riesgo de *P. destructor* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	≥ 20	≤ 8	> 8 - < 20
Precipitación semestral	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 750	> 750

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de *P. destructor* es muy baja. Inicialmente, solo requieren labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *P. destructor*. Son zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *P. destructor*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante sanitario.

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica y de precipitación de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo abarca hasta el 2010. En consecuencia, el análisis espacial no refleja la condición térmica ni pluviométrica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: la información utilizada de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014) y del mapa de isoyetas semestrales elaborado por UPRA, haciendo uso de la base de datos de lluvia del Ideam (2015), ambas a escala 1:100.000, basadas en una serie histórica de 1971 al 2010.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos de temperatura y precipitación establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, y referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Undad de análisis

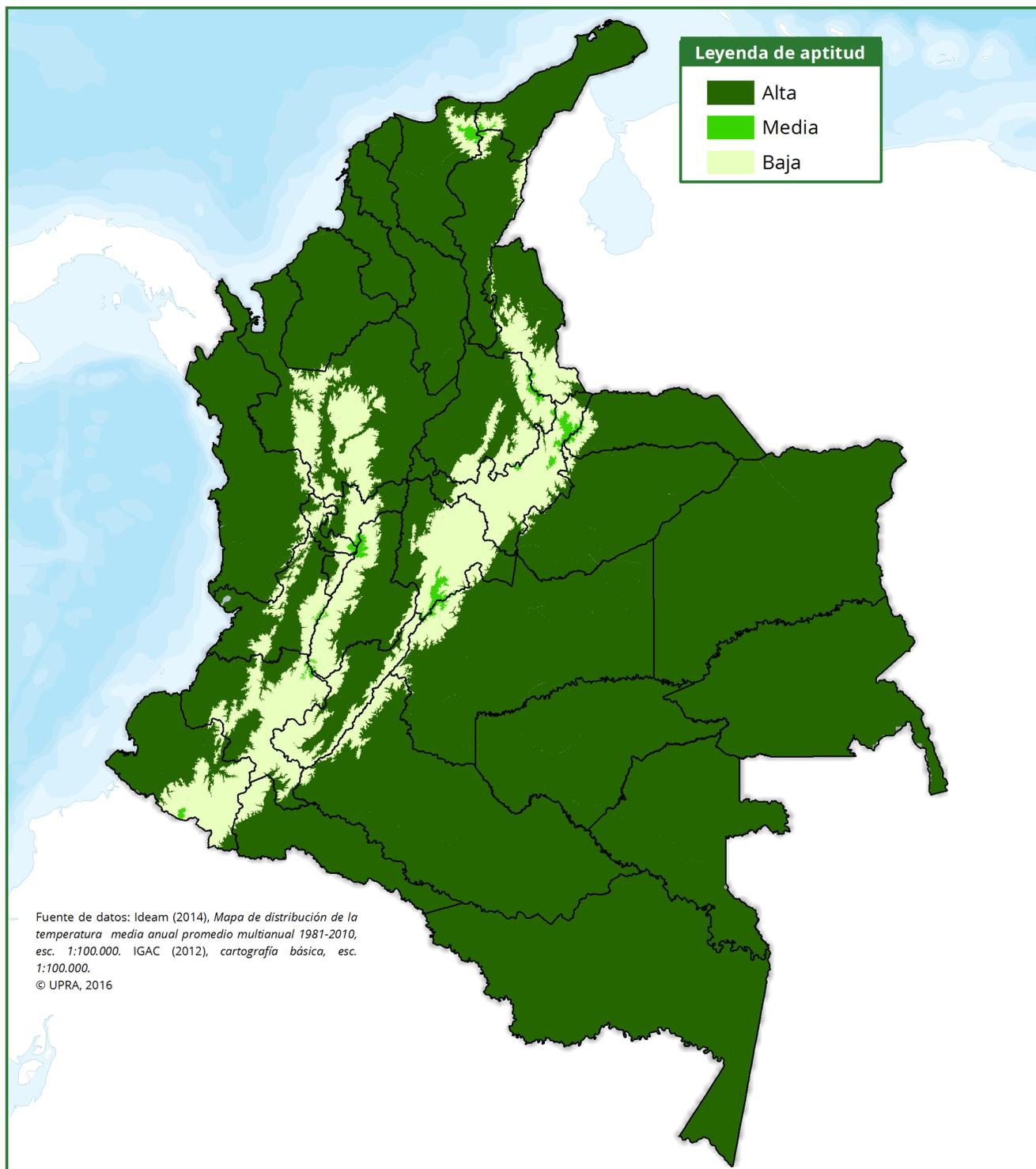
Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta (A1): riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, sin restricciones para el desarrollo de *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo. Aptitud media (A2): riesgo fitosanitario medio para el cultivo con restricciones moderadas para *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo, y aptitud baja (A3): riesgo fitosanitario alto para el cultivo dadas las condiciones ideales de temperatura y precipitación para *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo. La aptitud para el cultivo es inversa a la aptitud de la enfermedad, es decir, a mayor riesgo fitosanitario menor aptitud para el cultivo de cebolla de bulbo.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable

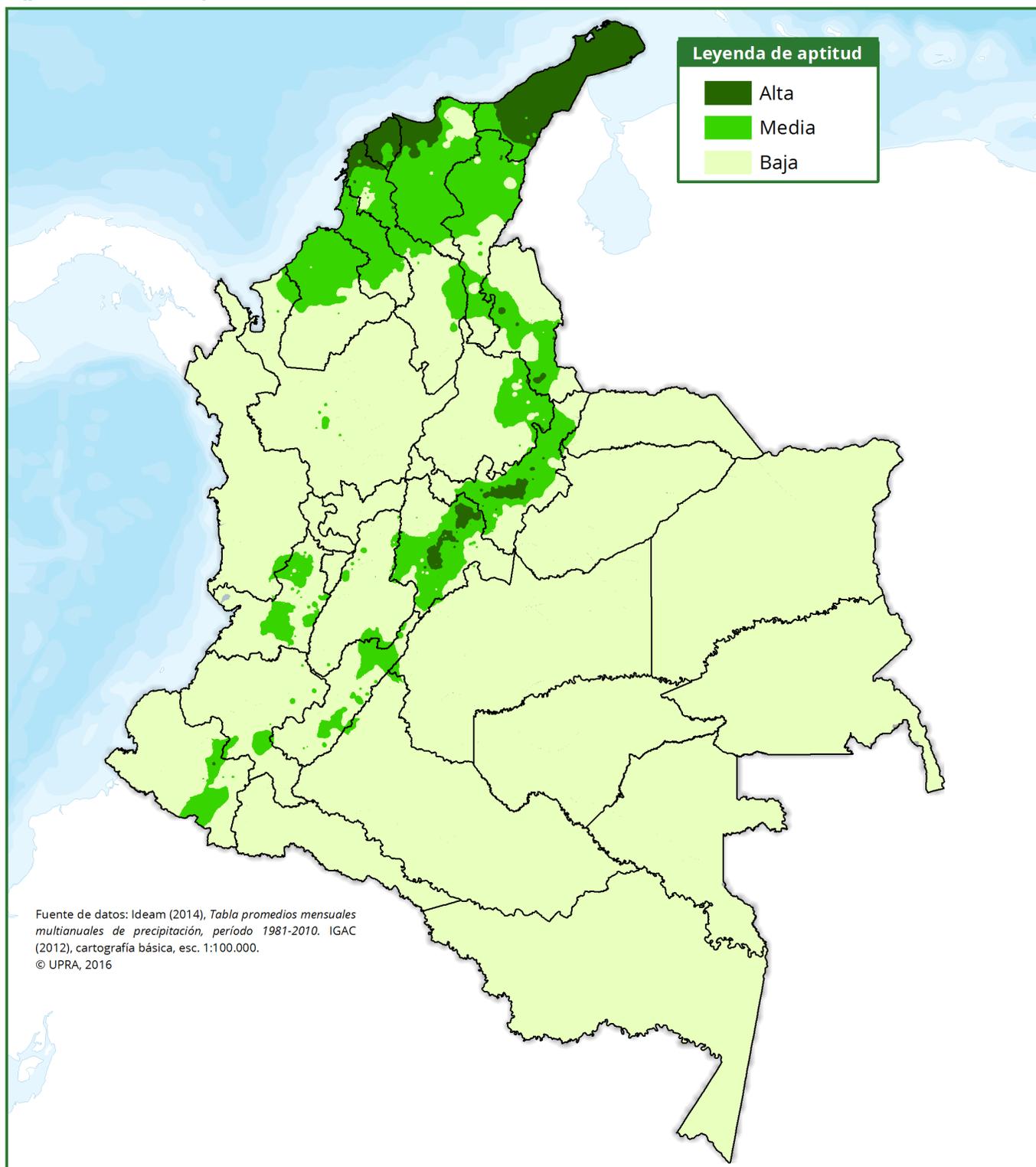
Variable *P. destructor* asociada a temperatura



Criterio riesgo fitosanitario

Variable *P. destructor* asociada a temperatura

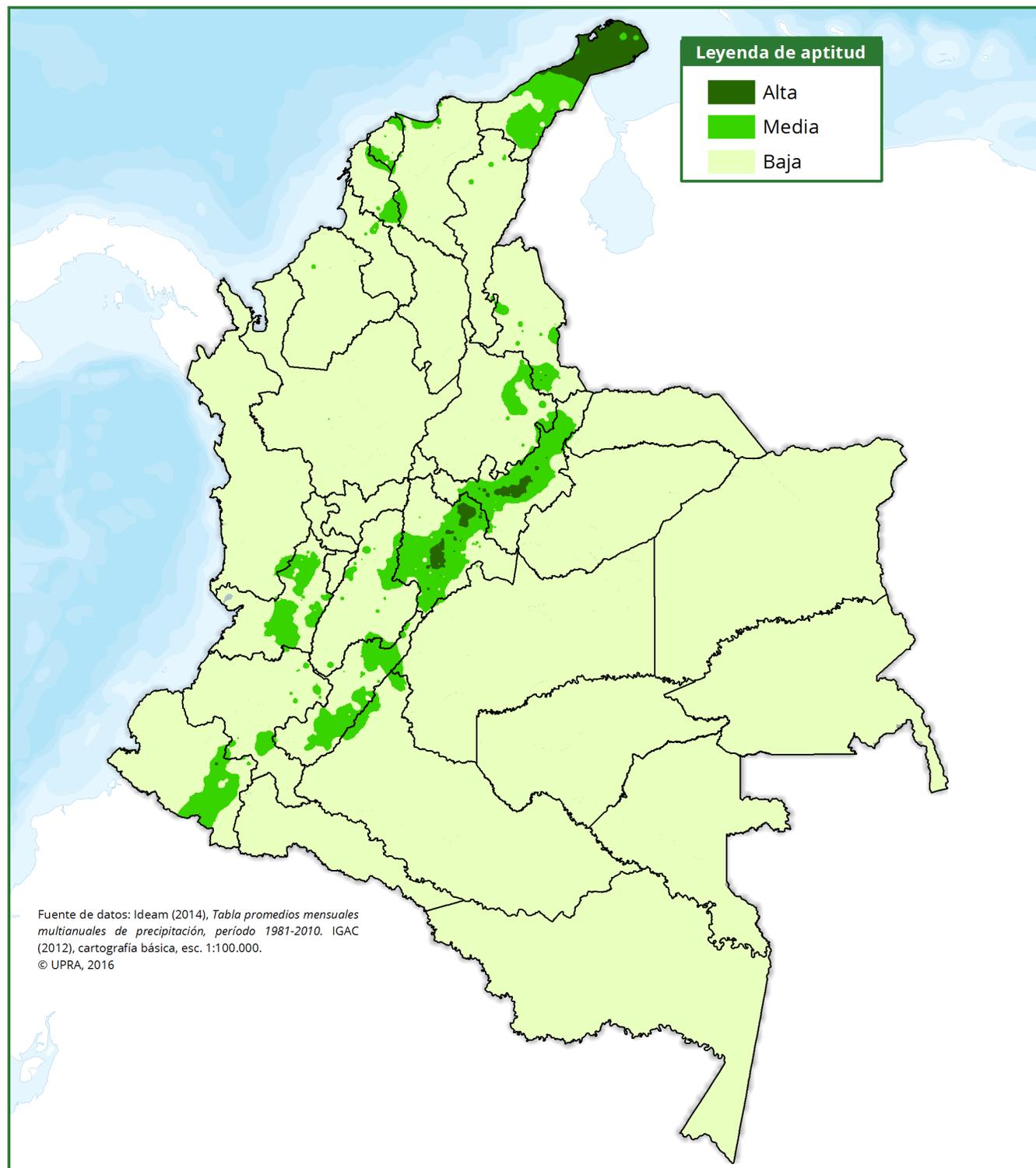
**Variable *P. destructor* asociada a precipitación
(primer semestre)**



Criterio riesgo fitosanitario

Variable *P. destructor* asociada a precipitación (primer semestre)

Variable *P. destructor* asociada a precipitación (segundo semestre)



Criterio riesgo fitosanitario

Variable *P. destructor* asociada a precipitación (segundo semestre)

1.3.1.2. A. porri asociada a temperatura, precipitación y humedad relativa

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: A. porri asociada a temperatura, precipitación y humedad relativa		Unidad de medida: °C, mm/semestre y porcentaje (%)
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Influencia de la temperatura media anual, de la precipitación y de la humedad relativa en la inoculación, infección, propagación y daños causados por *A. porri*.

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura, la precipitación semestral y la humedad relativa permiten explicar el riesgo de *A. porri* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo. En general, la combinación de altas temperaturas, precipitación y humedad relativa son favorables para el patógeno.

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

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo, para *A. porri* en relación con la temperatura, la precipitación semestral y la humedad relativa presentan los siguientes rangos:

Temperatura, precipitación y humedad relativa asociadas al riesgo de *A. porri* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 20	> 20
Precipitación	mm/semestre	< 400	≥ 400 - ≤ 750	> 750
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de *A. porri* es muy baja. Inicialmente, solo requieren labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *A. porri*. Son zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo *A. porri*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante sanitario.

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica, pluviométrica y de humedad relativa de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo abarca hasta el 2010. En consecuencia, el análisis espacial no refleja la condición térmica, pluviométrica, ni de humedad relativa actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: la información utilizada de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014); del mapa de isoyetas semestrales elaborado por UPRA, haciendo uso de la base de datos de lluvia del Ideam (2015), basada en una serie histórica de 1971 al 2010, y del mapa de humedad relativa promedio multianual generado por el Ideam (2010), todos a escala 1:100.000.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos de temperatura, precipitación y humedad relativa establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, y referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

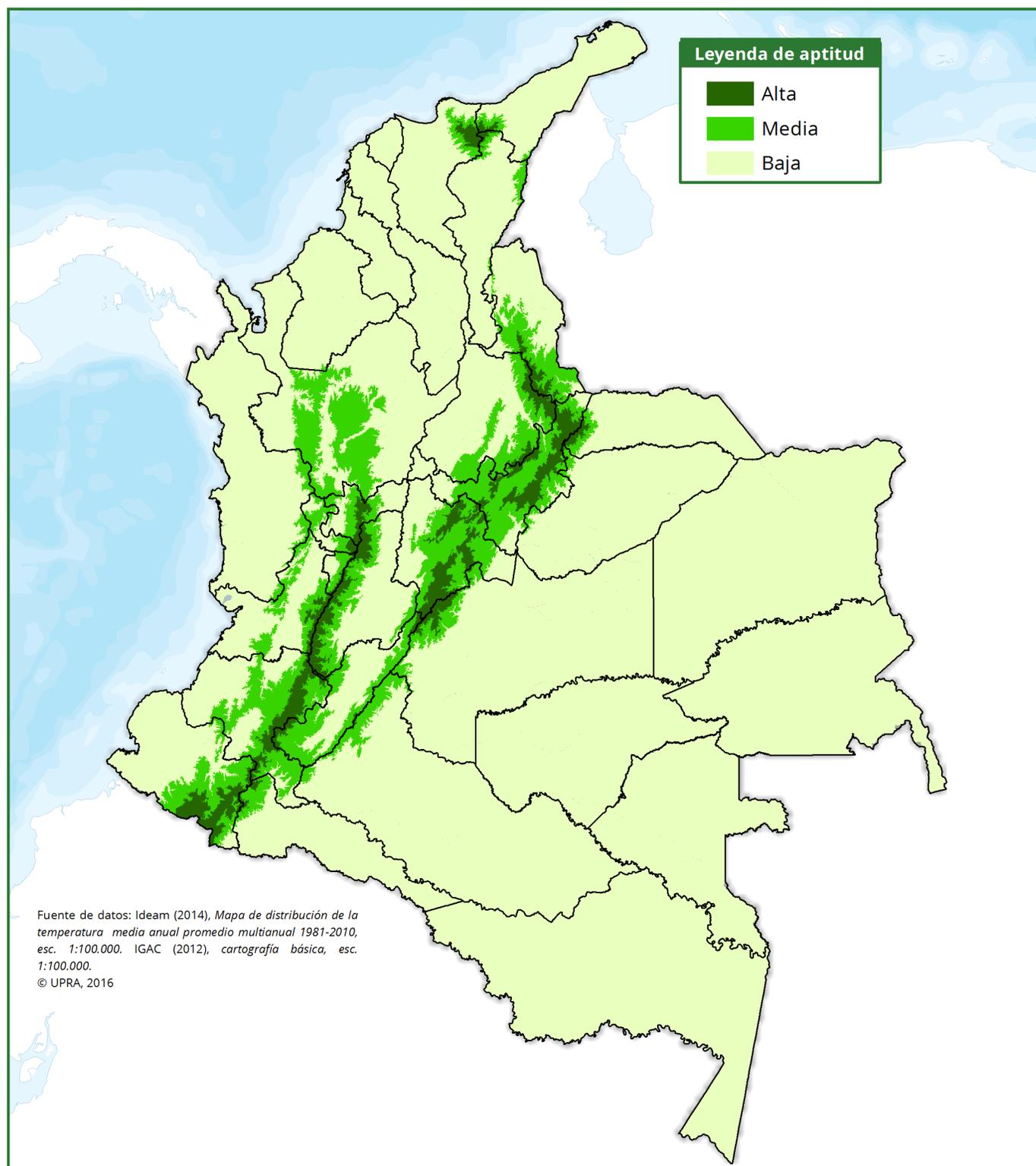
Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta (A1): riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, sin restricciones climáticas para el desarrollo de *A. porri* en el cultivo de cebolla de bulbo. Aptitud media (A2): riesgo fitosanitario medio para el cultivo con restricciones moderadas de clima para *A. porri* en el cultivo de cebolla de bulbo, y aptitud baja (A3): riesgo fitosanitario alto para el cultivo de cebolla de bulbo dadas las condiciones ideales de temperatura, precipitación y humedad relativa para *A. porri*. La aptitud para el cultivo es inversa a la aptitud de la enfermedad, es decir, a mayor riesgo fitosanitario menor aptitud para el cultivo de cebolla de bulbo.

Fuentes de información

- Ideam. (2014a). *Isolíneas de humedad relativa media anual de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014b). *Mapa de distribución de la precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000*.
- —. (2014c). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



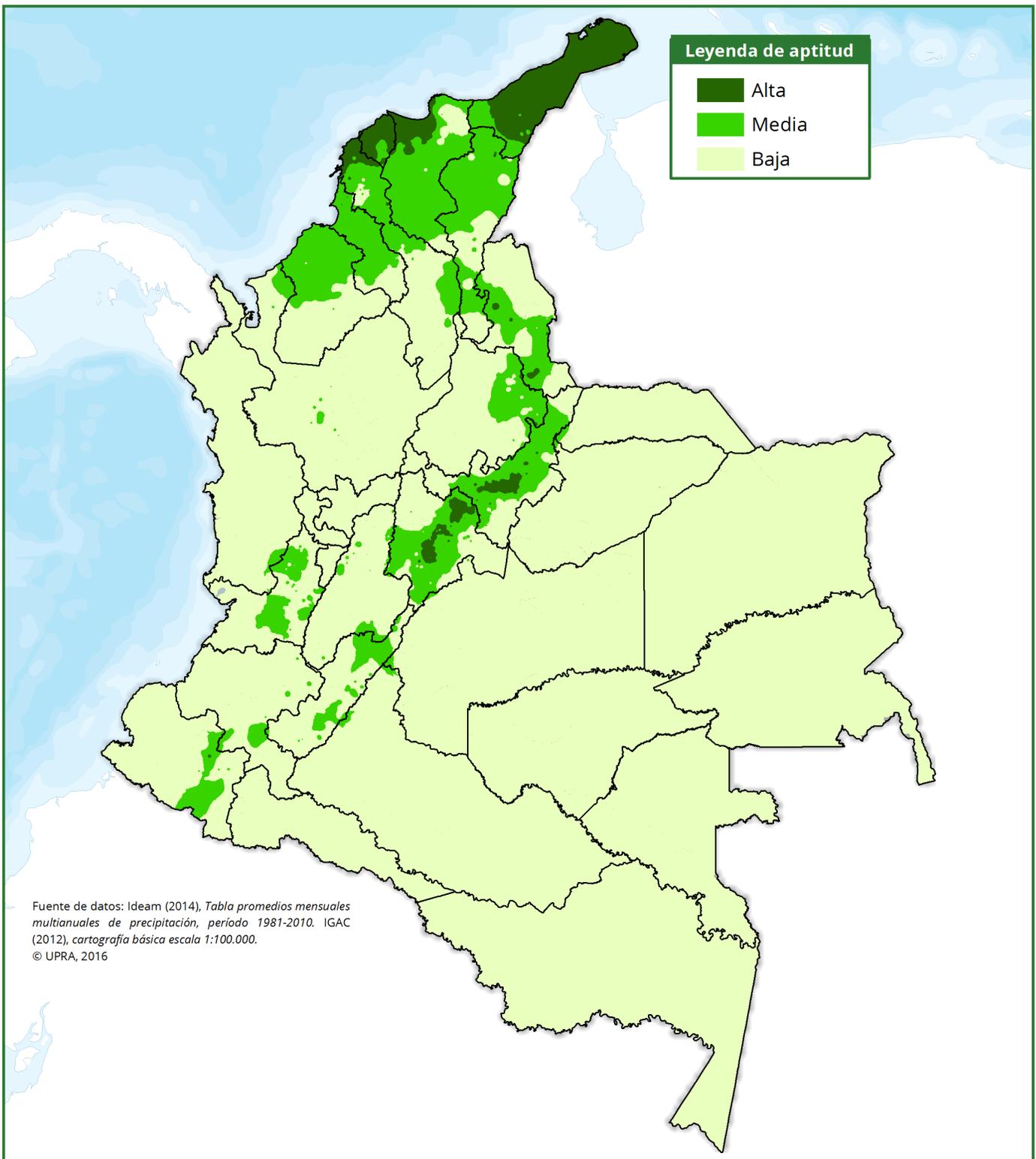
Representación cartográfica de la variable

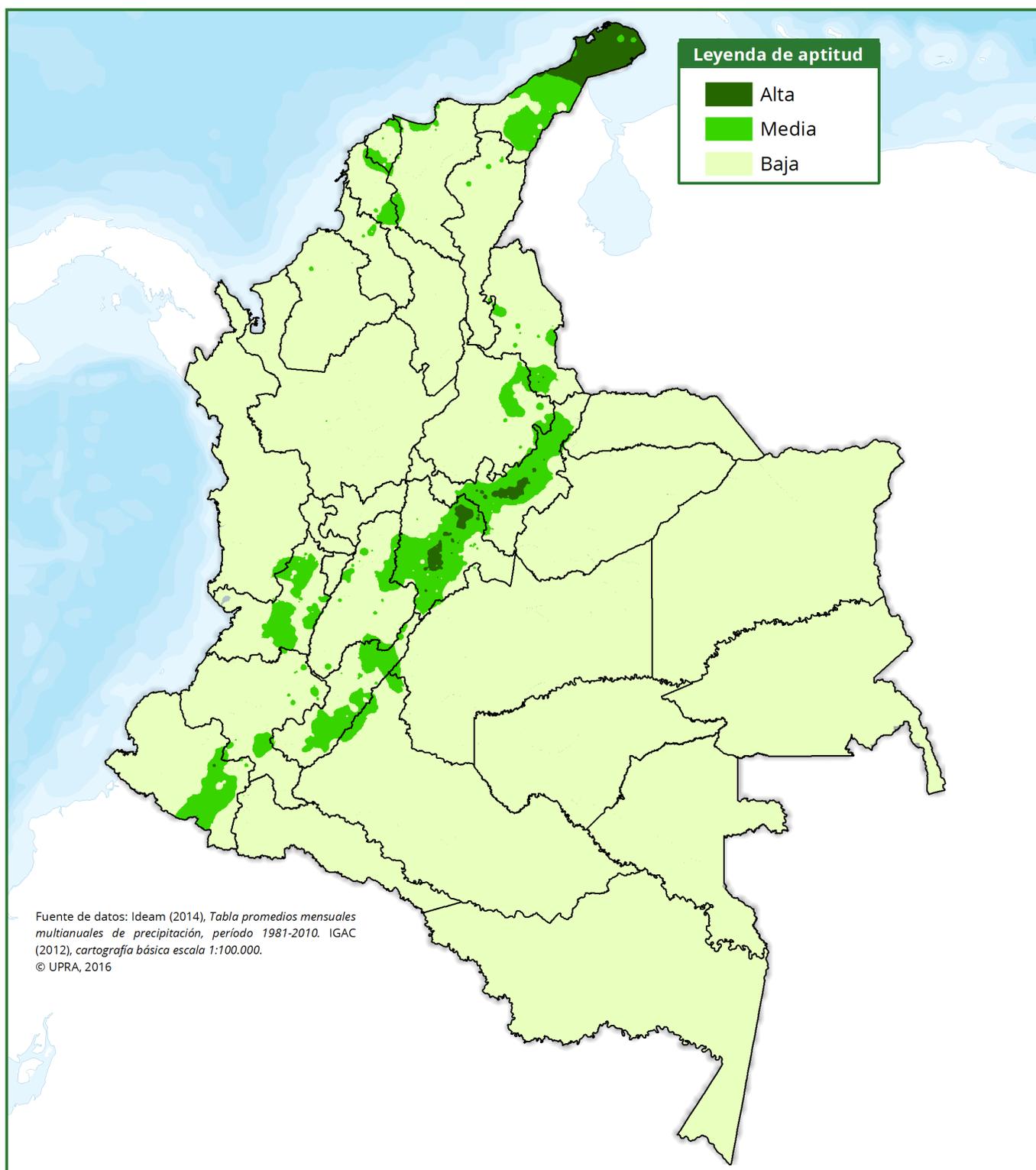


Criterio riesgo fitosanitario

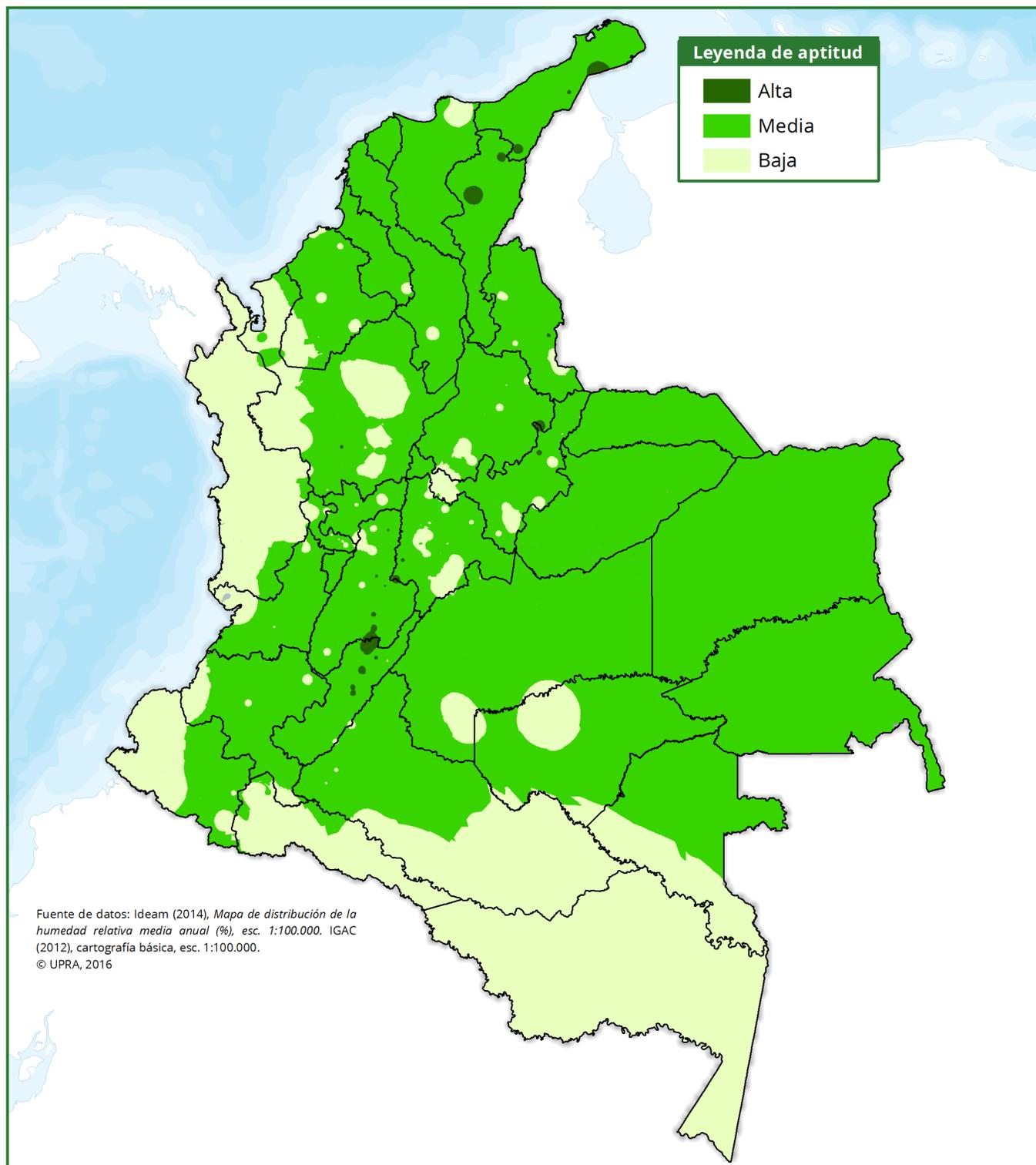
Variable *A. porri* asociada a temperatura

Variable *A. porri* asociada a precipitación (primer semestre)



Variable *A. porri* asociada a precipitación (segundo semestre)**Criterio riesgo fitosanitario**Variable *A. porri* asociada a precipitación (segundo semestre)

Variable *A. porri* asociada a humedad relativa



Criterio riesgo fitosanitario

Variable *A. porri* asociada a humedad relativa

1.3.1.3. *S. cepivorum* asociada a temperatura y humedad relativa

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: <i>S. cepivorum</i> asociada a temperatura y humedad relativa	Unidad de medida: °C y porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

S. cepivorum asociada a temperatura y humedad relativa: influencia de la temperatura media anual y de la humedad relativa en la inoculación, infección, propagación y daños causados por *S. cepivorum*.

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura y la humedad relativa permiten explicar el riesgo de *S. cepivorum* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo. En general, la combinación de alta temperatura y alta humedad relativa son favorables para el patógeno.

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

Los valores establecidos para la zonificación del cultivo de cebolla de bulbo, para *S. cepivorum* en relación con la temperatura y la humedad relativa presentan los siguientes rangos:

Temperatura y humedad relativa asociadas al riesgo de *S. cepivorum* en el cultivo comercial de cebolla de bulbo

Subvariable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 20	> 20
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad. Son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de cebolla de bulbo, puesto que la probabilidad de aparición de *S. cepivorum* es muy baja. Inicialmente, solo requieren labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *S. cepivorum*. Son zonas que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de cebolla de bulbo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo *S. cepivorum*. Son zonas que presentan aptitud baja para el cultivo de cebolla de bulbo, debido a la alta probabilidad de desarrollo de este limitante sanitario.

Limitantes de la evaluación de la variable

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica y de humedad relativa de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo abarca hasta el 2010. En consecuencia, el análisis espacial no refleja la condición térmica ni de humedad relativa actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: la información utilizada de base para las unidades térmicas se tomó del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014) y del mapa de humedad relativa promedio multianual generado por el Ideam (2010), todos a escala 1:100.000.

Tratamiento de la información: se realizó un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos de temperatura y humedad relativa establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, y referentes bibliográficos, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

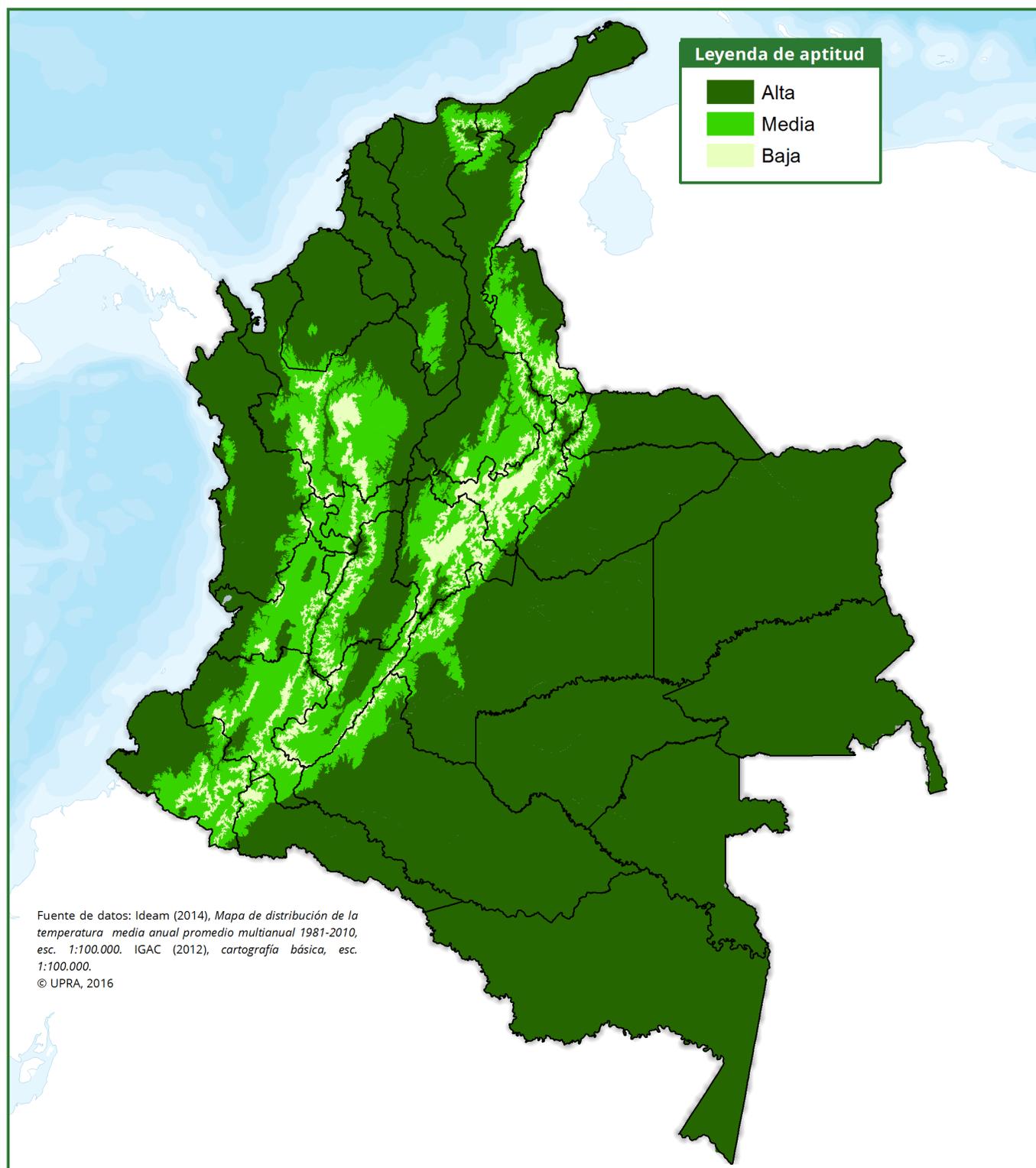
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta (A1): riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, sin restricciones de temperatura y humedad relativa para el desarrollo de *S. cepivorum* en el cultivo de cebolla de bulbo. Aptitud media (A2): riesgo fitosanitario medio para el cultivo con restricciones moderadas de clima para *S. cepivorum* en el cultivo de cebolla de bulbo, y aptitud baja (A3): riesgo fitosanitario alto para el cultivo de cebolla de bulbo dadas las condiciones ideales de temperatura y humedad relativa para *S. cepivorum*. La aptitud para el cultivo es inversa a la aptitud de la enfermedad, es decir, a mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo de cebolla de bulbo.

Fuentes de información

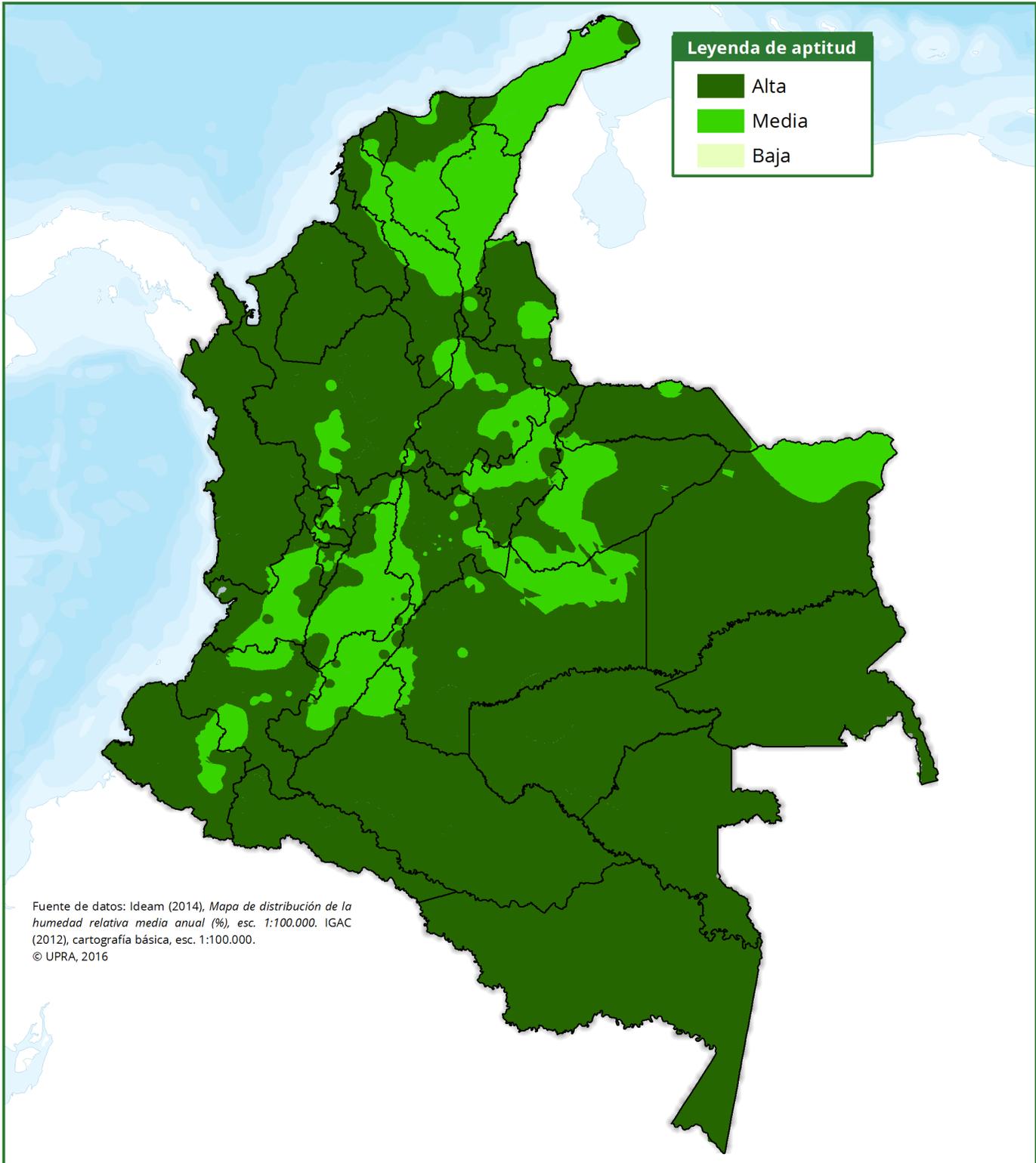
- Ideam. (2014). *Isolíneas de humedad relativa media anual de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio riesgo fitosanitario

Variable *S. cepivorum* asociada a temperatura



Criterio riesgo fitosanitario
Variable *S. cepivorum* asociada a humedad relativa

2. CRITERIOS Y VARIABLES DEL COMPONENTE SOCIOECOSISTÉMICO

2.1. Criterio cambio de cobertura

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: Socioecosistémico		
Criterio: Cambio de cobertura		
Variables asociadas al criterio		
El cambio de la cobertura es un criterio conformado por una sola variable: cobertura de la tierra, cuya unidad de medida es la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivo de cebolla de bulbo.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para el establecimiento de cultivo de cebolla de bulbo, 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
- 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 (Lambin y Geist, 2006; Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas, son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Importancia del criterio

A través de este criterio es posible identificar áreas con vegetación natural, sujetas a exclusiones, y áreas transformadas, donde es

favorable establecer el cultivo comercial de cebolla de bulbo con una visión integral del territorio. Asimismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, con el fin de identificar las zonas de menor impacto socioecosistémico, como producto de cambio para el establecimiento del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Las coberturas naturales y seminaturales existentes presentan valores de exclusión. Sin embargo, se estableció que los herbazales densos de tierra firme, la vegetación secundaria baja y las zonas quemadas en algunos casos puntuales no son totalmente excluyentes y como excepción pueden ser áreas aptas, caso de la altillanura.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó esta variable. En primer lugar, debe hacerse referencia a la *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*, que, aunque permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera, Castaños, Escudero, González y Monteagudo, 2009).

Valor de ponderación del criterio: 1,6%

Metodología de evaluación

El criterio se construyó a partir de la reclasificación de la *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*, la cual proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010).

Para la construcción de este criterio se empleó la información referente a biomas desarrollada en el *Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia* (Ideam et al., 2015), con cuyo análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan.

Mediante este ejercicio fue posible reclasificar cada una de las unidades de la cobertura de la tierra y asignar un grado de aptitud (A1, A2, A3 o N1) fundamentado en el tipo de bioma, en donde se localiza cada unidad de cobertura (ver la tabla siguiente). Este procedimiento implicó analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el

fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen favorable o no el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo.

Finalmente, las coberturas no aptas (N1) identifican principalmente las coberturas que por sus características naturales o por tener algún valor de identidad sociocultural reconocido deben ser protegidas, por lo que deben mantener su cobertura actual, por lo tanto, no pueden establecerse cultivos de cebolla de bulbo.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los siguientes son los rangos establecidos para el criterio:

Descripción	Aptitud
Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan las áreas de pastos y algunos cultivos transitorios y otros cultivos permanentes.	A1
Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los mosaicos, cultivos permanentes para producción de materias primas industriales y cultivos transitorios.	A2
Corresponden a aquellas coberturas en donde predominan los mosaicos que también agrupan algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para cultivos de cebolla de bulbo; adicionalmente, incluye algunos herbazales densos de tierra firme.	A3
Corresponde a coberturas no favorables para el establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo, son aquellas excluidas técnicamente y están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, las áreas húmedas, las superficies de aguas y los territorios artificializados. Categorías <i>Leyenda Corine Land Cover</i> : 1. Territorios artificializados, 3. Bosques y áreas seminaturales (exceptuando «3.1.5. Plantaciones forestales», y «3.3.4. Zonas quemadas»), 4. Áreas húmedas, y 5. Superficies de agua.	N1

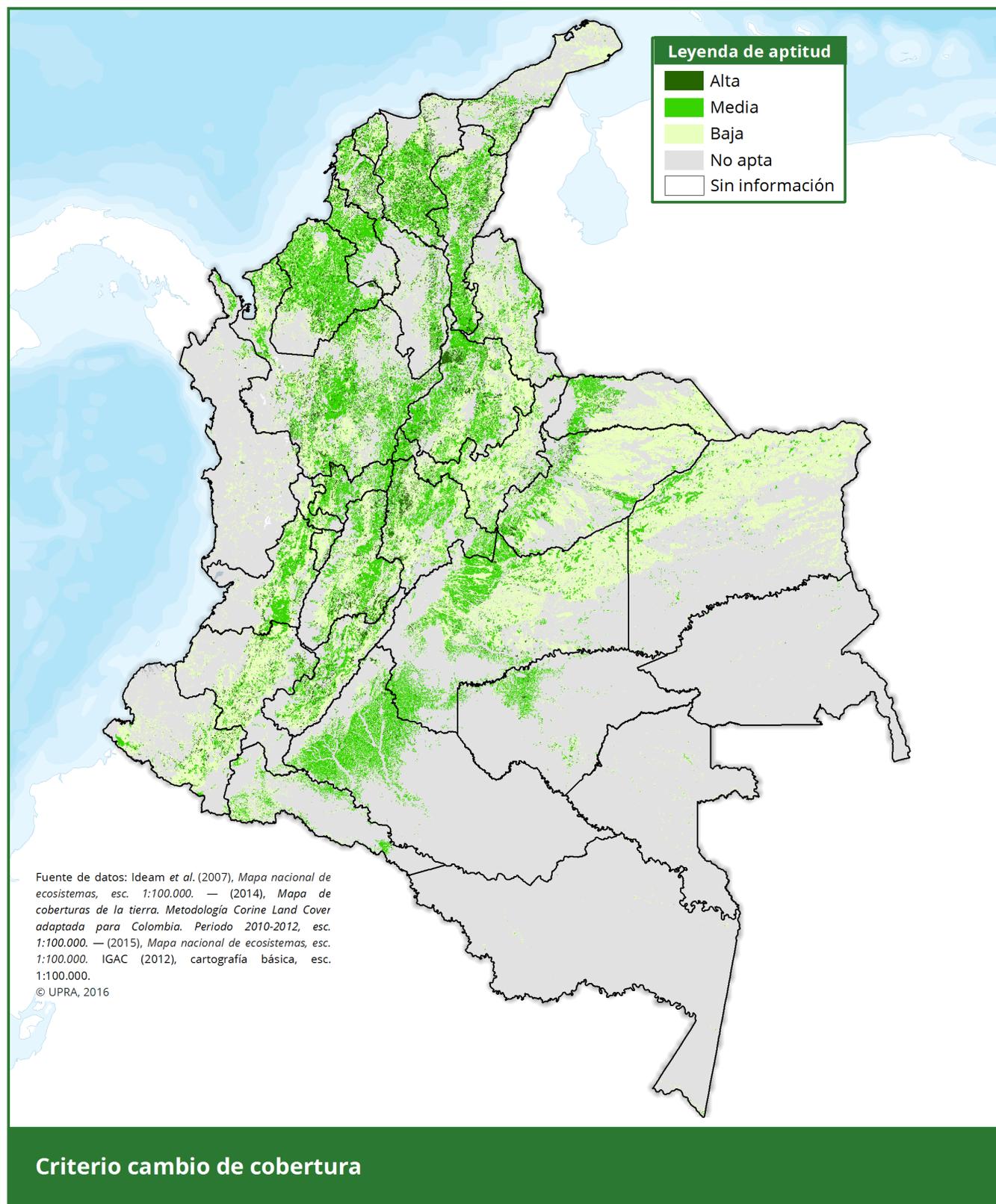
Fuentes de información

- 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. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*.
- Ideam, IGAC, IAVH, Sinchi, Invemar, IIAP, ... MADS. (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000 (versión 1)*.
- IGAC. (2012). *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



2.2. Criterio integridad ecológica

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: Socioecosistémico		
Criterio: Integridad ecológica		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN). • Índice de naturalidad (Inat). • Áreas de concentración de especies sensibles (ACES). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

La integridad ecológica (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).

La integridad ecológica incorpora dinámicas tendientes a:

- Proteger y restablecer la funcionalidad 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.

Promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la zonificación, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre. Así, en la escala del presente trabajo, la integridad ecológica 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 desempeñan un papel fundamental para la movilidad de la biodiversidad y la continuidad en la prestación de los servicios ecosistémicos (que son la base natural que

sustenta los procesos productivos). La variable mide la distancia entre los parches de todos los tipos de coberturas naturales que se encuentran en la matriz rural —territorios agrícolas, según la metodología de Corine Land Cover— y determina áreas con diferente nivel de conectividad estructural.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en aquellas áreas con mayor conectividad estructural de las coberturas naturales dentro de la matriz transformada (por ejemplo, mosaicos con dominancia de espacios naturales), se reduce la aptitud para el establecimiento del cultivo. En estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales.

Por el contrario, donde la conectividad de las coberturas naturales es menor en el interior de la matriz transformada (por ejemplo, pastizales limpios), la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor. En estas áreas predominan los procesos productivos sin interrupción a ciclos ecológicos esenciales, e incluso el establecimiento de cultivos puede propiciar la continuidad de los procesos naturales.

Índice de naturalidad (Inat): La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un territorio¹ están determinadas por el área de las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, y son necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio.

De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas y superficies de recarga hídrica, entre otros), en proporción al tamaño de la SZH.

Así, cuanto más alta sea la naturalidad menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos, dado que las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de procesos ecológicos naturales. En las áreas con menor naturalidad, será mayor la aptitud para el establecimiento del cultivo, ya que no alteran los procesos naturales, e incluso potenciarían la prestación de algún servicio ecosistémico.

Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): Colombia es reconocida mundialmente entre los países con más altos niveles de diversidad biológica ubicada en lugares específicos de la geografía nacional.

1: Se emplea la subzona hidrográfica (SZH) por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

Existen diferentes áreas con figuras de protección donde se conserva esta diversidad biológica y ecosistémica; sin embargo, estas no albergan toda la biodiversidad del país. De forma complementaria, existen en el territorio nacional áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de especies sensibles (amenazadas, escasas o con distribuciones reducidas).

La variable mide la concentración (densidad, o riqueza potencial) de especies sensibles en polígonos identificados como de especial importancia, así:

- Áreas prioritarias para la conservación (APC) (IAVH y ANH, 2010).
- Áreas críticas (AC) para especies migratorias en agroecosistemas (García-Márquez, Moreno y Sacharow, 2012).
- Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) (IAVH, 2015).

De esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, menor es la aptitud para el potencial establecimiento del cultivo, debido a que las labores asociadas a estos 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 áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento de cultivo es mayor.

Importancia del criterio

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 lo tanto, su vocación como área para el desarrollo de cultivos de cebolla de bulbo, su orientación hacia la restauración o su vocación hacia la conservación.

El modelo parte de la premisa de que la aptitud para el establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de manera que la aptitud es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC), pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud es alta en lugares donde dicha integridad es baja, debido a la transformación del paisaje o ausencia de dichos AVC.

Limitantes de la evaluación del criterio

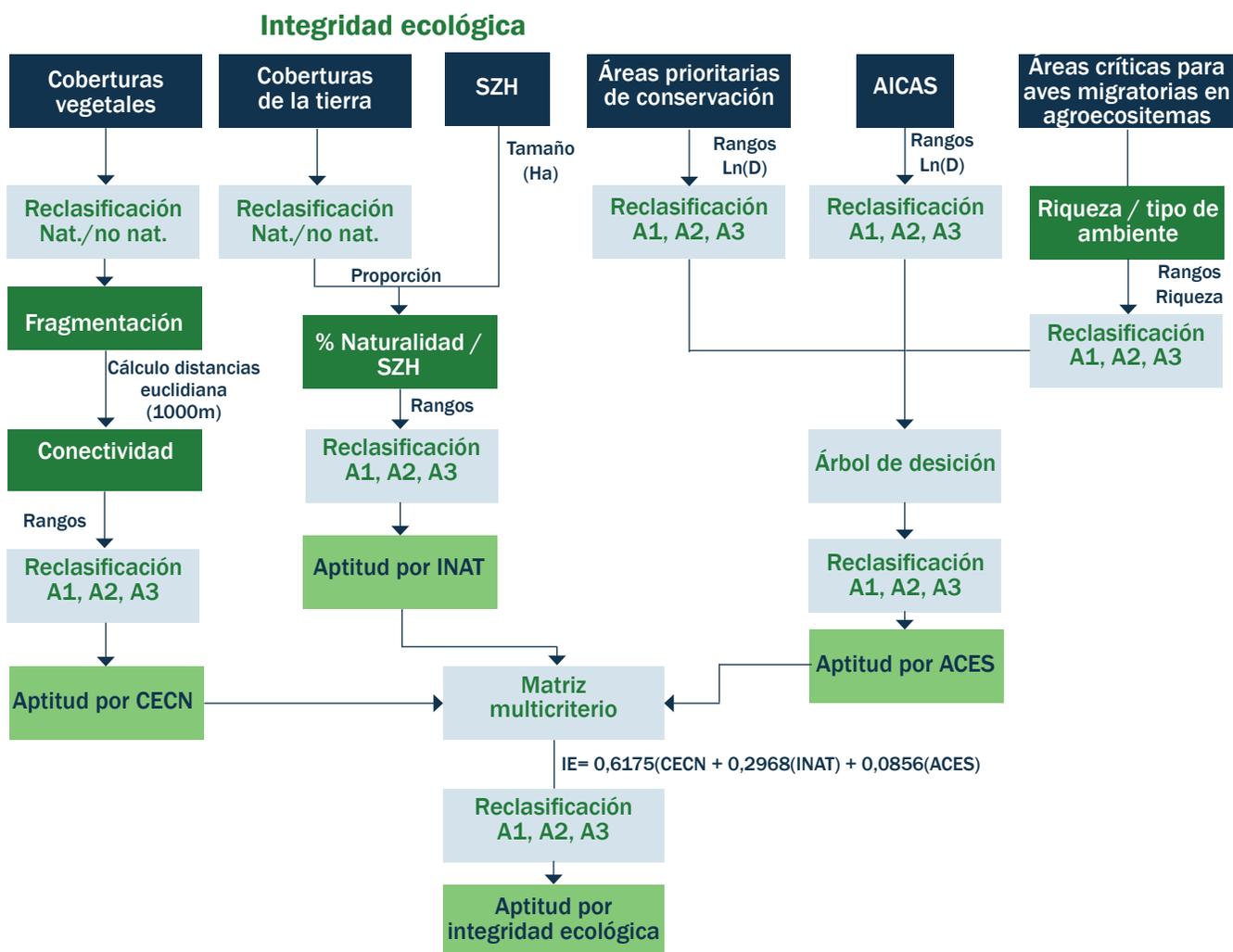
La temporalidad de la información de *Corine Land Cover* (2012) limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible.

La información sobre biodiversidad siempre cuenta con limitaciones relacionadas con el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para todo el país.

Valor de ponderación del criterio: 5,4 %

Metodología de evaluación

Para la evaluación del criterio de integridad ecológica, se realizó el procesamiento de cada una de sus tres variables, como se describe en la gráfica denominada «Integridad ecológica».



a. Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) en paisajes transformados

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para realizar dicho análisis, se partió del mapa de coberturas de la tierra, adaptada para Colombia (Ideam, 2012). A partir de este, se realizó un análisis de fragmentación mediante la extensión *Fragmentation* del software SAGA GIS 2.1.2., tomando como unidades de análisis todas las coberturas vegetales naturales y seminaturales, con el fin de establecer las áreas mejor consolidadas como áreas núcleo de los fragmentos (menor fragmentación).

Mediante un análisis posterior de distancia euclidiana realizada en ArcGIS, se 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 normalizaron mediante la técnica de lógica difusa, empleando la herramienta *Fuzzy* del software ArcGIS versión 10.3. La conectividad estructural así obtenida se distribuyó en un rango entre 0 y 1, en donde cero representa la menor conectividad, y uno, la mayor conectividad, la cual posteriormente se reclasificó en términos de la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo. Los valores obtenidos se distribuyeron en tres rangos mediante el método de clasificación *Natural Breaks* y se obtuvo la siguiente calificación:

Calificación de la variable CECN

Rango	Descripción	Aptitud
0,13 - 0,49	Conectividad menor	A1
$\geq 0,49 - \leq 0,82$	Conectividad media	A2
0,82 - 1	Conectividad mayor	A3

La CECN es una medida a escala de paisaje, que en la matriz transformada permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento e intercambio de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

b. Índice de naturalidad (Inat) de las subzonas hidrográficas

Esta variable se construyó a partir de las coberturas naturales, según la clasificación de *Corine Land Cover* (bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, Ideam, 2010a). Se realizó una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del Estudio nacional del agua (Ideam, 2010b):

A partir de este cálculo, se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros adaptados a partir de Márquez (2003), y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo de cebolla de bulbo:

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado a partir de Márquez, 2003)

Descripción	Rango (%)	Aptitud
% Inat muy baja (vital)	0-5	A1
% Inat baja (estratégica)	5-30	
% Inat moderada	30-50	
% Inat alta	$\geq 50 - \leq 75$	A2
% Inat muy alta (protección)	> 75	A3

c. Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: áreas prioritarias de conservación, áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) y áreas críticas para aves migratorias en agroecosistemas.

Áreas prioritarias de conservación (APC)

A partir del portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), a escala 1:100.000 (IAVH y ANH, 2013), se tomó la información de especies sensibles en las APC, las cuales se relacionaron con el tamaño de cada polígono para obtener la densidad de especies/km². Para incorporar esta información, se tomaron los objetos de conservación de filtro fino y de filtro grueso del estudio, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies o ecosistemas, respectivamente.

Cuanto mayor sea el número de especies sensibles o endémicas (riqueza) con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio para el establecimiento de cultivos comerciales.

Para aquellos polígonos sin información, se asumió el mínimo número de especies registrado, bajo la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica. Finalmente, los valores obtenidos de densidad de especies se normalizaron empleando la función logaritmo natural, para obtener una mejor distribución de los datos. Los valores obtenidos se distribuyeron en tres rangos mediante el método de clasificación *Natural Breaks* del software ArcGIS 10.3 y se obtuvo la siguiente calificación:

Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en
áreas prioritarias de conservación (APC)

Rango ln (D)	Descripción	Aptitud
< -10,02	Áreas sin identificación de APC.	A1
-10,02 a -2,77	APC con muy baja o baja densidad de especies sensibles.	A2
-2,76 a 6,42	APC con moderada, alta o muy alta densidad de especies sensibles.	A3

Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)

Para el tratamiento de este insumo se partió de la información espacial suministrada por el Instituto Alexander von Humboldt de AICA y su base de datos asociada. Se depuró la información de la siguiente forma:

- De la base de datos de especies se excluyen las AICA sin información georreferenciada.
- Se organizó la información por AICA y se eliminaron las especies duplicadas.
- Para cada AICA, se obtuvo el número de especies por cada categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

Con la información depurada, se calculó la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerable) que se reportó en cada AICA y se dividió por el área del AICA en km².

Con la información disponible, se establecieron dos zonas en el país: la primera corresponde al área donde no hay AICA (categoría de aptitud alta A1), y la segunda agrupa áreas donde hay AICA establecidas (categoría de aptitud media A2 y aptitud baja A3).

Las áreas donde hay AICA establecidas se clasificaron de acuerdo con el valor de ln (D), mediante el método de clasificación *Natural Breaks* del software ArcGIS 10.3. De esta forma, a los rangos definidos se les asignó la siguiente calificación:

Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA)

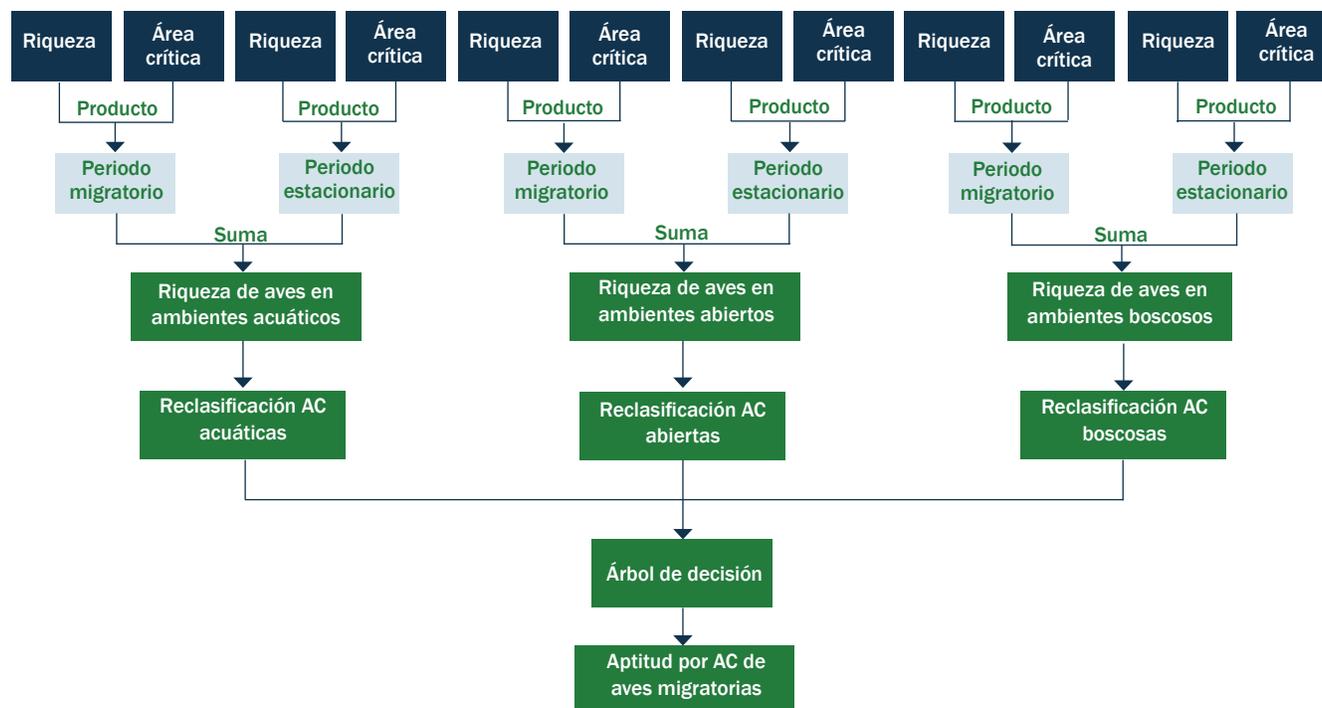
Rango ln (D)	Descripción	Aptitud
< -8,085	Áreas sin AICA	A1
-8,085 a -4,189	AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles	A2
-4,189 a 1,67	Densidad moderada, alta o muy alta de especies sensibles en las AICA	A3

Áreas críticas para especies migratorias en paisajes agropecuarios

A partir de la información para especies migratorias (aves, murciélagos, peces e insectos) en paisajes agropecuarios (García-Márquez *et al.*, 2012), se emplearon las capas de áreas críticas y riqueza potencial del grupo taxonómico de aves asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, tanto en periodo migratorio como estacionario.

El procedimiento para determinar la aptitud de acuerdo con la riqueza de especies migratorias en las áreas críticas se detalla en la figura denominada «Manejo de información espacial de áreas críticas para especies migratorias para escala 1:100.000».

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000



Fuente: García-Márquez *et al.* (2012).

Se realizó el producto entre las capas de las áreas críticas y riqueza potencial, tanto en periodo migratorio como estacionario, para cada grupo de aves asociadas a los ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, respectivamente. De esta forma se obtuvo el nivel de importancia de las áreas críticas tipificadas, a partir de su riqueza potencial.

Posteriormente, mediante la adición del valor de la riqueza del periodo estacionario y migratorio, se obtuvo la importancia total para cada uno de los ambientes (bosque, abierto, acuático). A partir de esto, se obtuvo una visión completa a lo largo de todo el proceso migratorio respecto a la importancia de los diferentes hábitats críticos.

Los valores de importancia total resultante se dividieron en dos categorías, mediante la utilización del método de clasificación *Natural Breaks* del software ArcGIS 10.3. Posteriormente, se asignó el mayor valor de importancia a las áreas con alta riqueza, e importancia moderada a aquellas con menor valor de riqueza potencial.

Para los lugares en los que no existen áreas críticas se asignó la categoría de «no aplica».

Finalmente, a partir de un árbol de decisión entre las categorías de importancia asignadas a cada uno de los ambientes, se estableció la aptitud para el cultivo comercial de cebolla de bulbo. Esta aptitud considera que el cultivo comercial de cebolla de bulbo 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 cebolla de bulbo, de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias

Importancia de las áreas críticas		Aptitud	
Bosque	Abiertos	Acuáticos	Cebolla de bulbo
Baja	Baja	Baja	A3
Baja	Baja	Media	A3
Baja	Baja	Alta	A3
Baja	Media	Baja	A2
Baja	Media	Media	A2
Baja	Media	Alta	A2
Baja	Alta	Baja	A2
Baja	Alta	Media	A2
Baja	Alta	Alta	A2
Media	Baja	Baja	A3
Media	Baja	Media	A2
Media	Baja	Alta	A2
Media	Media	Baja	A1
Media	Media	Media	A2
Media	Media	Alta	A2
Media	Alta	Baja	A2
Media	Alta	Media	A2
Media	Alta	Alta	A2
Alta	Baja	Baja	A3
Alta	Baja	Media	A2
Alta	Baja	Alta	A2
Alta	Media	Baja	A2
Alta	Media	Media	A2
Alta	Media	Alta	A2
Alta	Alta	Baja	A2
Alta	Alta	Media	A2
Alta	Alta	Alta	A1

Para integrar los insumos de la variable áreas de concentración de especies sensibles (AP, AICA, AC), se realizó una reclasificación de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, cuya calificación está dada por el nivel de mayor restricción.

Árbol de decisión para integración de los insumos de la variable
 áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Áreas prioritarias de conservación	Áreas de importancia para la conservación de aves	Áreas críticas 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 realizó una suma ponderada mediante la siguiente fórmula:

$$IE = a(CECN) + b(Inat) + c(ACES)$$

En la que a, b y c representan los factores de ponderación de las tres variables, los cuales se determinaron mediante el establecimiento de la matriz multivariable que fue evaluada siguiendo la metodología de la matriz multicriterio.

De esta forma, se obtuvieron los valores de a, b y c, así:

$$a=0,6175; b=0,2968 \text{ y } c=0,0856$$

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se dividió empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del software ArcGIS:

Aptitud para el establecimiento de cultivo comercial de cebolla de bulbo por el criterio integridad ecológica

Descripción	Aptitud
Lugares 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 donde la integridad ecológica es moderada. La actividad productiva irrumpe en grado moderado en la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo.	A2
Lugares donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo.	A3

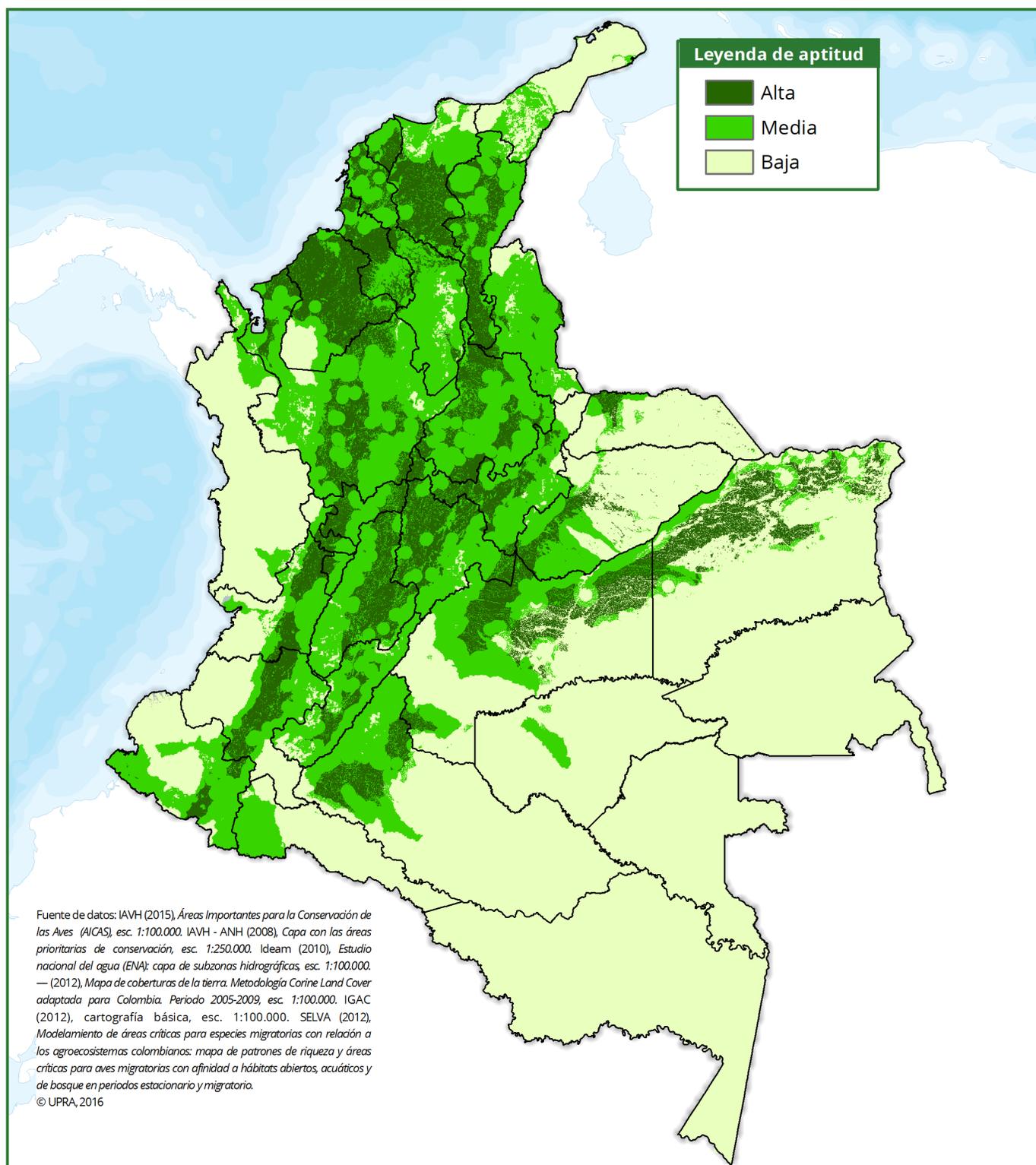
Fuentes de información

- 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.
- Corcoran, P. (2005). La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra. En B. Mackey, *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV.
- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). Colombia. En C. Devenish, D. F. Díaz, R. P. Clay, I. Davidson e I. Yépez (eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation* (pp. 135-148). Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series núm. 16).
- 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 del 2012 entre SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y la UPRA (Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH y ANH.

- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- Ideam. (2010a). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2010b). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*.
- —. (2012c). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica del criterio



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

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
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 juegan un papel fundamental para la movilidad de la biodiversidad y la continuidad en 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 las áreas con mayor conectividad estructural de las coberturas naturales dentro de la matriz transformada (por ejemplo, mosaicos con dominancia de espacios naturales), se reduce la aptitud para el establecimiento del cultivo, por cuanto en estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales. Por el contrario, en las áreas 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, 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 (N1). Se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGis.

Limitantes de la evaluación de la variable

Al basarse en la capa base oficial de coberturas de la tierra y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2012), la información tiene cierto nivel de desactualización, en función de los cambios que se hayan producido a la fecha; sin embargo, es la última cobertura oficial generada.

Metodología de procesamiento de la información

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para dicho análisis, se parte del mapa de coberturas de la tierra, adaptado para Colombia (Ideam, 2012). Se tomaron todos los tipos de coberturas vegetales naturales como objeto del foco de conectividad y se realizó el análisis a través de las métricas de paisaje como la fragmentación o la distancia euclidiana de núcleos (empleando una distancia de 1000 m entre núcleos).

La CECN es una medida a escala del paisaje, que en la matriz transformada permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

La conectividad estructural así obtenida se distribuyó en un rango entre 0 y 1, donde cero representa la menor conectividad, y uno, la mayor conectividad, y se reclasifica en términos de la aptitud para el establecimiento de cultivos de cebolla de bulbo.

Calificación de la variable

conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)

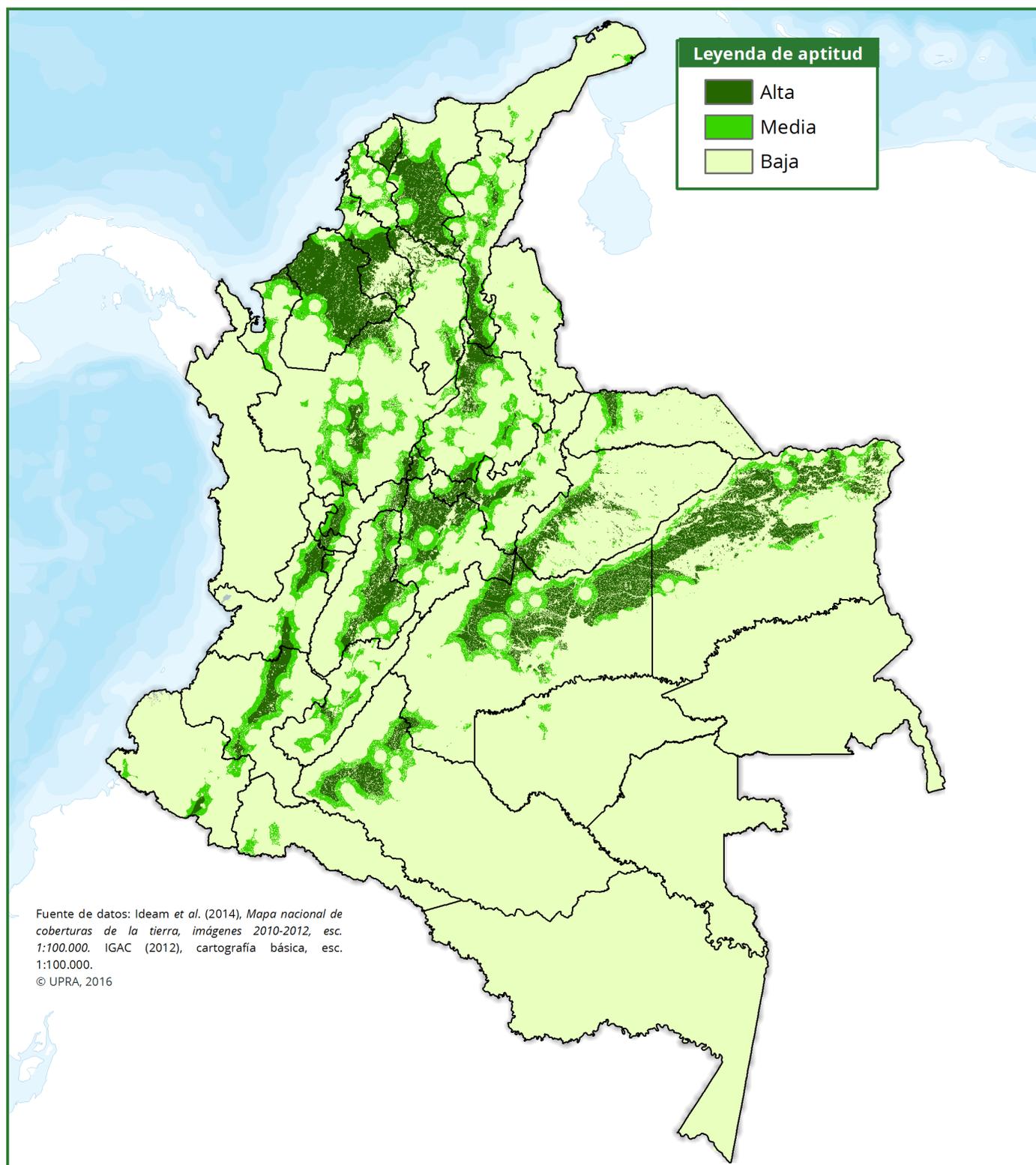
Rango	Descripción	Aptitud
0,13 - 0,49	Conectividad menor	A1
$\geq 0,49 - \leq 0,82$	Conectividad media	A2
0,82 - 1	Conectividad mayor	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2012). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica

Variable conectividad estructural de las coberturas naturales

2.2.2. Variable índice de naturalidad (Inat)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Variable: índice de naturalidad (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 análisis² está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio.

De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, etc.), en proporción al tamaño de la SZH. Así, entre 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 procesos naturales. Entre tanto que en las áreas donde menor sea la naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento del cultivo, por cuanto no interrumpe los procesos naturales, e incluso 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.

2. Se emplea la subzona hidrográfica (SZH) por representar una unidad funcional hidrológica-natural y no administrativa.

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

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identifica un rango de variación porcentual respecto al área de la subzona hidrográfica, y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado a partir 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

Limitantes de la evaluación de la variable

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó esta variable. En primer lugar, debe hacerse referencia a la *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*, que, aunque permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, *Corine Land Cover* engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera et al., 2009).

Metodología de procesamiento de la información

Para este estudio se relaciona el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos), según la clasificación de *Corine Land Cover*, a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2012). Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de subzonas hidrográficas del *Estudio nacional del agua* (Ideam, 2014), en relación con la unidad geográfica de análisis.

$$\text{Inat} = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003), y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo:

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (adaptado a partir de Márquez, 2003)

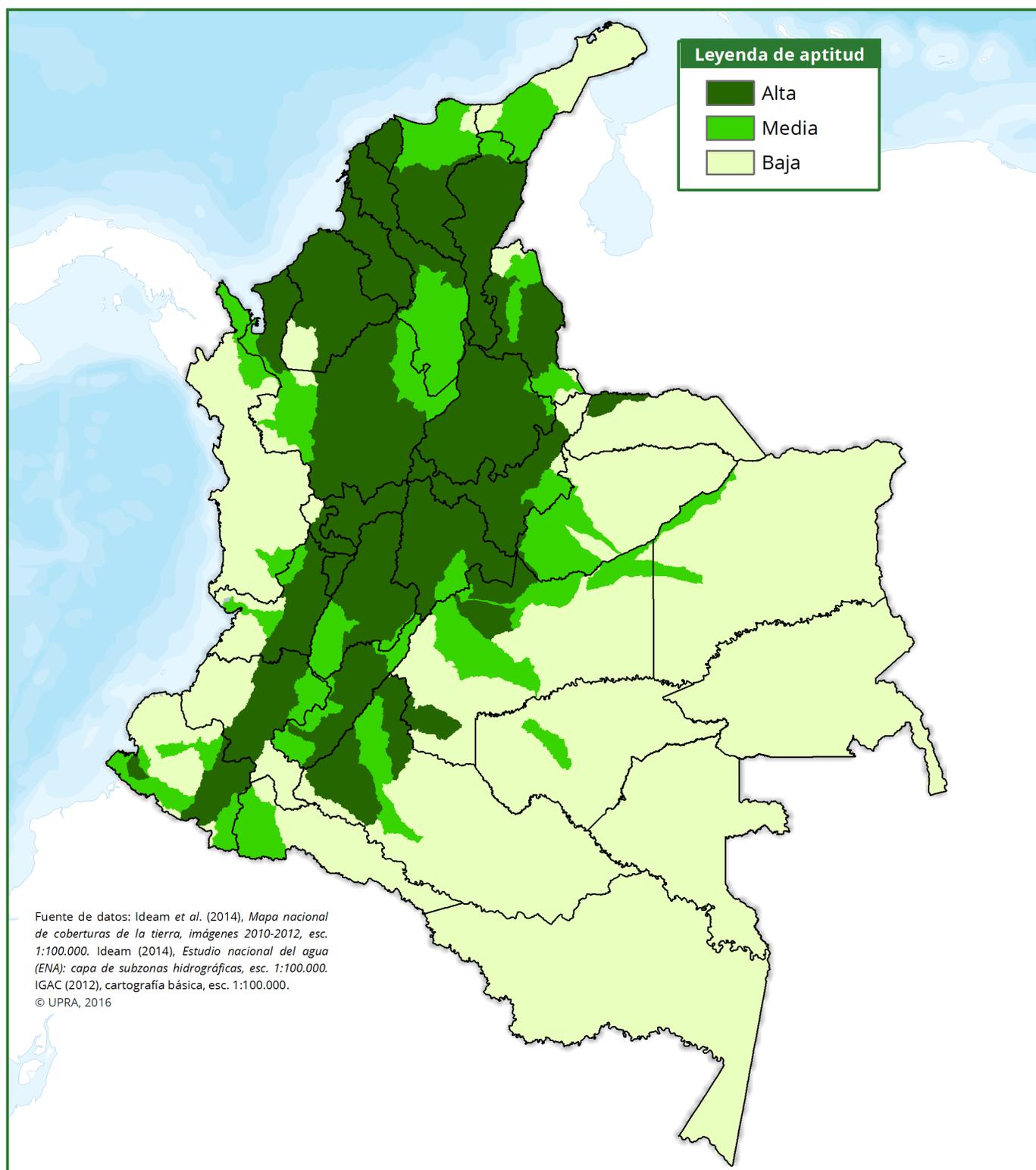
Descripción	Rango (%)	Aptitud
% Inat muy baja (vital) % Inat baja (estratégica) % Inat moderada	0-5 5-30 30-50	A1
% Inat alta	50-75	A2
% Inat muy alta (protección)	75-100	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia*. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>>.



Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica
Variable índice de naturalidad

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

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Variable: áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Unidad de medida: adimensional. ³ ln (spp/km ²)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) es reducida y, con ello, el potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen en el territorio nacional áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de biodiversidad (en especial de especies amenazadas, de distribuciones reducidas o dependientes de la calidad del hábitat a lo largo de rutas de migración).

La variable estableció lugares donde hay concentración de especies sensibles, a través de indicadores como la densidad en polígonos, y los definió como áreas prioritarias para la conservación (APC) o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (ACMig). También se integraron las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA).

De esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo es mayor.

³ *spp* hace referencia a un grupo de especies pertenecientes a un taxón biológico. En el caso de esta variable, corresponde a un grupo de especies en categoría sensible en los polígonos de interés.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo comercial de cebolla de bulbo 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 y control biológico de plagas, entre otros), de tal forma que cuanta mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos agrícolas que puedan generar un riesgo de interrupción de los ciclos naturales de estas especies.

Dado que se integraron estudios de biodiversidad de naturaleza diferente, la aptitud conjugada entre las diferentes fuentes se desarrolló, a manera de árbol de decisión, de la siguiente manera:



Áreas prioritarias para la conservación	Áreas de importancia para la conservación de aves	Áreas críticas 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 a nivel nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no fue homogéneo. Esto supuso integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades para complementar el panorama nacional.

Se partió del supuesto de que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, y se destacaron algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por tanto, la variable supuso una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en la realidad a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.

Metodología de procesamiento de la información

Áreas prioritarias de conservación (APC)

En el estudio, esta variable se midió a través de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se tomó de base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en el 2013, en el portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000.

Para incorporar esta información, se tomaron los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso de los estudios anteriormente mencionados, los cuales representaron unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies o ecosistemas, respectivamente. Cuanto mayor fuera el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas en relación con el tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor sería la compatibilidad del territorio con la actividad de reforestación comercial.

Para este análisis se asignó a cada polígono de APC (tamaño medido en km²) el valor identificado en el estudio del número de especies sensibles objeto de protección para obtener un valor de densidad o concentración de especies. Para los polígonos sin información, se asumió el mínimo valor registrado bajo la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica.

Los rangos de aptitud para APC fueron:

Rango ln (D)	Descripción	Aptitud
< -10,02	Áreas sin identificación de APC	A1
-10,02 a -2,77	APC muy baja de especies sensibles APC baja de especies sensibles	A2
-2,76 a 6,42	APC moderada de especies sensibles APC alta de especies sensibles APC muy alta de especies sensibles	A3

Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)

Para el desarrollo y análisis de las AICA, se requirió inicialmente la solicitud de la información oficial al IAVH, el cual facilitó la última capa temática y una base de datos con información de especies de cada una de las AICA.

Posteriormente, se realizó una depuración de la información:

- Se eliminaron de la base de datos de especies las AICA que no tuvieran polígono en la capa entregada entregada.

- Se organizó la información por AICA y se eliminaron duplicados de la información en cuanto a especies.
- Se obtuvo, por cada AICA, el número de especies de acuerdo con la categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

Para cada AICA se calculó la densidad mediante el número reportado de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerables), de acuerdo con la base de datos facilitada y se dividió por el área del AICA en km².

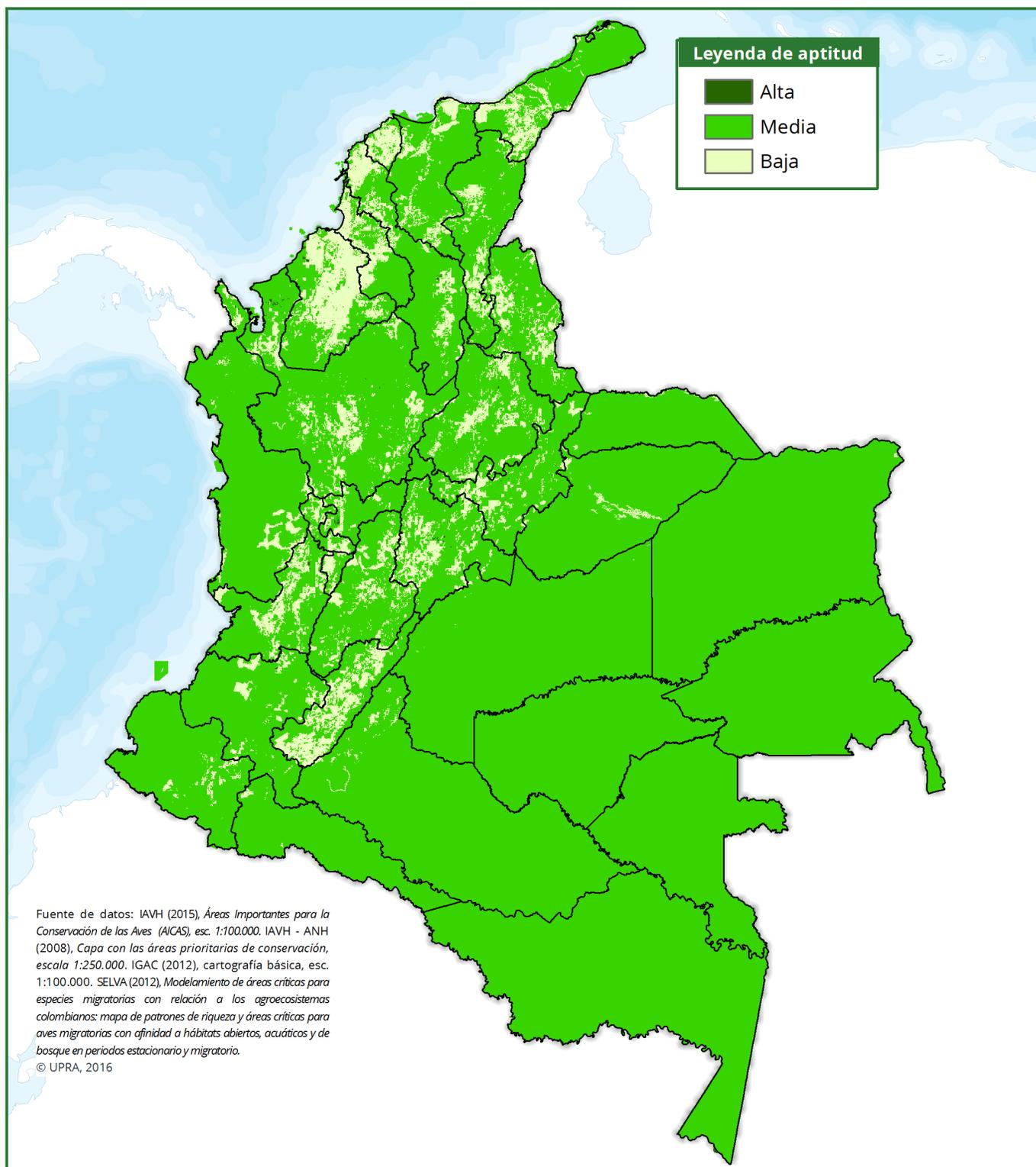
Finalmente, se calculó el logaritmo natural de la densidad obtenida y de allí se determinaron los rangos para su reclasificación:

Rango ln (D)	Descripción	Aptitud
< -8,085	Áreas sin identificación de AICA	A1
-8,085 a -4,189	AICA muy baja de especies sensibles AICA baja de especies sensibles	A2
-4,189 a a 1,67	AICA moderada de especies sensibles AICA alta de especies sensibles AICA muy alta de especies sensibles	A3

Fuentes de información

- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C., y Romero, M.H. (2009). Colombia. En: C. Devenish, D. F. Díaz, R. P. Clay, I. Davidson e I. Yépez (eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation* (pp. 135-148). Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series núm. 16).
- 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 del 2012 entre SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y la UPRA (Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Criterio integridad ecológica

Variable aces

2.3. Criterio apropiación de agua

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: apropiación de agua		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Uso consuntivo. • Índice de uso del cultivo. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cantidad de agua retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como para la producción del bulbo y, en general, como materia prima para el sustento del cultivo.

Del agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego) y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento (bulbo) o por medio de la evapotranspiración. Así, a mayor demanda de la especie, mayor cantidad de elementos involucrados para el suministro y mayor competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis.

Este abastecimiento suple diferentes aspectos, como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción hasta concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país.

Este requerimiento de agua es suplido, en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la precipitación de la zona y, en segundo lugar, por los aportes directos que se realicen a manera de riego cuyas fuentes pueden ser agua de drenaje superficial, aportes desde fuentes subterráneas y, en casos excepcionales, a partir de transvases desde cuencas circundantes.

Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (riego para el cultivo comercial de la cebolla de bulbo por desarrollar) y la situación de un consumo actual en cada subzona

hidrográfica, dada por 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.

Importancia del criterio

Permite establecer potencialmente la suficiencia e insuficiencia hídrica para el mantenimiento del cultivo determinado, factor básico y fundamental para obtener una producción eficiente y sostenible, tomando como referencia de análisis la oferta hídrica del área y la demanda antrópica actual (diversos usos) en el escenario de establecimiento del cultivo de la cebolla de bulbo.

De esta forma, es posible identificar si, dada la capacidad hídrica de la SZH, se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes en su interior.

Limitantes de la evaluación del criterio

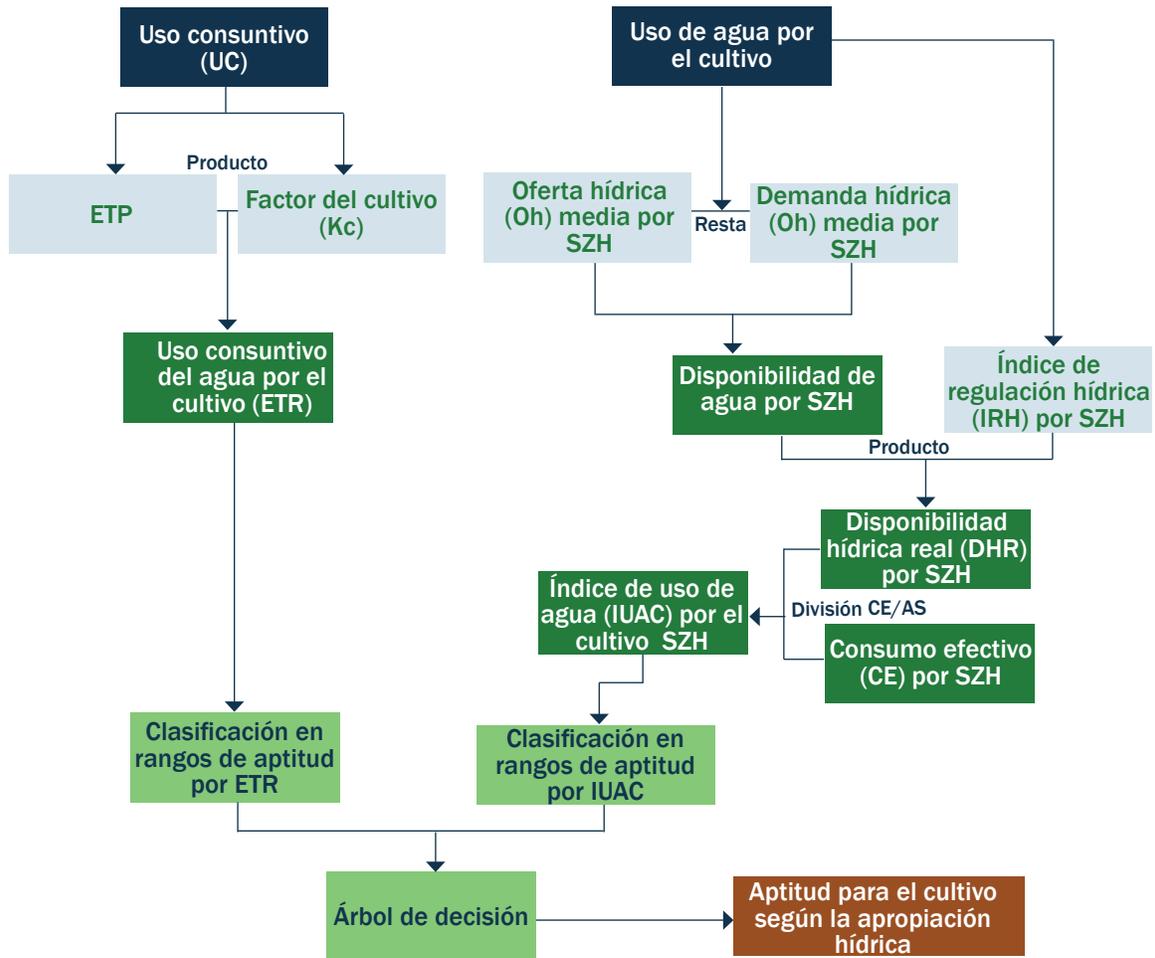
Para el procesamiento del componente de índice de uso de agua por el cultivo, se recurrió al dato de área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de área, lo cual depende de la confiabilidad de los datos de censos.

Valor de ponderación del criterio: 8,4 %

Metodología de evaluación

Para el procesamiento de la variable de apropiación de agua para el cultivo se sigue la metodología que se presenta en la siguiente figura:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua para el cultivo de cebolla de bulbo



Uso consuntivo:

Para el cálculo del uso consuntivo, se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP) generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el índice calórico (I), de acuerdo con el método de Thornthwaite, adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0.53 \left(\frac{10T}{I} \right)^{\alpha}$$

En donde ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, medida en mm; T = temperatura media (°C) e I = índice calórico anual.

$$I = 12 \left(\frac{T_{\text{anual}}}{5} \right) \times 1.514$$

$$\alpha = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0.492$$

Posteriormente, se calcula la evapotranspiración real del cultivo (ETR), que representa el uso de agua para los procesos fisiológicos del cultivo en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (K_c) de la siguiente forma:

$$ETR = k_c \times ETP$$

Para este cálculo, se emplean los factores de consumo de agua (K_c) del cultivo reportados en diferentes fuentes.

Factor de consumo de agua del cultivo (K_c)

Cultivo	K_c	Fuente
Aguacate	0,75	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). <i>Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos</i> . Roma. Recuperado de < http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm >
Piña	0,25	
Pimentón	0,8	
Papaya	1	Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional (Vifinex). (2002). <i>Manual técnico de buenas prácticas agrícolas en papaya</i> . El Salvador. Recuperado de < http://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/886buenaspracticaspapaya.pdf >
Cebolla de bulbo	0,95	Reyes, G. (2010). <i>Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha</i> . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
AjÍ tabasco	0,85	Universidad de Concepción. (2012). «Necesidades de agua en los cultivos». <i>Boletín técnico 1</i> . Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento de Recursos Hídricos. Centro del Agua para la Agricultura.

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 m³ de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas). Así, para el cultivo de la cebolla de bulbo se obtiene:

$$ETR = (0,95) \times ETP \times 10$$

Al final, de acuerdo con la amplitud de rango de los datos, se establece una división en 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 de cebolla de bulbo

Rango ETR (Mm ³ /ha/año)	Descripción	Aptitud
< 9500	Uso consuntivo menor	A1
≥ 9500 - ≤ 13.300	Uso consuntivo moderado	A2
> 13.300	Uso consuntivo alto	A3

Índice de uso de agua por el cultivo (IUA) en subzonas hidrográficas

Este componente del cálculo se basa en la información sobre oferta y demanda hídrica de la capa de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua (ENA)» (Ideam, 2010a).

El procesamiento se inicia a partir de identificar la disponibilidad hídrica (DH) actual de cada subzona hidrográfica, calculada como el valor de la diferencia entre la oferta hídrica media anual y la demanda hídrica media anual. Este valor representa la disponibilidad neta de agua, que se analizó a la luz de la capacidad de retención de agua en cada unidad geográfica de análisis y su distribución a lo largo del tiempo. Para esto, se hace uso del índice de retención y regulación hídrica (IRH)⁴ del «Estudio nacional del agua», con el cual se determina la disponibilidad hídrica real (DHR) actual de la SZH.

$$DHR = DH \times IRH$$

El cálculo del consumo efectivo del cultivo de cebolla de bulbo se realizó a partir de la información sobre requerimiento hídrico para cada cultivo. Este está referido a un requerimiento teórico basado en el «Estudio Nacional del Agua (ENA)» (Ideam, 2015), y se obtiene a partir del K_c referenciado por la FAO, la información climática del Ideam y el factor K_s que se toma de las condiciones de humedad del suelo. Esta información de requerimiento hídrico se analiza por subzona hidrográfica y por mes, para algunos cultivos.

De esta forma, se establece una relación entre el requerimiento hídrico del cultivo comercial de cebolla de bulbo y la disponibilidad real de agua en cada subzona hidrográfica, lo que determina un índice de

4- El IRH mide la capacidad de retención de humedad de las SZH con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. El IRH varía entre 0 y 1, donde 0 es la mínima regulación y 1, la máxima regulación (Ideam, 2010).

uso de agua por el cultivo comercial de cebolla de bulbo (IUAc), el cual muestra la presión que ejerce el cultivo por establecer sobre el agua disponible, cuyo rango de variación permite establecer los diferentes niveles de variación de aptitud por oferta hídrica.

La siguiente tabla muestra la aptitud por el índice de la subzona hidrográfica:

Aptitud por índice de uso de agua del cultivo de cebolla de bulbo (IUA)

IUA	Descripción	Aptitud
> 96243,49	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 la cebolla de bulbo.	A1
≤ 96243,49 - ≥ 25495,18	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 la cebolla de bulbo.	A2
< 25495,18	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 la cebolla de bulbo.	A3

Aptitud por apropiación de agua para el cultivo

El último paso consiste en establecer la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, para lo cual se establece un árbol de decisión entre la aptitud establecida por uso consuntivo y la aptitud establecida por índice de uso de agua por el cultivo, como se muestra a continuación:

Aptitud por uso consuntivo para el cultivo comercial de la cebolla de bulbo

Uso consuntivo	IUA _c	Promedio	Aptitud
A1 (5)	A1 (5)	5	A1
	A2 (3)	4	A1
	A3 (1)	3	A2
A2 (3)	A1 (5)	4	A1
	A2 (3)	3	A2
	A3 (1)	2	A3
A3 (1)	A1 (5)	3	A2
	A2 (3)	2	A2
	A3 (1)	1	A3

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se 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 $ETR \times SZH$ 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 y un valor mínimo de aptitud (A3), el cual se establece en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico en las cuales el establecimiento del cultivo (máxime si es de consumo considerable, como la cebolla de bulbo) puede generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación del criterio se origina del análisis de los rangos de sus mapas constitutivos: uso consuntivo (ETR) e índice de uso de agua por el cultivo (IUA_c).

Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua para el cultivo comercial de la cebolla de bulbo

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

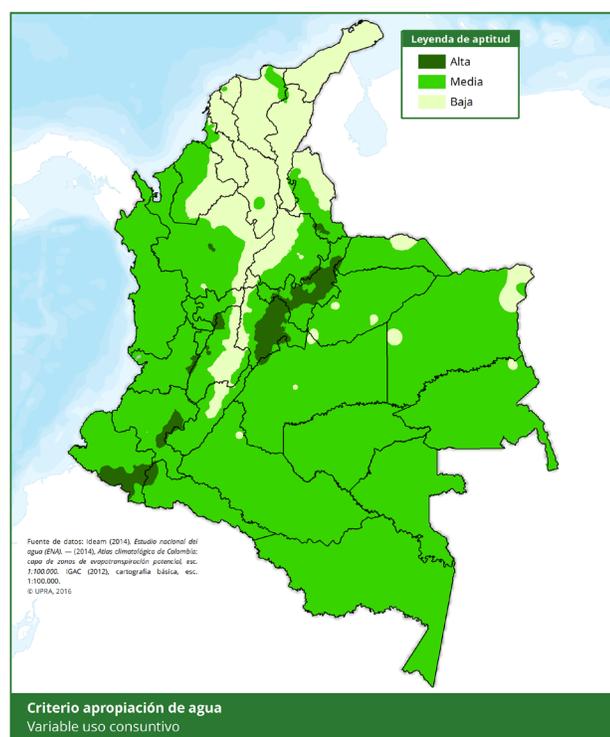
Fuentes de información

- 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.
- González, M., Saldarriaga, G. y Jaramillo, Ó. (2010). Cap. 5. «Estimación de la demanda de agua: conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial». En *Estudio nacional del agua (ENA)*. Bogotá: Ideam.

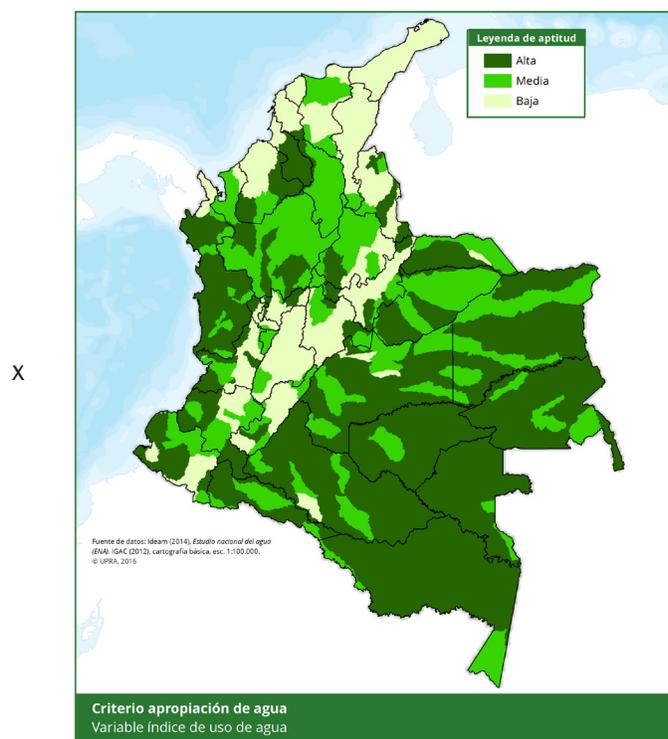
- Ideam. (2010a). «Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000». *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2010b). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Ideam.
- —. (2014). «Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000». *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Ideam.
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Reyes, G. (2010). *Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el distrito de riego del alto Chicamocha*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*. Reporte Colombia 2012. Recuperado de <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>.

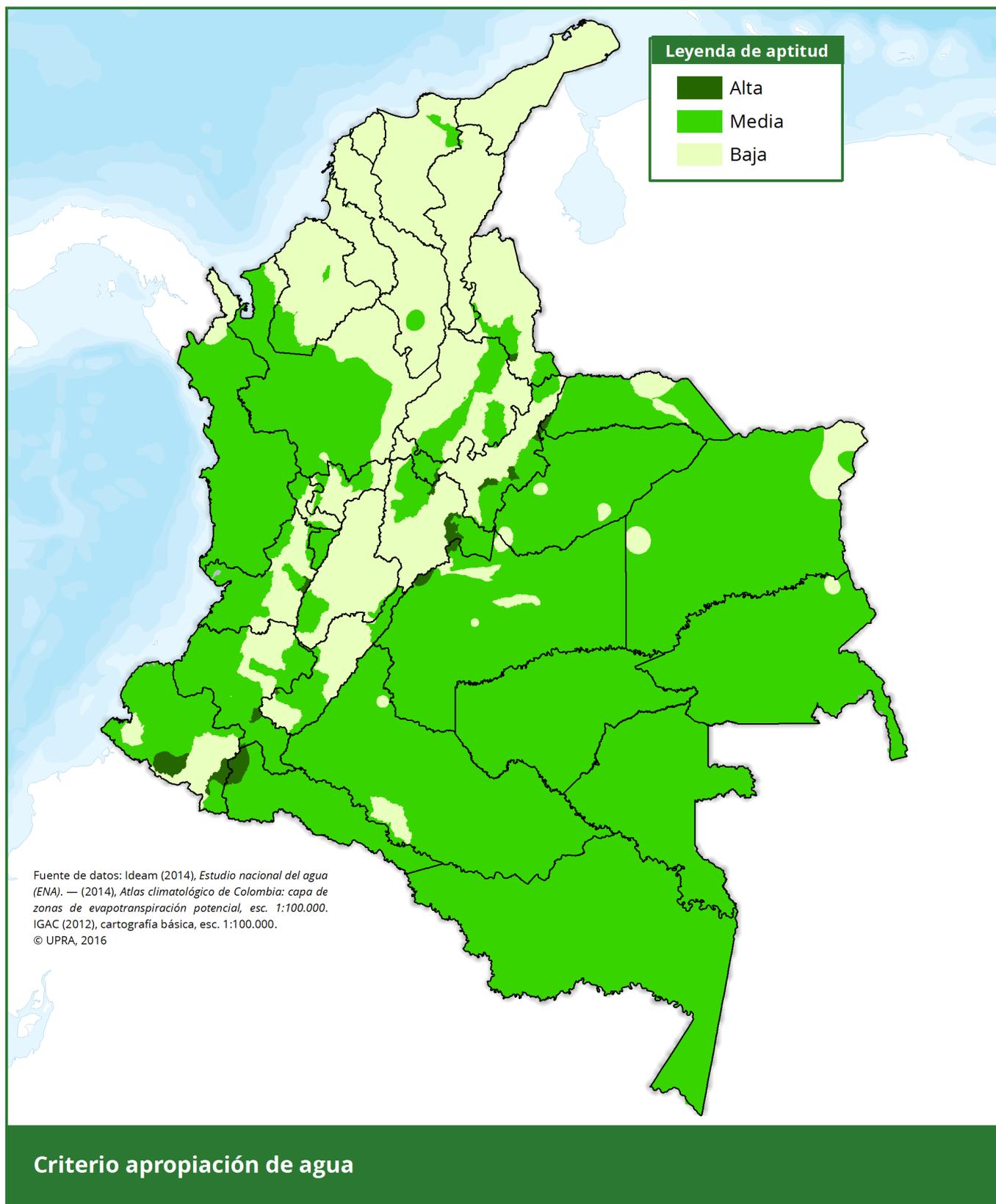
Representación cartográfica del criterio

Uso consuntivo



Índice de uso de agua (IUAc)





2.4. Criterio variación del contenido estimado de carbono

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: variación del contenido estimado de carbono		
Variables asociadas al criterio		
Variación del contenido estimado de carbono.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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 de cultivos comerciales de la cebolla de bulbo.

Una de las funciones de los ecosistemas es la regulación del clima del planeta mediante el almacenamiento de carbono y la eliminación de los gases de efecto invernadero (GEI) como el CO₂ de la atmósfera, entre otros. Los ecosistemas contribuyen a la regulación de CO₂ de la atmósfera por medio del almacenamiento del carbono en la biomasa y el suelo, siendo quizás el más reconocido de todos los servicios de los ecosistemas (Stern, 2007; IPCC, 2006; Canadell *et al.*, 2008; 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; 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 cebolla de bulbo.

Importancia del criterio

Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono.

De forma complementaria, esta estimación 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 a nivel nacional e internacional, la estimación del contenido de carbono en las coberturas se realizó a partir de información general, en escala menor a la requerida.

Valor de ponderación del criterio: 3,7 %

Metodología de evaluación

El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en el cálculo de carbono contenido en la biomasa vegetal aérea y subterránea, así como 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 a partir de la articulación entre la información contenida en el mapa de “Cambios en los contenidos de biomasa-carbono en bosques” del Ideam (Phillips *et al.*, 2011), y el mapa de “Carga de combustible (biomasa) de las coberturas vegetales de Colombia” del MAVDT de 2007.

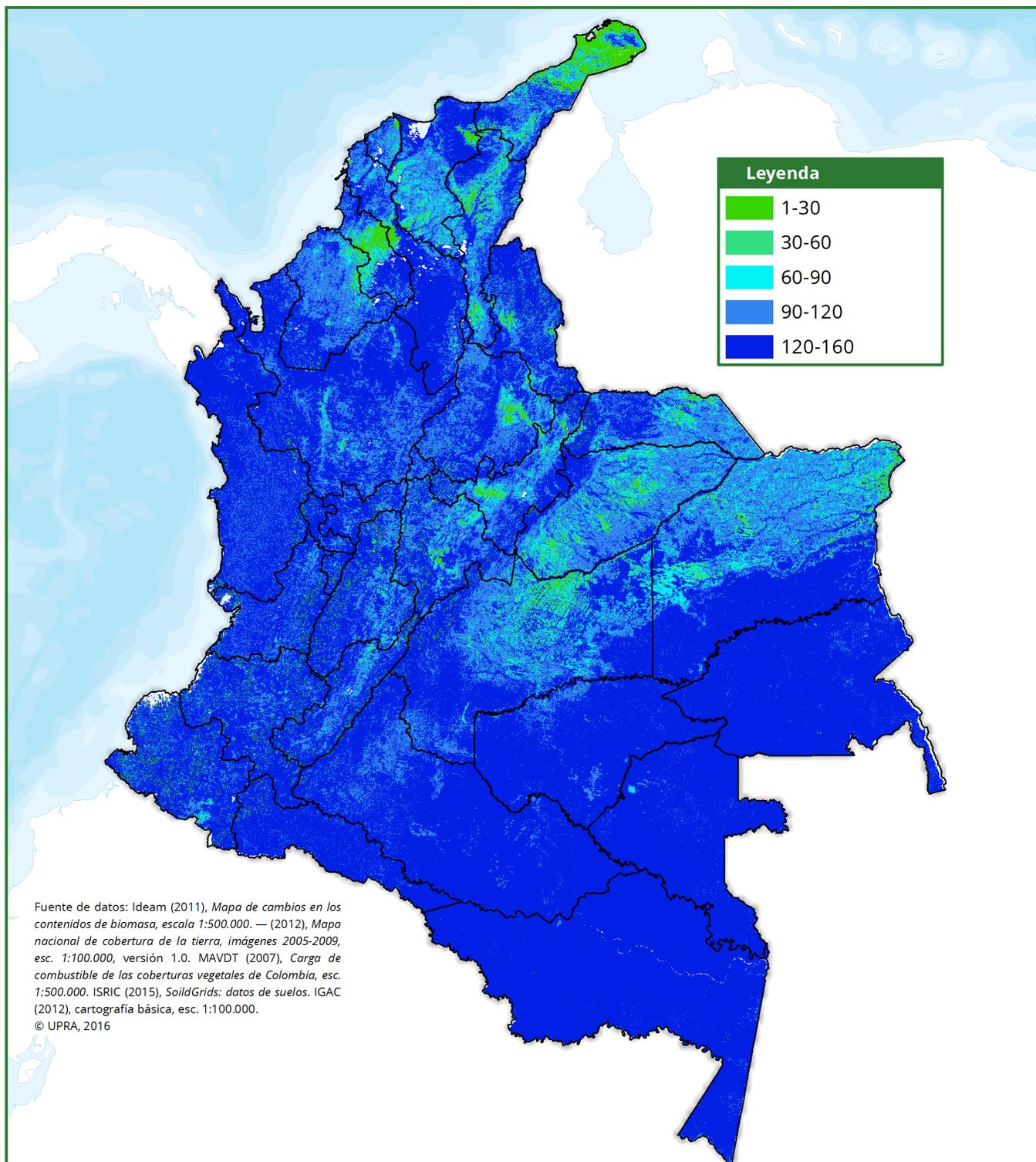
A partir de esta información cartográfica, se realiza la diferencia simétrica entre los 2 mapas, con el propósito de complementar la información faltante de biomasa en el mapa del Ideam en lo referente a coberturas no boscosas.

El mapa resultante de la diferencia simétrica se une con el mapa del Ideam (2011), obteniendo así el mapa de biomasa aérea (BA) para todas las coberturas vegetales del país.

El contenido de carbono se estima a partir de la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$CBA = BA/2$$

Biomasa aérea



Criterio variación del contenido estimado de carbono

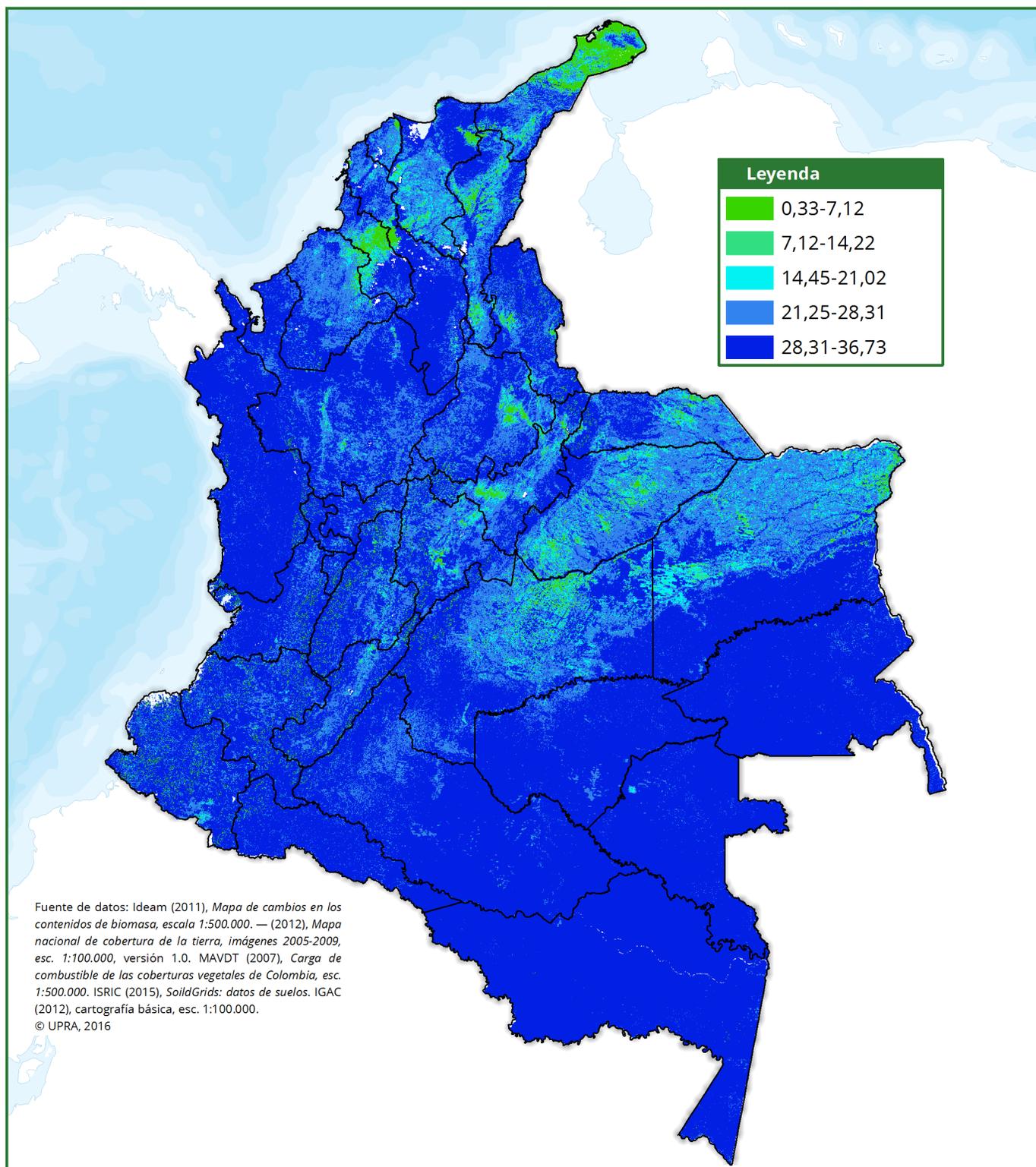
Biomasa vegetal aérea (t)

b. Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea

Por su parte, la estimación de la biomasa subterránea se efectúa de acuerdo con los fundamentos planteados por Cairns *et al.* (1997) y Brown (1992), según la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa subterránea} = e^{(-1.085 + .925 \cdot \ln(BA))}$$





Criterio variación del contenido estimado de carbono
Biomasa vegetal subterránea (t)

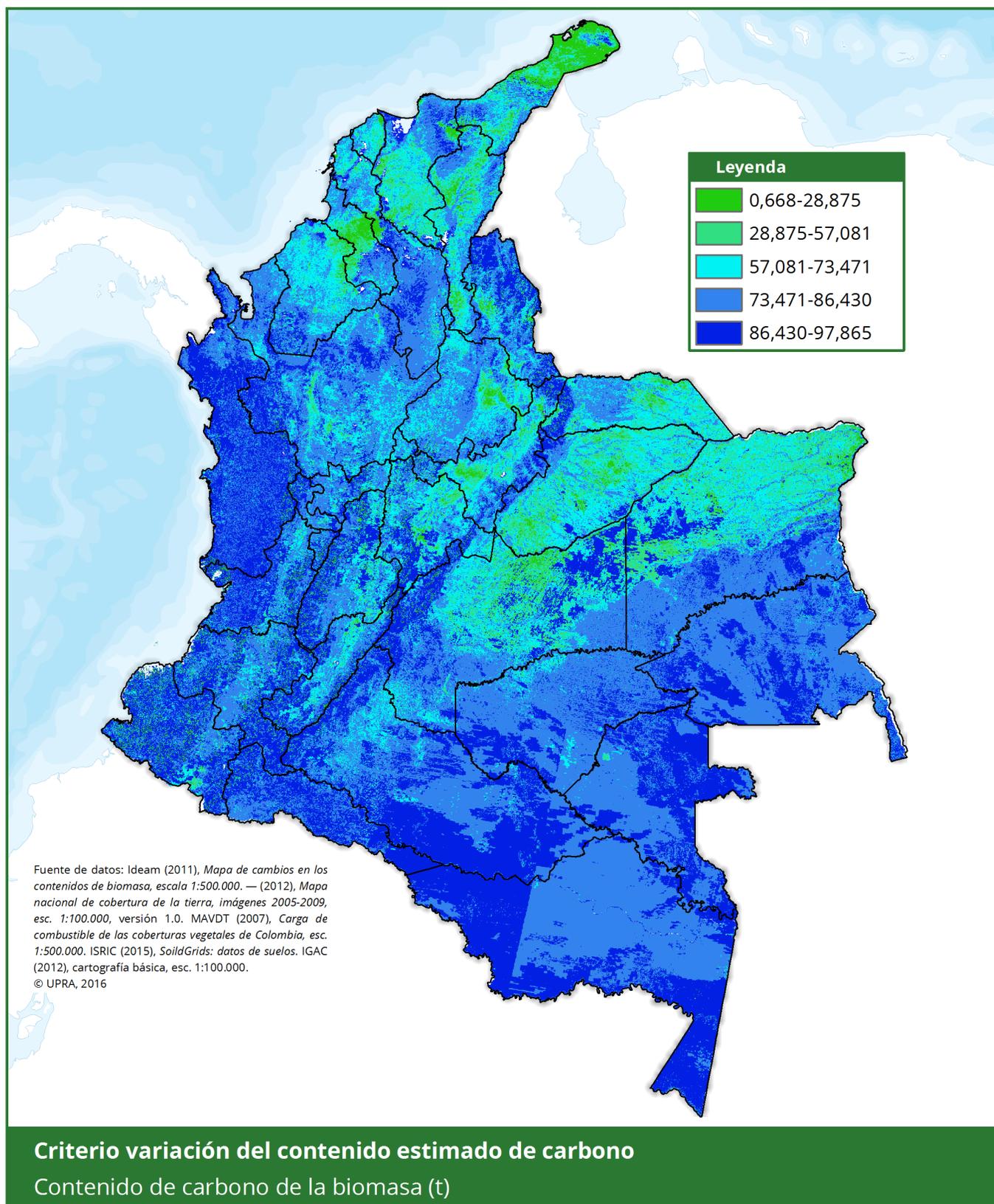
Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea se calcula el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la fórmula:

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

c. Contenido de carbono en la biomasa

Posteriormente, por medio de la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.



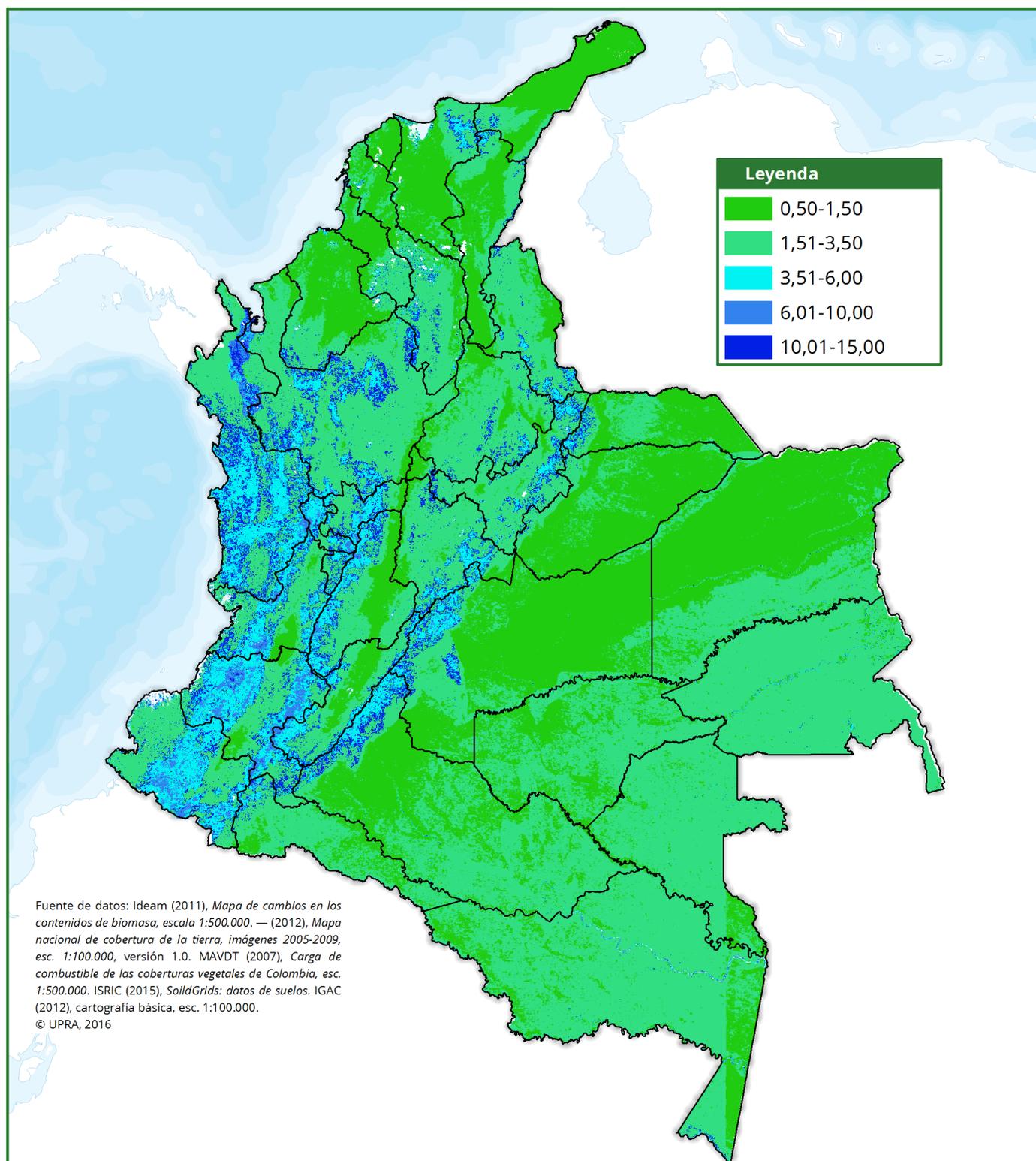


d. Contenido de carbono en el suelo

El contenido de carbono en el suelo se estima a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil world information), 2015, a partir de las capas de % C orgánico en el suelo, densidad aparente y % 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 FAO, Comisión Europea, 2013:

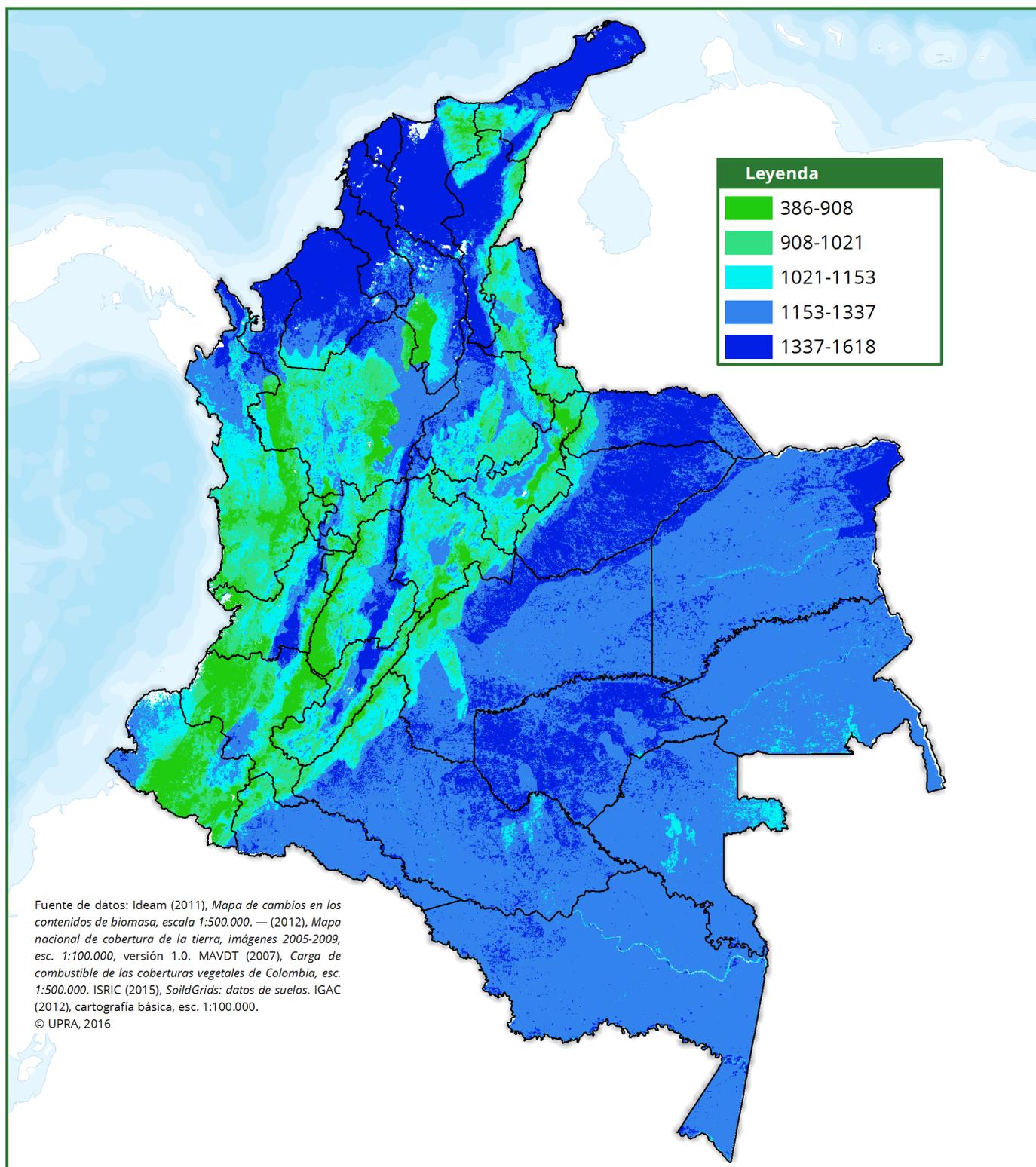
$C \text{ orgánico suelo} = \% \text{ C orgánico} * \text{ densidad aparente} * \text{ Profundidad} (0,3 \text{ m}) * (1 - \% \text{ fragmentos gruesos})$



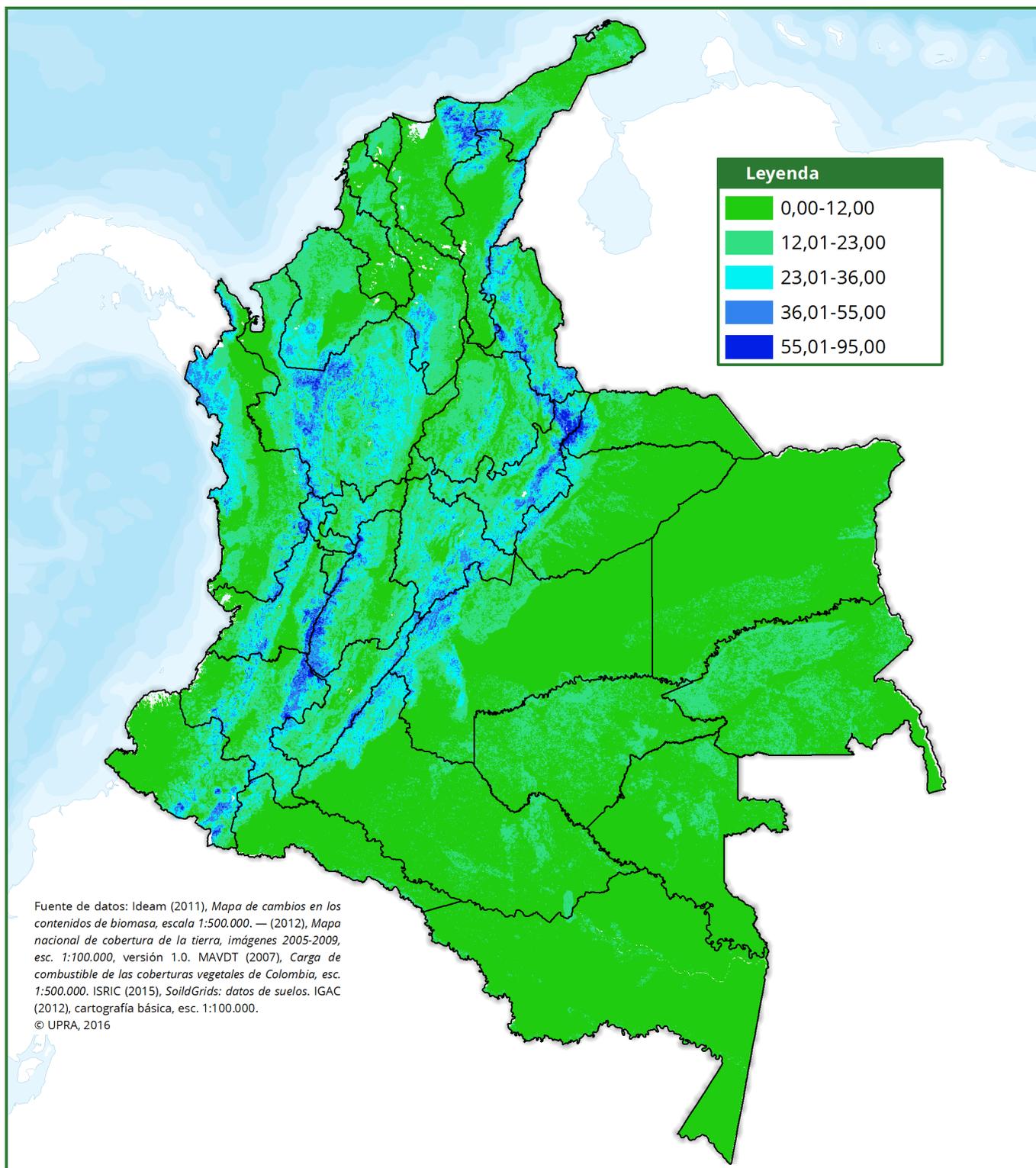


Criterio variación del contenido estimado de carbono

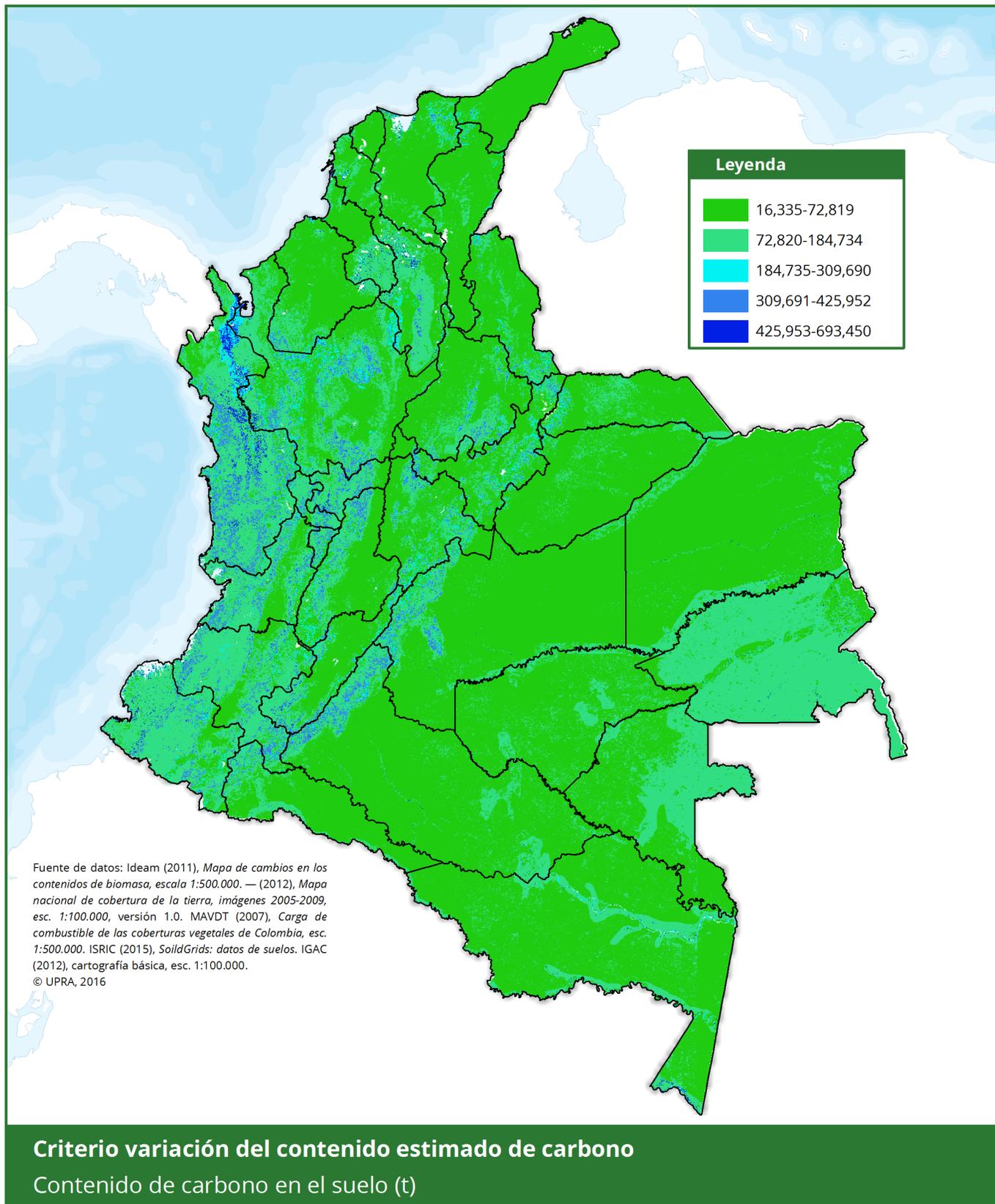
Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (%)



Criterio variación del contenido estimado de carbono
Densidad aparente del suelo (g/cm)

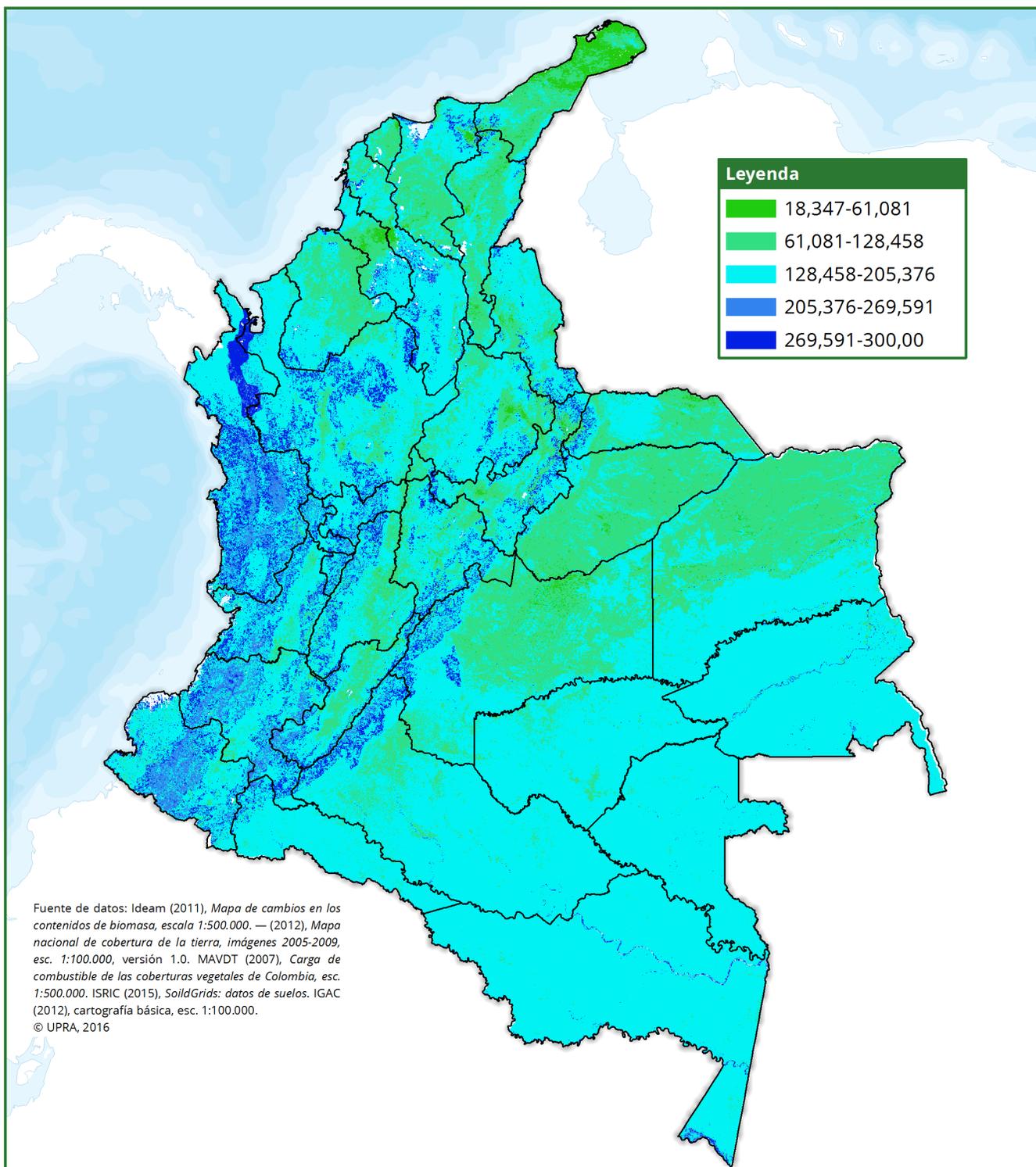


Criterio variación del contenido estimado de carbono
Porcentaje de fragmentos gruesos (%)



e. Contenido de carbono total

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



Criterio variación del contenido estimado de carbono

Carbono total (t)

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

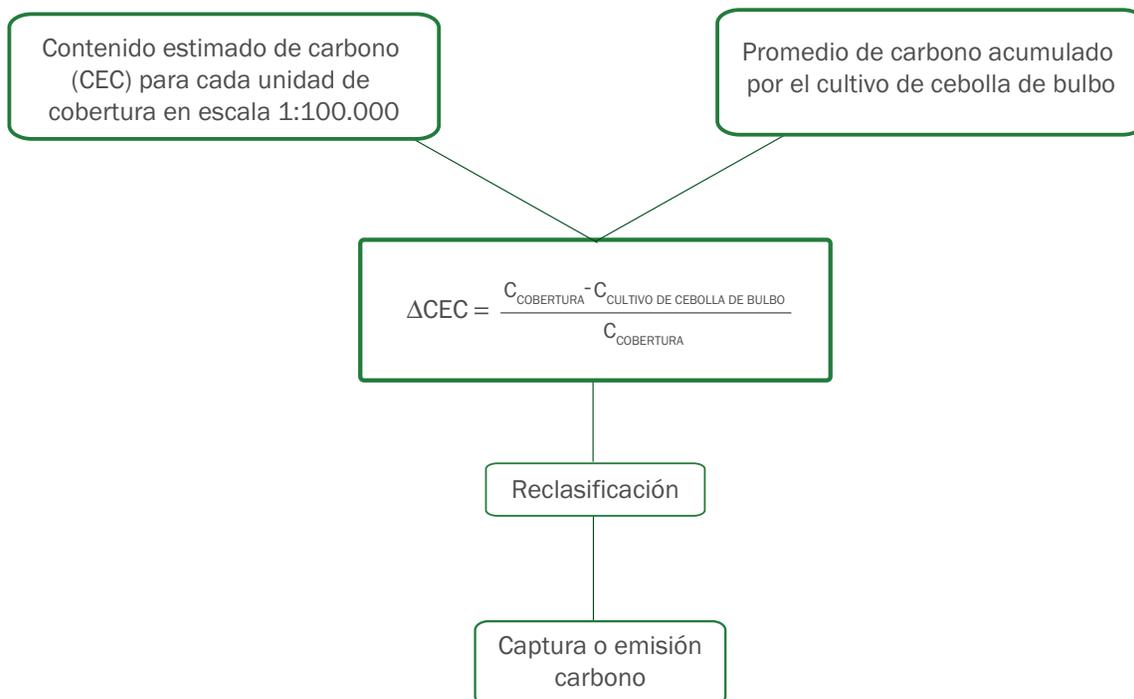
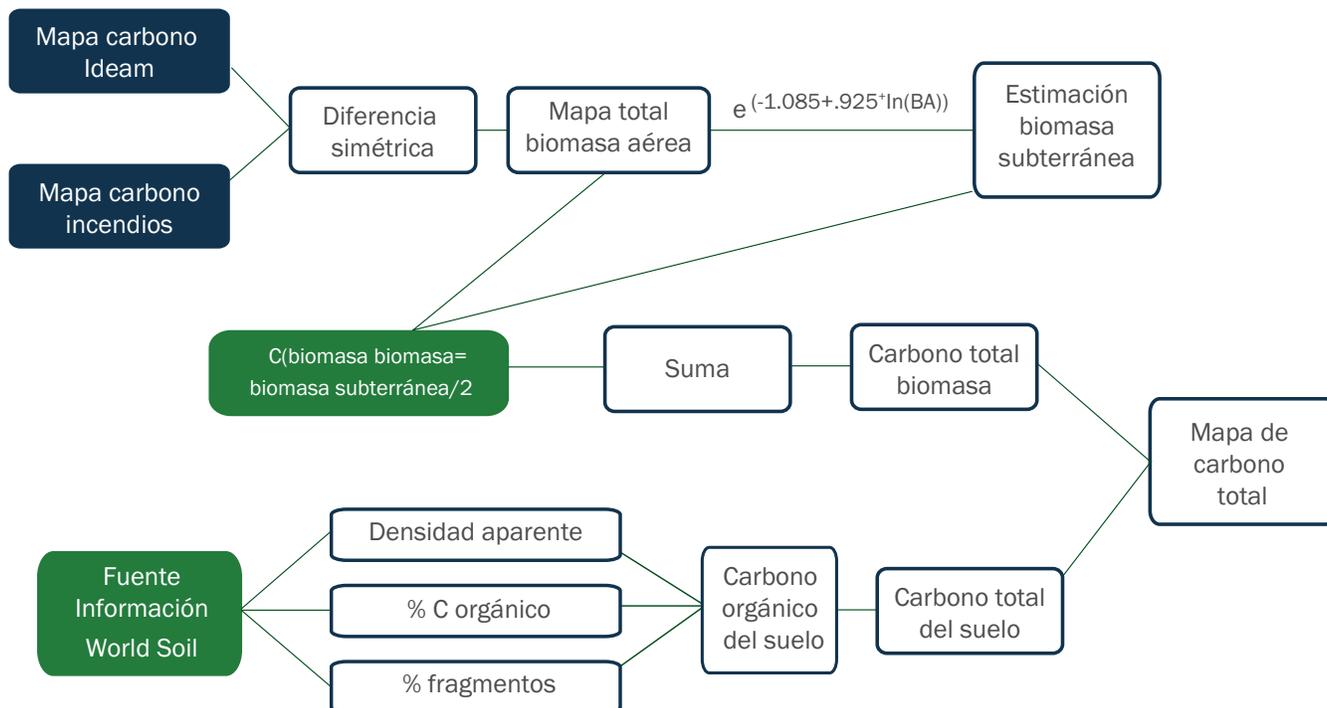
La calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono se lleva a cabo mediante la comparación entre el contenido estimado de carbono (CEC)⁵ para cada unidad de cobertura en escala 1:100.000, con el valor de referencia del contenido estimado de carbono en el cultivo de la cebolla de bulbo, con el fin de obtener el mapa de la variación del contenido de carbono total frente al cultivo de la cebolla de bulbo.

$$\Delta CEC = [C_COBERTURA - C_(\text{CULTIVO DE CEBOLLA DE BULBO})] / C_COBERTURA$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de un nuevo cultivo de la cebolla de bulbo puede representar tres posibilidades: fijar una mayor cantidad de carbono en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el reemplazo representa una ganancia en términos de la captura (cantidad en toneladas de carbono/ha-año); puede presentarse que al establecer un nuevo cultivo de la cebolla de bulbo, este representa una cantidad capturada semejante de carbono al de la cobertura actual, o el cultivo de la cebolla de bulbo fija una menor cantidad de carbono respecto a la cobertura actual, en cuyo caso constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:

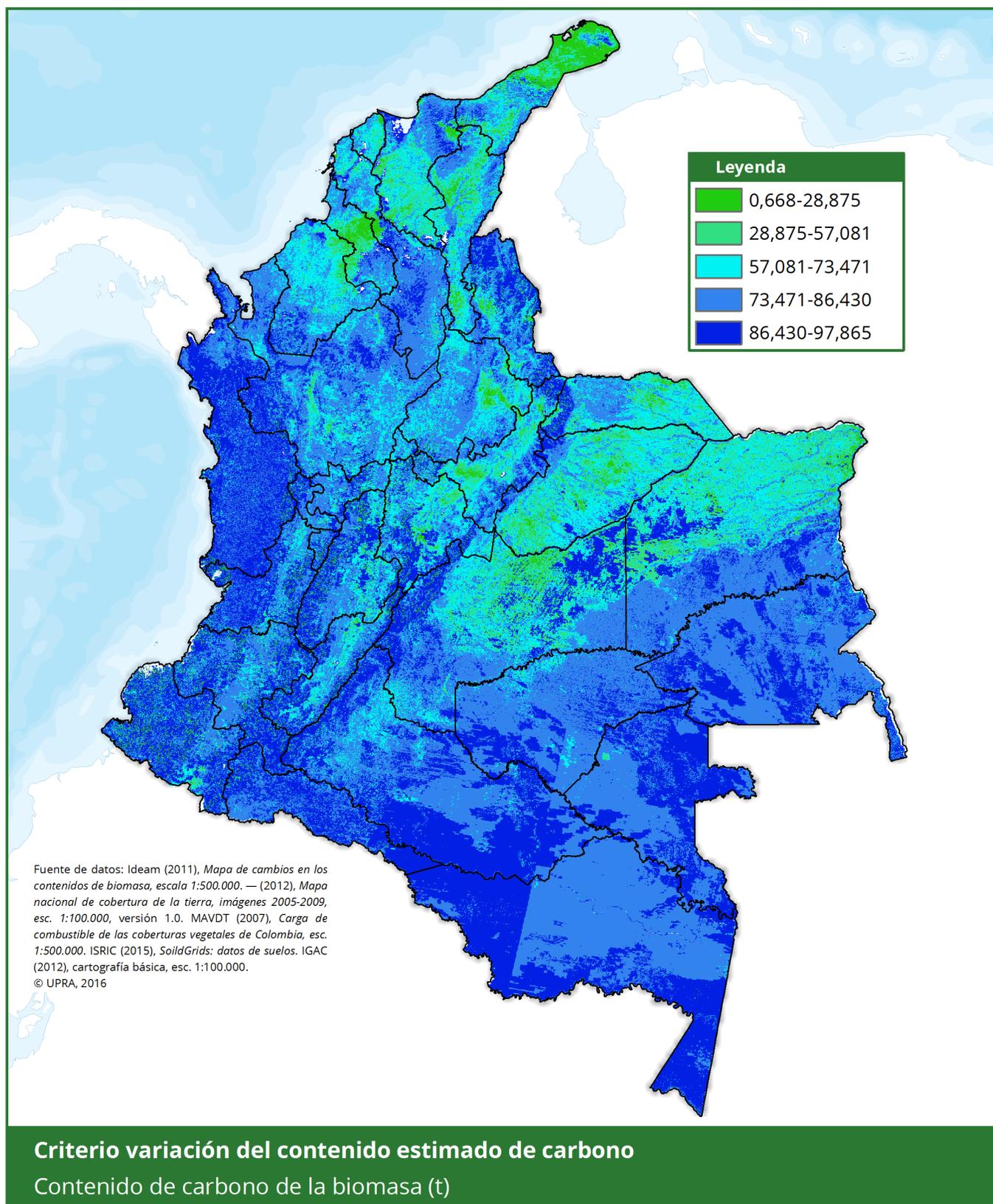
5. Valor del píxel o de la unidad de análisis espacial.



Los valores obtenidos en este mapa se reclasificaron según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

Los valores de la diferencia en carbono total frente al cultivo menor al -20 % corresponden a la categoría A1, mientras que el rango entre 0 y el -20 % corresponden a la categoría A2 y los mayores al 0 % se sitúa en la categoría A3.





Rangos para la asignación de valores de aptitud

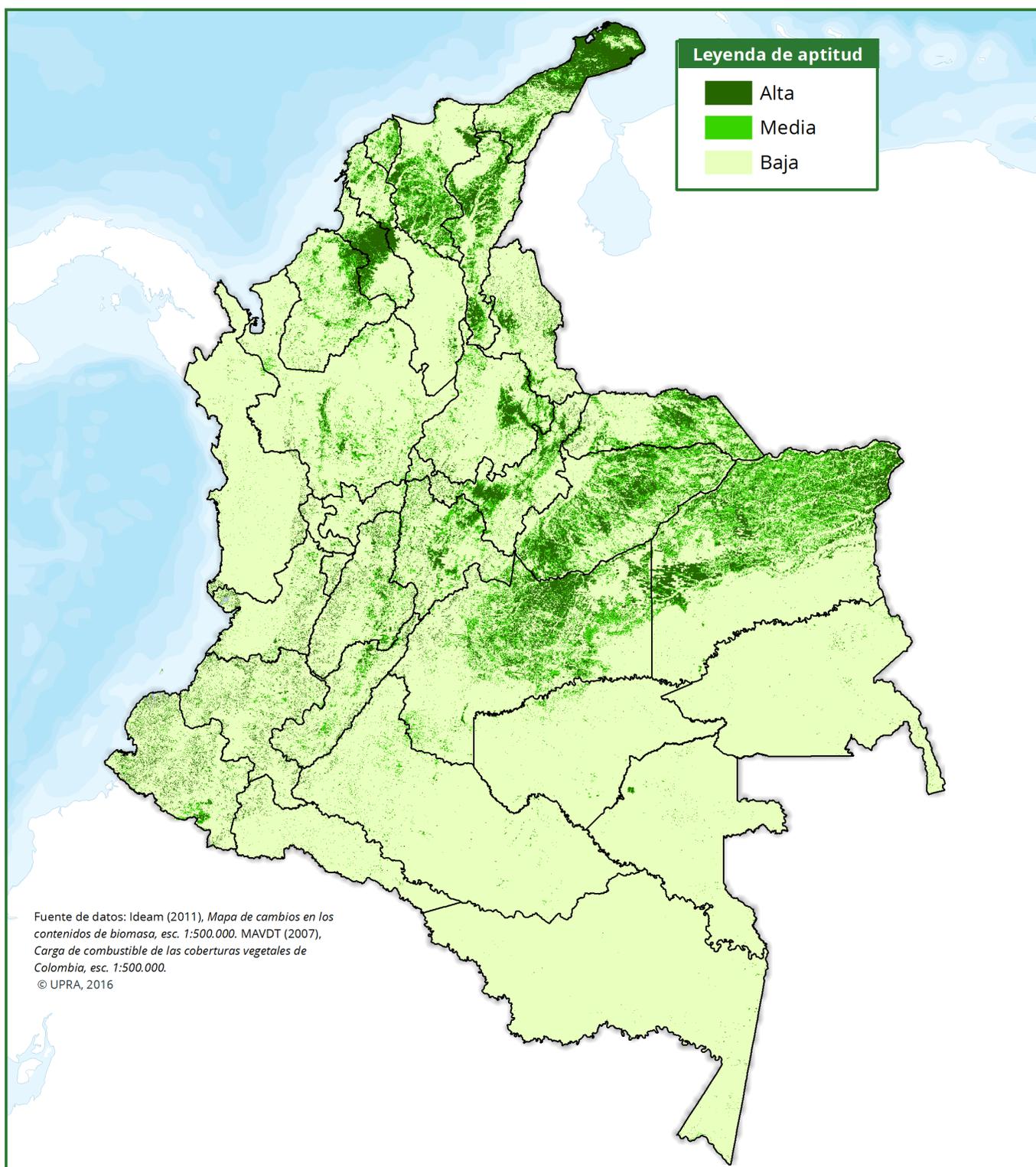
La calificación de la aptitud para el cultivo se establece siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo se convierte en sumidero de carbono.	< -20	A1
El cultivo es fuente de carbono.	> 0 y ≤ -20	A2
El cultivo es fuente de emisión de carbono alta.	≥ 0	A3

Fuentes de información

- Brown, S. y Lugo, A. (1992). «Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon». *Interciencia*, (17), 8-18.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E. y Baumgardner, G. (1997). «Root biomass allocation in the world's upland forests». *Oecología*, 111(1), 1-11.
- Canadell, J. y Raupach, M. (2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». *Science*, 320(5882), 1456-1457.
- Capoor, K. y P. Ambrosi. (2008). *State and Trends of the Carbon Market*. Washington, D.C.: World Bank Institute.
- Ideam (2011). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000*.
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. (S. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, 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. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: MAVDT.
- Phillips J., Duque, Á., Cabrera, K., Yepes, A., Navarrete, D., García, M., ...Vargas, D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. (Á. Duque, J. Phillips, y A. Yepes, Eds.) Bogotá: Ideam.
- Stern, N. 2007. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Reino Unido: Cambridge University Press.

Representación cartográfica del criterio



2.5. Criterio amenaza por incendios de la cobertura vegetal

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: amenaza por incendios de la cobertura vegetal		
Variables asociadas al criterio		
<p>Mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal en donde se consideran las siguientes categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.</p> <p>Este mapa es el resultado de la integración y evaluación de los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal - Precipitación - Temperatura - Velocidad del viento - Radiación solar - Frecuencia de incendios de la cobertura vegetal - Pendientes <p>- Es relevante mencionar que este mapa es uno de los mapas intermedios que integran el mapa nacional de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, desarrollado por el Ideam en el 2009.</p>		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Probabilidad que posee 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 a los cultivos de la cebolla de bulbo establecidas en una zona determinada.

Importancia del criterio

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, generando pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercana.

La amenaza total de incendios de la cobertura vegetal se debe entender como el peligro latente que representa la posible manifestación de este fenómeno; esta amenaza total se expresa como la probabilidad de que un evento de este tipo se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo determinado.

Limitantes de la evaluación del criterio

El principal limitante identificado está relacionado con la escala del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal ya que la escala salida de dicho mapa es 1:500.000, lo cual generaliza la información analizada y a su vez resta exactitud en el análisis.

Valor de ponderación del criterio: 0,9 %

Metodología de evaluación

El criterio amenaza de incendios de la cobertura vegetal se construyó con base en el mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, el cual relaciona factores tales como la susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal, precipitación, temperatura, velocidad del viento, frecuencia de incendios de la cobertura vegetal, pendientes y radiación solar. Este mapa tiene por objeto identificar el grado de amenaza por incendios de la cobertura vegetal que posee el país (Ideam-CONIF, 2009).

El criterio de aptitud amenaza por incendios forestales se construyó reclasificando las categorías del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal; este criterio solo tiene tres categorías (A1, A2 y A3).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

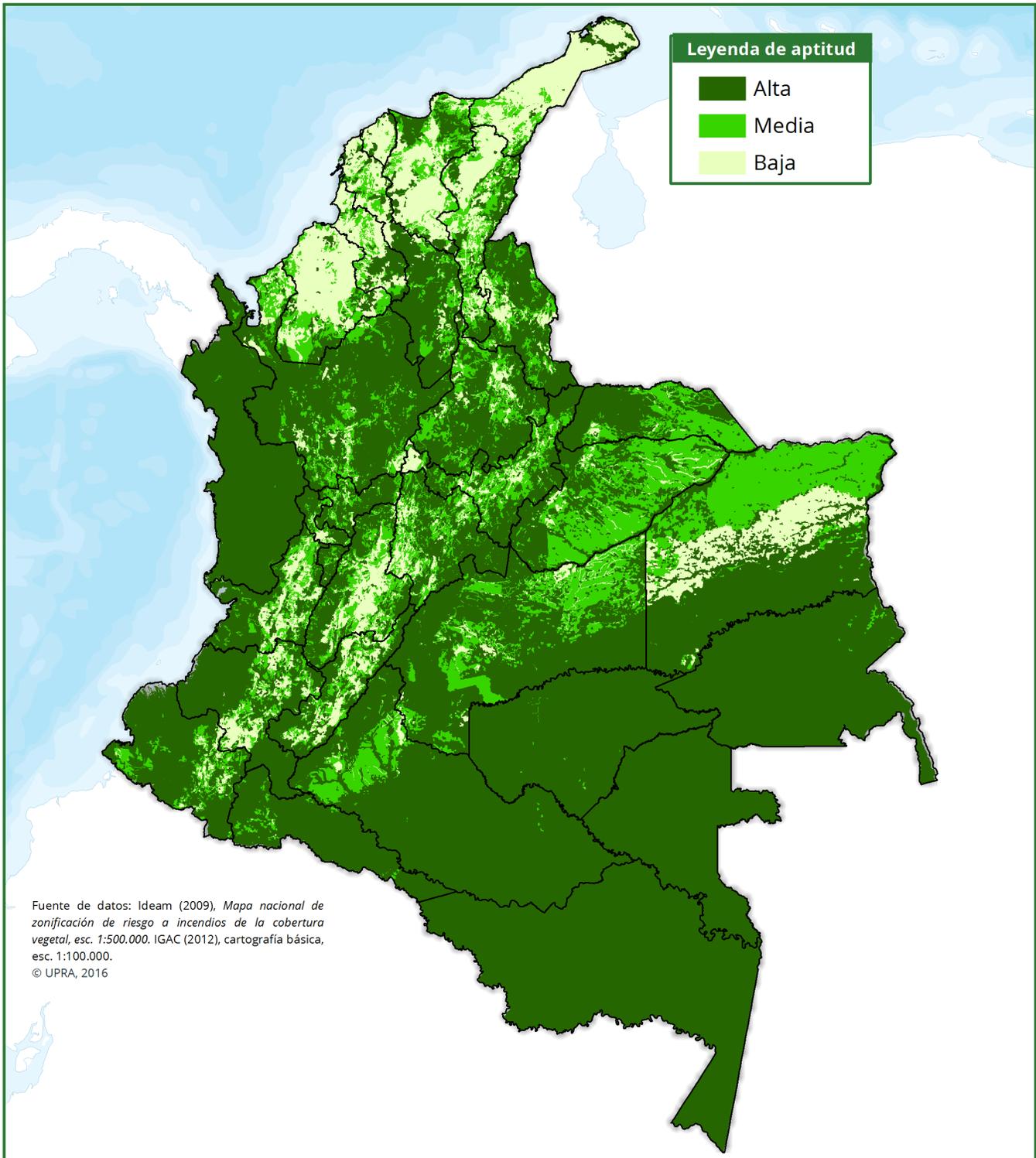
Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Categoría amenaza	Descripción	Aptitud
Muy baja y baja	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal.	A1
Moderada	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal.	A2
Alta y muy alta	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal.	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.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam (2009), *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal*, esc. 1:500.000. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio amenaza por incendio de la cobertura vegetal

3. CRITERIOS Y VARIABLES DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

3.1. Criterio indicadores económicos

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Grado de participación agropecuaria municipal. Líneas especiales de créditos (LEC). Incentivo a la capitalización rural (ICR). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Valores estadísticos que muestran el comportamiento de la economía. Estos ayudan a analizar y prever el comportamiento de la misma, representan una realidad económica de manera cuantitativa y directa, y miden las variables durante un cierto periodo.

Importancia del criterio

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 que se encuentra el desarrollo del cultivo comercial de la cebolla de bulbo.

Un desempeño económico más alto, mayores créditos y más incentivos a la cadena de la cebolla de bulbo en un municipio son indicadores de que, en relación con el resto de los municipios de Colombia, el aparato productivo está mejor adecuado a los requerimientos de la actividad asociada a la cebolla de bulbo y que la dinámica del apalancamiento financiero formal es más activa. Por lo tanto, ese municipio se considera más competitivo.

Un mayor dinamismo del apalancamiento financiero de la cadena indica una mejor acreditación de la actividad de la cebolla de bulbo y permite que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir recursos financieros, tanto para actividades propias de la actividad (establecimiento, manejo y cosecha) como para la inversión en bienes de capital por medio de créditos y de herramientas como el ICR.

Más recursos financieros de otras fuentes distintas al productor, invertidas en un entorno apropiado para las actividades productivas, mejoran la competitividad de los productores de este cultivo ya que potencia sus recursos de inversión y mejora su rentabilidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

No hay limitantes.

Valor de ponderación del criterio: 0,9 %

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 (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

Usando 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 el criterio: A1, alta; A2, media, y A3, baja, como se presentan en la siguiente tabla:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Indicadores económicos	Municipios con sumatoria de aptitud ≥ 7	Municipios con sumatoria de aptitud entre 5 y 6	Municipios con sumatoria de aptitud ≤ 4

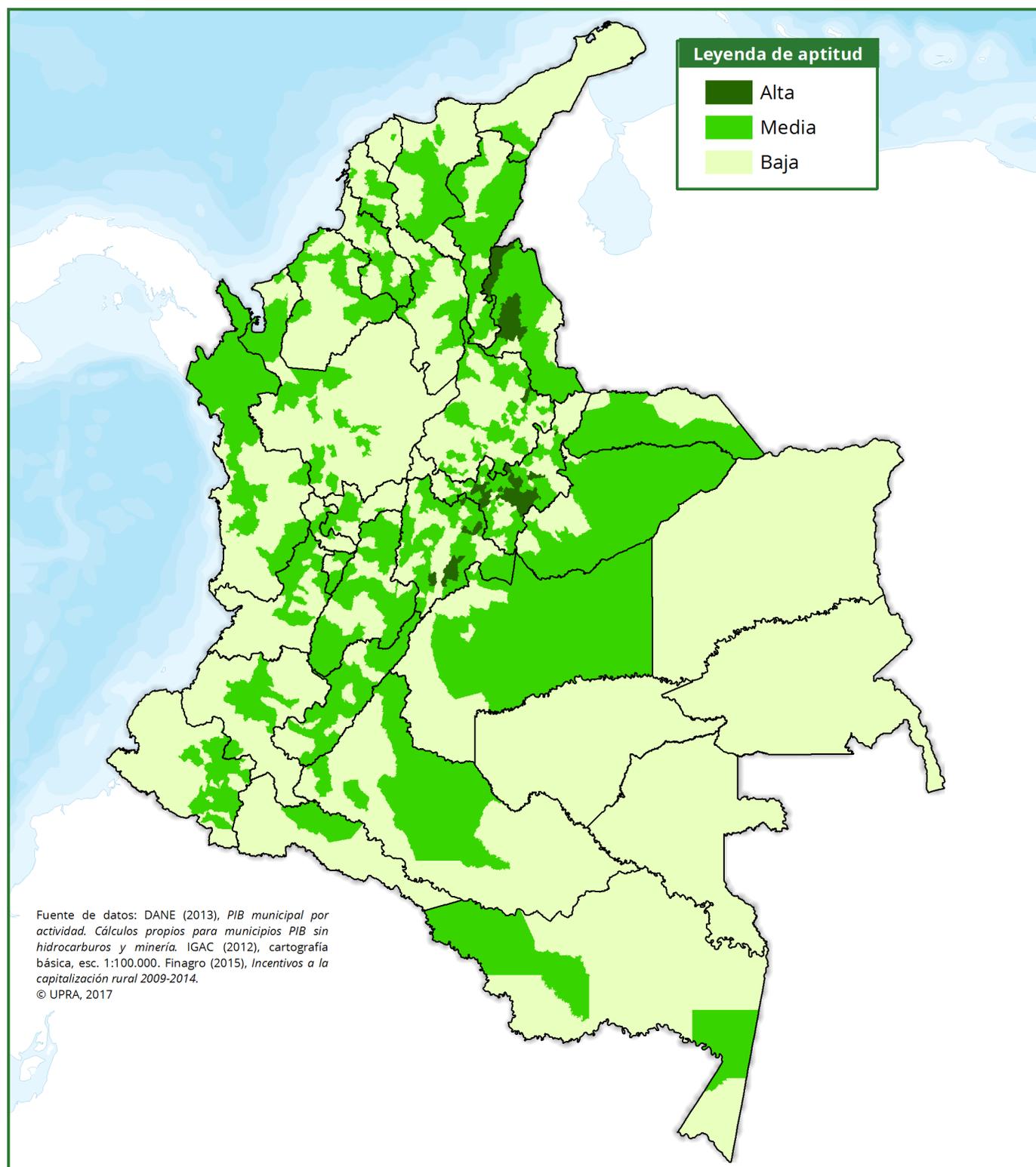
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Grado de participación agropecuaria municipal	Porcentaje (%)	Municipio > 27 %	Municipios entre 10 % y 27 %	Municipios < 10 %
Líneas especiales de créditos (LEC)	Pesos	Municipios con líneas especiales de crédito otorgados \geq \$ 2,2 millones	Municipios con líneas especiales de crédito otorgados entre \$ 41.000 hasta \$ 2,2 millones	Municipios sin historial
	Índice de competitividad (IC)	IC \geq 0,077	IC < 0,077	
Incentivo a la capitalización rural (ICR)	Pesos	Municipios con Incentivos ICR otorgados \geq \$ 9,5 millones	Municipios con incentivos ICR otorgados entre \$ 710.000 hasta \$ 9,5 millones	Municipios sin historial
	Índice de competitividad	IC \geq 0,1845	IC < 0,1845	

Fuentes de información

- DANE. (2017). *Cuentas departamentales* [PIB Regional, sin hidrocarburos y minería 2012; PIB Agropecuario, departamental y municipal, 2013]. Recuperado de <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola*. Bogotá: Minagricultura.

Representación cartográfica del criterio



Criterio indicadores económicos

3.1.1. Variable grado de participación agropecuaria municipal

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: grado de participación agropecuaria municipal	Unidad de medida: porcentaje de participación medida como la relación del valor estimado de la producción agropecuaria	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Porcentaje del valor estimado de la producción agropecuaria con respecto al PIB total, sin explotaciones mineras, en el municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Busca medir indirectamente el nivel de vocación agropecuaria del municipio de modo que, si el sector agropecuario tiene una mayor participación porcentual que otros sectores dentro del municipio, su vocación agropecuaria es mayor.

Un mayor grado de participación agropecuaria municipal evidencia una mayor aptitud competitiva para el desarrollo de actividades económicas relacionadas con el sector agropecuario, 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 la cebolla de bulbo.

Limitantes de la evaluación de la variable

El valor agregado municipal define la cantidad de recursos generados en el municipio para cada sector. Como en el país hay varios municipios con un sector minero influyente, es necesario quitar ese sesgo y, por ende, en el análisis se intenta disminuir el impacto del sector explotación de minas y canteras (extracción de carbón, petróleo, minerales metálicos y no metálicos). Lo anterior con el fin de tener una medida más realista de la vocación agropecuaria de los municipios en el país y así poder zonificar.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Grado de participación agropecuaria municipal	Aptitud
Municipios \geq 27 %	A1
Municipios entre 10 % y 27 %	A2
Municipios < 10 %	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

La distribución del PIB por sectores a nivel municipal no es fácil de obtener, por tal razón se utiliza una manera indirecta de calcularlo por medio de información a nivel de departamento en la que se distribuye la participación de los municipios del departamento en cada sector económico.

Al tener la participación de un municipio en el PIB departamental según el sector agropecuario, por ejemplo, solo se necesita saber cuál es el valor nominal del sector en el departamento para saber indirectamente (aplicando la información explicada en el párrafo anterior) cuál es el valor del sector agropecuario en el municipio.

Este ejercicio se hace para cada sector, cada municipio y cada departamento, y así se obtiene el valor estimado de la producción agropecuaria municipal.

Se hace un análisis de participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal por sector sobre el PIB municipal y, como se tiene el sesgo de los altos valores que generan el sector minero, se decide usar el cálculo del PIB municipal sin extracción de minas y canteras, para hacer el ejercicio de ponderación por sector y así calcular la participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal. A mayor participación del sector agropecuario mayor es su vacación y, por tanto, mayor su aptitud.

2. Precisión de la información.

Se realiza un promedio del valor estimado de la producción agropecuaria municipal el PIB sin hidrocarburos y minería, con el fin de obtener la participación del sector por municipio.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Este indicador marca la potencialidad de cada municipio para generar valor agregado legítimo que se trabaja y se redistribuye en gran parte en la misma región y que su calificación denota territorios con mayor ventaja competitiva para producir y generar ingresos provenientes del sector agropecuario.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

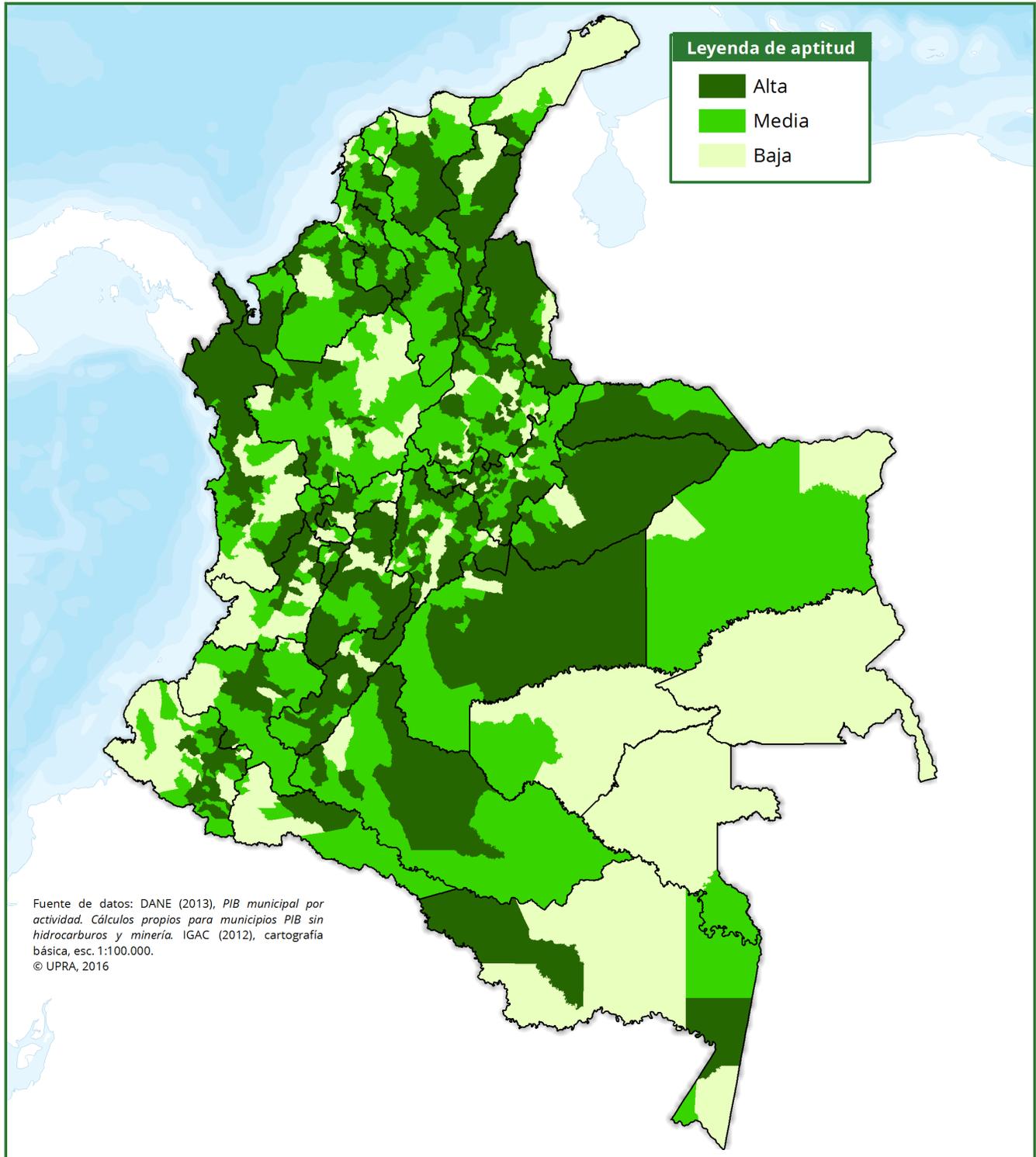
Municipios con mayor participación del valor estimado de la producción agropecuaria municipal sobre el PIB sin hidrocarburos y minería del municipio en porcentaje.

Fuentes de información

- DANE. (2017). *Cuentas departamentales* [PIB Regional, sin hidrocarburos y minería 2012; PIB Agropecuario, departamental y municipal, 2013]. Recuperado de <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



Criterio indicadores económicos
Variable grado de participación agropecuaria municipal

3.1.2. Variable líneas especiales de créditos (LEC)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: líneas especiales de créditos (LEC)	Unidad de medida: a. Promedio por municipio de las líneas especiales de créditos otorgados al cultivo de la cebolla de bulbo en línea (LEC) entre 2009 y 2015. b. Índice de competitividad (IC).	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Préstamos formales otorgados a personas naturales o jurídicas para desarrollar diferentes actividades, desde el proceso de producción y comercialización hasta la transformación primaria de los bienes.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite dimensionar el apalancamiento financiero de la explotación comercial del cultivo de la cebolla de bulbo en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Existe una relación directa entre las líneas especiales de créditos otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios con mayor valor promedio de líneas especiales de créditos otorgados en un periodo de tiempo determinado reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad comercial del cultivo de la cebolla de bulbo, permitiendo que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir apalancamiento financiero.

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de líneas especiales de créditos e ICR están definidas según el municipio donde son solicitados. En campo, se ha constatado que hay solicitudes hechas en municipios diferentes a donde realmente se utiliza el crédito, ya sea por la trayectoria como cliente o por su ubicación de residencia; esta situación puede mostrar volúmenes de créditos errados en algunos casos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Valor promedio por municipio de las líneas especiales de crédito (LEC) otorgados al sector entre 2009 y 2015 (pesos)	Aptitud
Índice de competitividad (IC)	
Municipios con líneas especiales de crédito otorgados \geq \$ 2,2 millones IC \geq 0,077	A1
Municipios con líneas especiales de crédito otorgados entre \$ 41.000 hasta \$ 2,2 millones IC $<$ 0,077	A2
Municipios sin historial	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Créditos otorgados a la explotación comercial de los productos hortofrutícolas (Finagro, 2015).

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden al valor total entre 2009 y 2015, 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 valor promedio municipal de las líneas especiales de créditos otorgados en millones de pesos para los años 2009-2015 con base en los datos reportados por la fuente. Para este procedimiento, se establece la aplicación de precios constantes ya que permite trabajar con valores de diferentes periodos, al ser corregidos el uno con respecto al otro mediante un deflactor.

4. Cálculo del índice de competitividad y sus rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de una explotación comercial.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

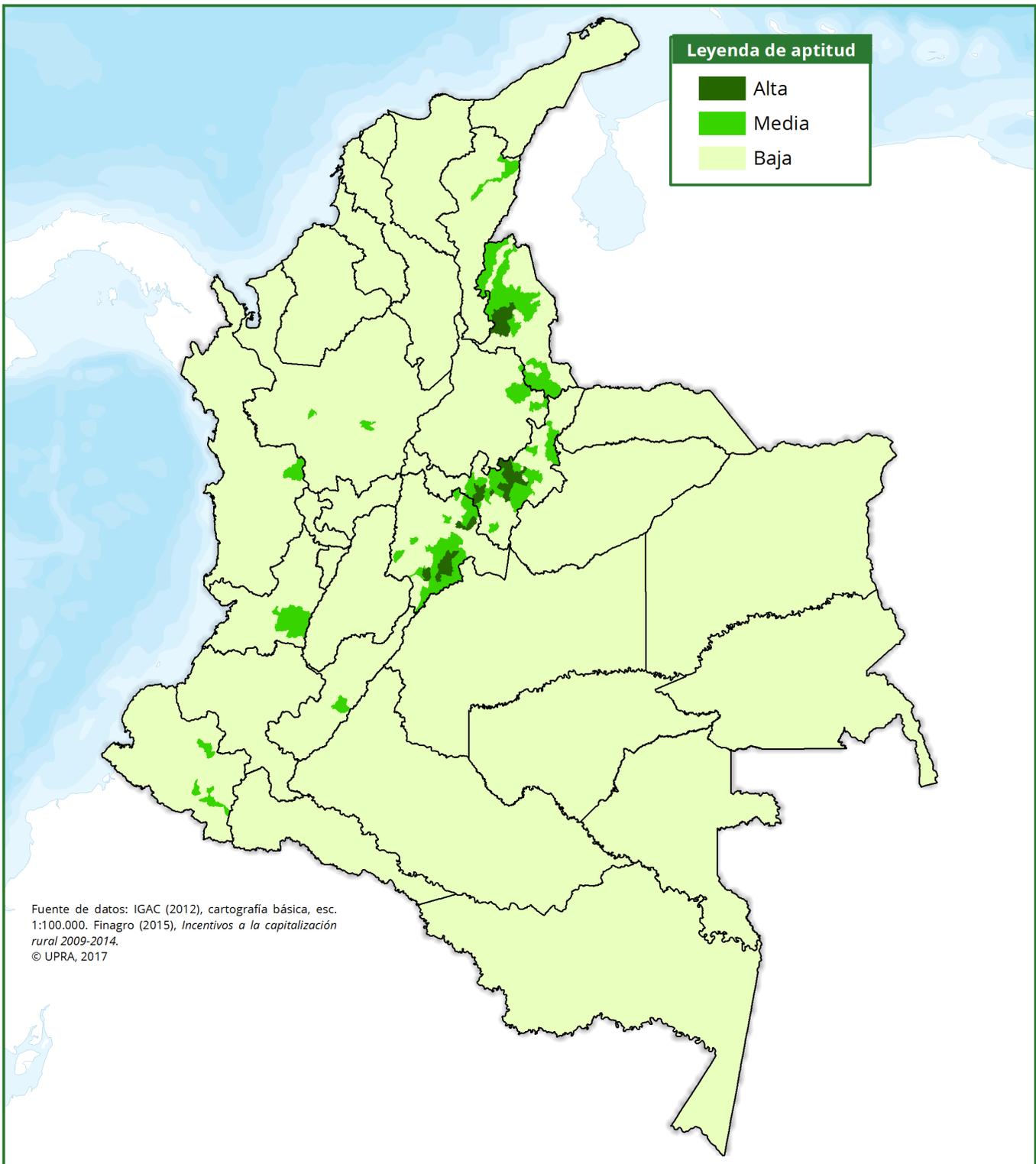
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta las estadísticas descriptivas y la dispersión de los datos de las líneas especiales de créditos otorgados. Para este caso, los estadígrafos de referencia calculados fueron la mediana y el promedio nacional por municipio, por medio de precios constantes.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola*. Bogotá: Minagricultura.



Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Finagro (2015), *Incentivos a la capitalización rural 2009-2014*. © UPRA, 2017

Criterio indicadores económicos
Variable líneas especiales de crédito (LEC)

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: incentivo a la capitalización rural (ICR).	Unidad de medida: a. Promedio anual 2009-2015 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio. b. Índice de competitividad (IC).	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Apoyo económico no reembolsable otorgado mediante el abono al saldo del capital del crédito contraído por el productor para la ejecución de nuevos proyectos de inversión, orientados a mejorar la infraestructura de producción y de comercialización agropecuaria (Minagricultura, 2012).

Importancia de la variable para el cultivo

Permite dimensionar el apalancamiento financiero del sector de la cebolla de bulbo en el municipio, es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Permite mejorar la competitividad de los productores, mediante el apoyo a la inversión en bienes de capital. El incentivo a las inversiones en infraestructura para la producción, transformación y comercialización de la cebolla incide en la disminución de los costos de producción, lo que se traduce en el mejoramiento de su flujo de caja y el aumento de la rentabilidad de su 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 la cebolla de bulbo y una mayor actividad relacionada con la cadena productiva, ya que dispone de recursos financieros adicionales. Todo lo anterior promueve la generación de mejores condiciones para el fomento del subsector en un municipio con relación a los demás municipios del país.

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de líneas especiales de créditos e ICR está definida según el municipio donde son solicitados. En campo se ha constatado que hay solicitudes hechas en municipios diferentes a donde realmente se utiliza el crédito, ya sea por la trayectoria como cliente o por su

ubicación de residencia; esta situación puede mostrar volúmenes de créditos errados en algunos casos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Valor promedio anual 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (pesos)	Aptitud
Índice de competitividad (IC)	
Municipios con incentivos ICR otorgados \geq \$ 9,5 millones (IC \geq 0,1845)	A1
Municipios con incentivos ICR otorgados entre \$ 710.000 hasta \$ 9,5 millones (IC $<$ 0,1845)	A2
Municipios sin historial	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector Hortofrutícola*.

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 2009-2015, con base en los datos reportados por la fuente. Para este procedimiento, se establece la aplicación de precios constantes ya que permite trabajar con valores de diferentes periodos, al ser corregidos el uno con respecto al otro mediante un deflactor.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

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 los promedios de los valores de 2009 a 2015, por medio de precios constantes. Se consulta el marco teórico y la línea base de la cadena. Para analizar los datos se elabora el histograma de distribución y se calculan estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis

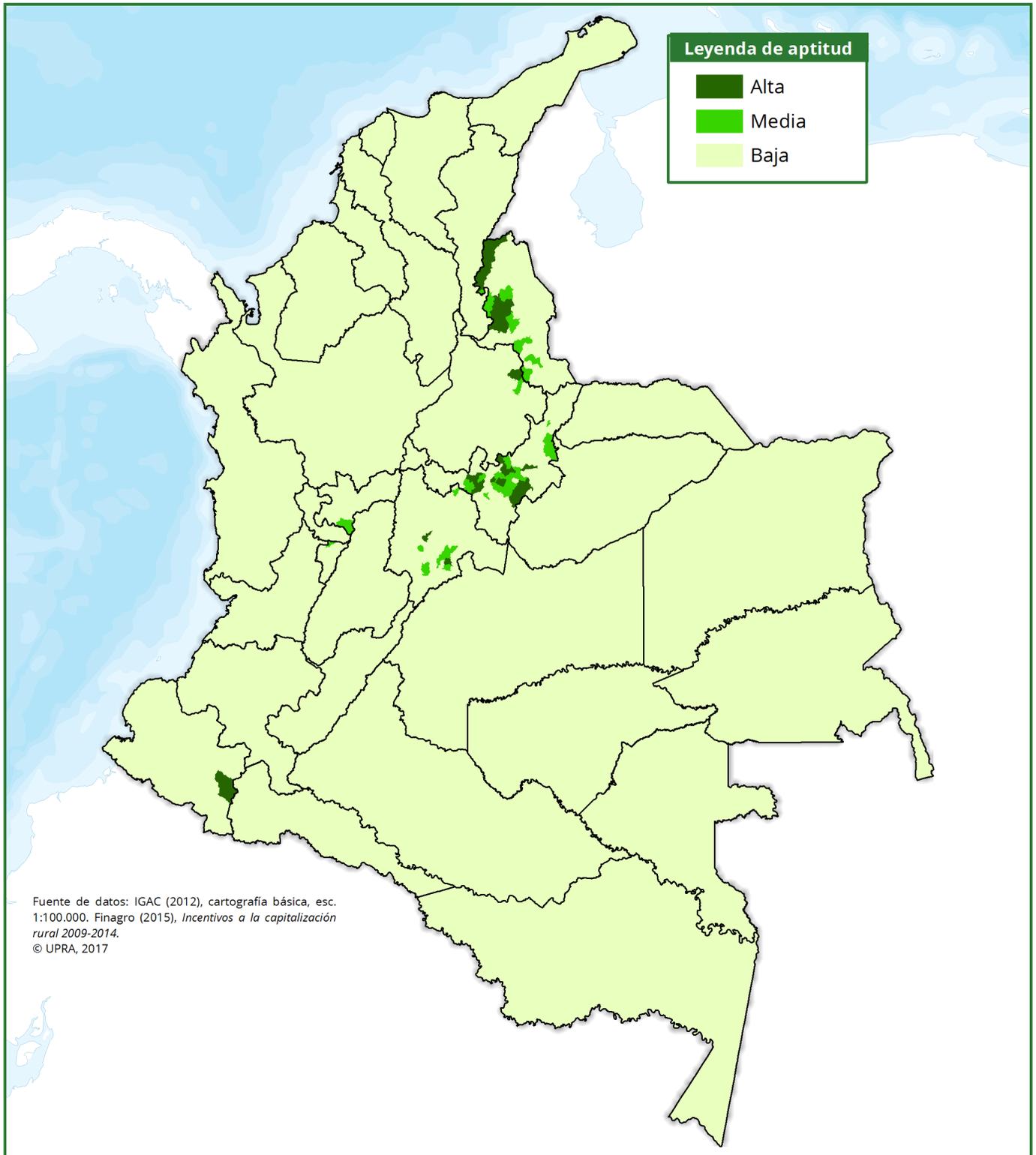
Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Líneas especiales de créditos e Incentivos ICR rural al sector Hortofrutícola*. Dirección de Financiamiento, plataforma de información El Cubo.



Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Finagro (2015), *Incentivos a la capitalización rural 2009-2014*. © UPRA, 2017

Criterio indicadores económicos
Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

3.2. Criterio tamaño de la tierra rural

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: tamaño de la tierra rural		
Variables asociadas al criterio		
Tamaño tipo de los predios rurales.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento de la UAF (2 SMMLV) por municipio y por las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.

Para efectos de la zonificación, cada municipio del país se ubica dentro de un rango de tamaño tipo predominante y, por lo tanto, en una aptitud determinada. La medición se hace por medio de la comparación predio a predio de acuerdo con la información catastral manejada en la dirección de ordenamiento territorial de la UPRA, comparada con la UAF definida en los decretos del Incoder n.º 1132 y 1133 de 2013, para el municipio donde se encuentre el predio.

Importancia del criterio

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Los costos de producción están asociados a la economía de escalas, los cuales a su vez tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

La relación de tamaño del predio y la UAF muestra cómo está distribuida la tierra a nivel municipal, y adó que el cultivo es de pequeñas áreas, se espera que las regiones donde la distribución del predio no sea mayor a 2 UAF municipales haya una aptitud mayor para acceder a la tierra y poder producir.

Limitantes de la evaluación del criterio

La fuente de información para la medición de la variable, la base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Las áreas registradas en el catastro, en la mayoría de casos, corresponden a las indicadas en los títulos de dominio como la figura

de cuerpo cierto y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.

La definición de UAF del municipio se define bajo los decretos 1132 y 1133 de 2013 por Incoder.

Valor de ponderación del criterio: 1,6 %

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.

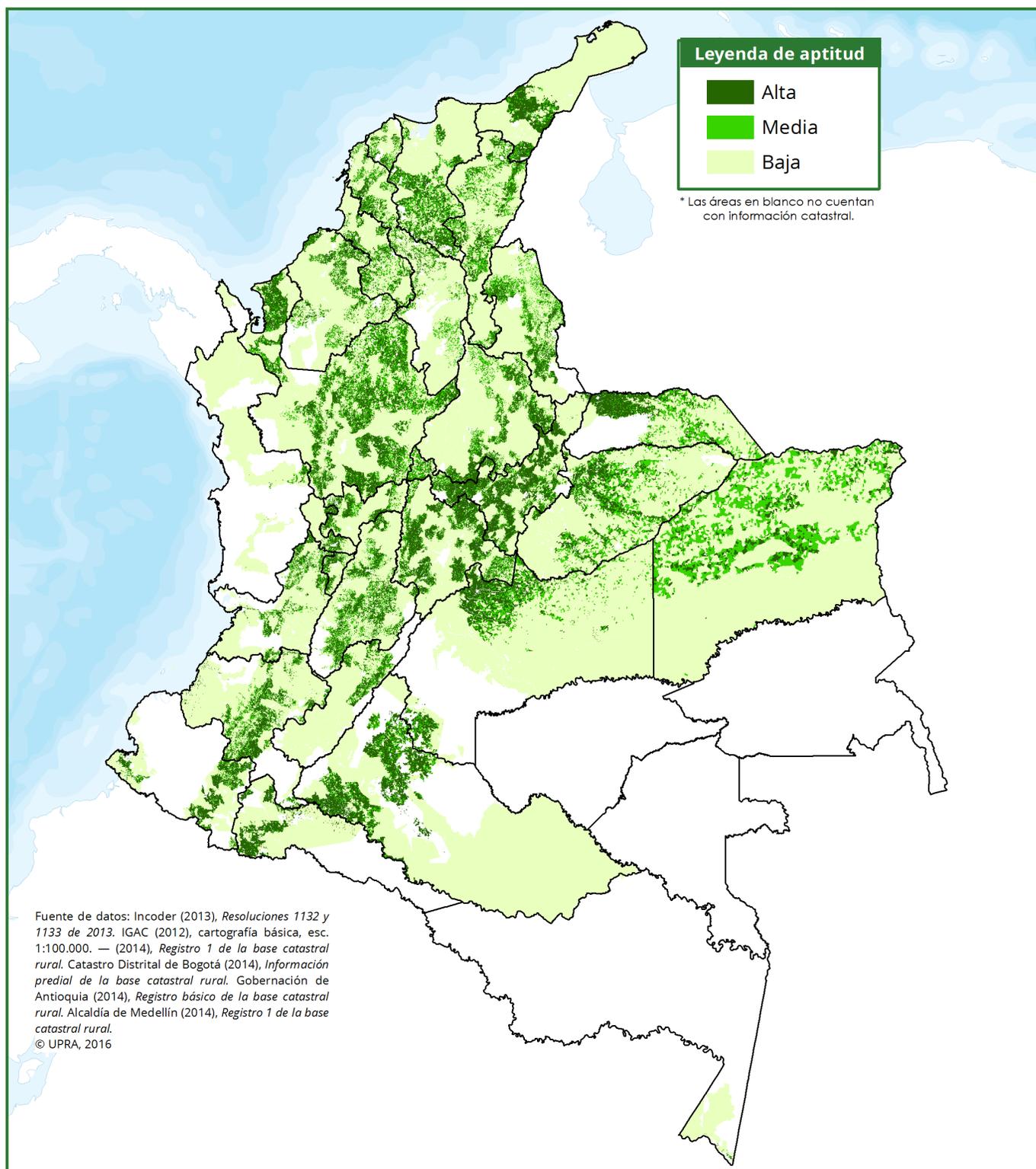
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Tamaño tipo de los predios rurales	Unidad agrícola familiar UAF	≤2 UAF	Entre 2 y 5 UAF	>5 UAF

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquía. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Incoder. (2013). *Resoluciones 1132 y 1133 de 2013*.

Representación cartográfica del criterio



3.2.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: tamaño de la tierra rural		
Variable: tamaño tipo de los predios rurales	Unidad de medida: unidad agrícola familiar (UAF)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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. Los costos de producción están asociados con la economía de escalas que, a su vez, tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

El acceso a la tierra y la posibilidad de producir manifiestan un mayor nivel de aptitud, si hay regiones del país donde el tamaño de los predios es menor a 2 UAF para el municipio significa que hay una mayor probabilidad de acceder a la tierra porque hay menor concentración de la misma, y en los cultivos hortofrutícolas el común denominador son predios pequeños. Esta relación muestra menor concentración y, por ende, genera una mayor aptitud.

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente de información para la medición de la variable es la base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Las áreas registradas en el catastro en la mayoría de casos corresponden a las indicadas en los títulos de dominio, bajo la figura de cuerpo cierto, y no a la superficie real sobre la cual se ejerce dominio o posesión.

La UAF no está definida para todos los municipios.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasificaron de acuerdo con el grado de aptitud competitiva:

Tamaño tipo, definido según el rango de tamaño predominante (UAF)	Aptitud
Predios < 2 UAF	A1
Predios entre 2 y 5 UAF	A2
Predios > 5 UAF	A3

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).

Unidad de análisis

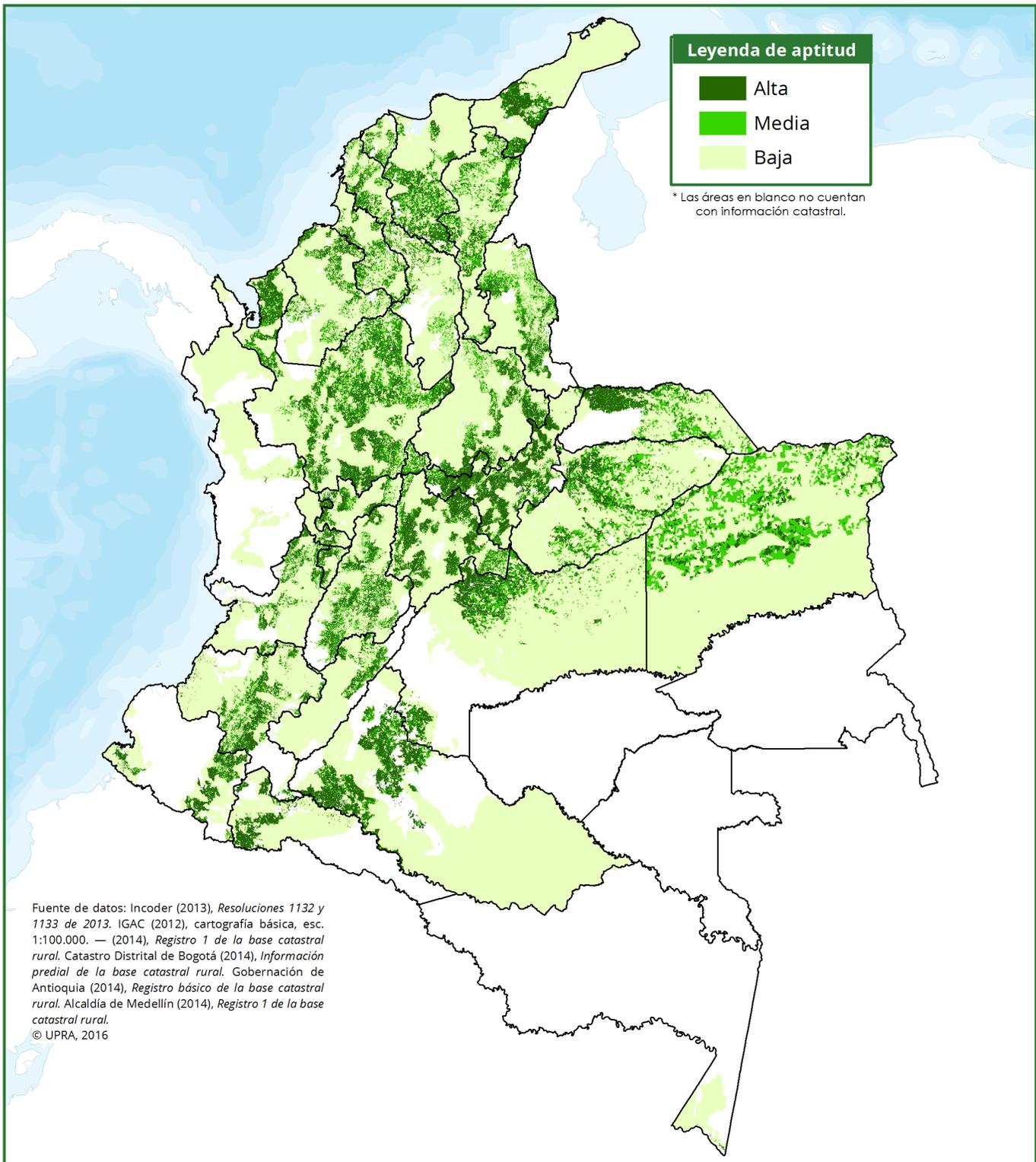
Municipio

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquía. (2014). *Predial rural Antioquía*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Incoder. (2013). *Resoluciones 1132 y 1133 de 2013*.



Representación cartográfica de la variable



Criterio tamaño de la tierra rural
Variable tamaño tipo de los predios rurales

3.3. Criterio factores productivos

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio: factores productivos		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Precio de la tierra rural municipal. Rendimientos. Cercanía a centros de consumo. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Busca espacializar algunas variables que tienen relación con los costos de producción, con el objetivo de medir el impacto y el nivel de aptitud de un sitio respecto con la tradición del cultivo, el arriendo o el precio de la tierra según sea el caso, los rendimientos medidos como toneladas producidas por hectárea y la distancia con los centros de consumo de la hortaliza.

Importancia del criterio

Busca medir los principales rubros de los costos de producción del cultivo a nivel municipal, dado que son los costos de producción los que definen la viabilidad económica y financiera de cualquier proceso productivo. El tener unas zonas de aptitud alta significa que en el territorio existen condiciones productivas de tradición, cultura agropecuaria, conocimiento y manejo agronómico del cultivo, lo que hace que la viabilidad productiva y competitiva sea mayor. A su vez, al incluir una medición relacionada con la comercialización estima indirectamente unos menores costos y, por ende, una mayor competitividad de la explotación comercial del bulbo.

Para cultivos transitorios, el precio de la tierra o los arriendos son un factor fundamental que influye directamente en los costos de producción; niveles altos de arriendo o precios altos en el valor de la tierra generan obstáculos inmediatos en la posibilidad de producir porque impactan en los costos del producto cosechado.

Limitantes de la evaluación del criterio

No hay limitantes.

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 (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1, usando la siguiente ponderación para las variables: endimientos 50 %, precio de la tierra 25 % y para centros de consumo 25 %.

Los resultados de esta ponderación se agruparon en 3 categorías de aptitud competitiva para el criterio: alta (A1), media (A2) y baja, (A3).

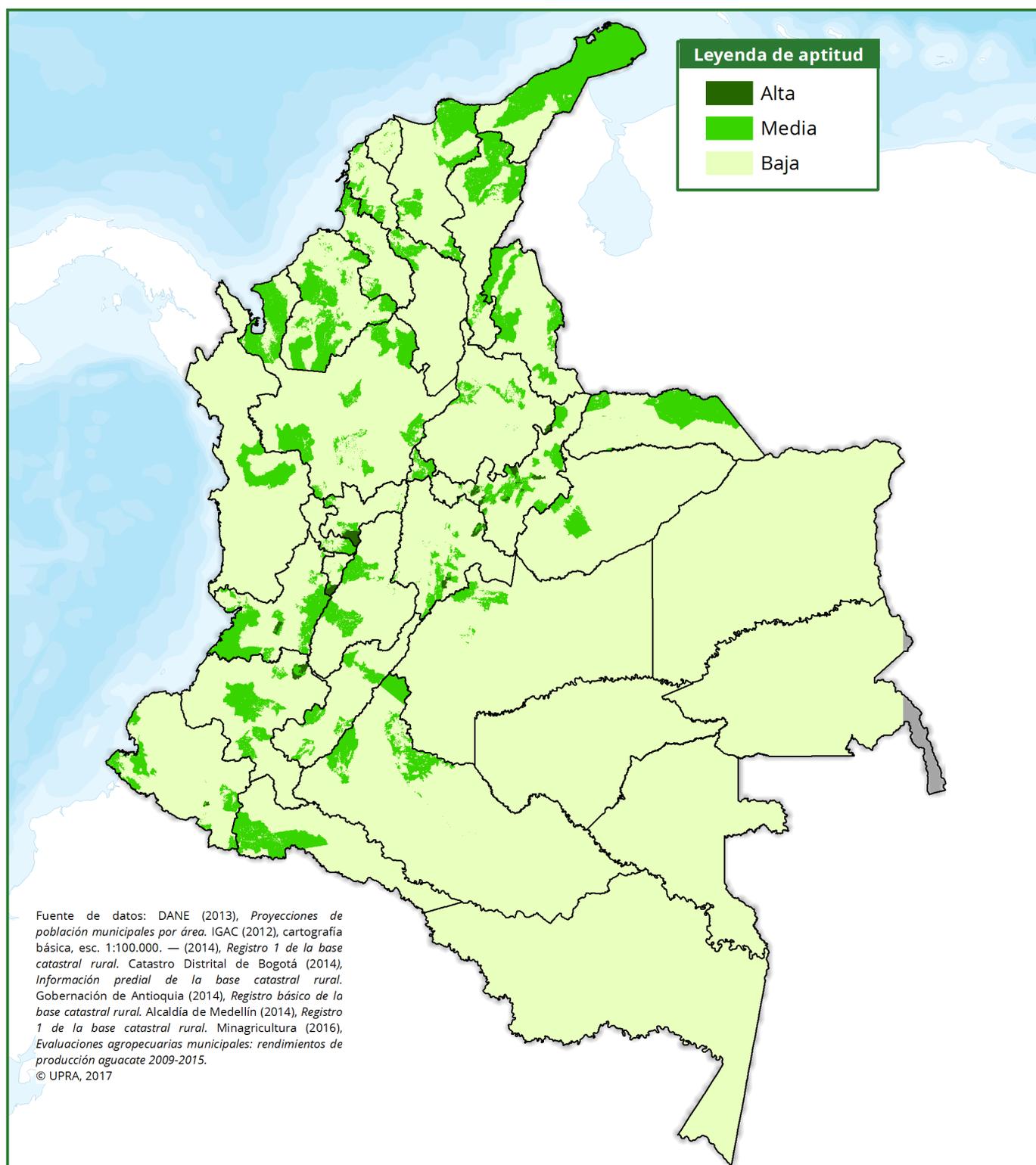
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Precio de la tierra rural	Pesos	Municipios < \$ 2 millones	Municipios entre \$ 2 millones y \$ 10 millones	Municipios > \$ 10 millones
Rendimientos (primer semestre)	t/ha	Municipios > 24,75 t/ha	Municipios entre 19 t/ha y 24,75 t/ha	Municipios < 19 t/ha
Rendimientos (segundo semestre)	t/ha	Municipios > 25 t/ha	Municipios entre 18,6 t/ha y 25 t/ha	Municipios < 18,6 t/ha
Centros de consumo	kg	Municipios \geq 174.694.171 kg	Municipios entre 311.398 kg y 174.694.171 kg	Municipios < 311.398 kg

Fuentes de información

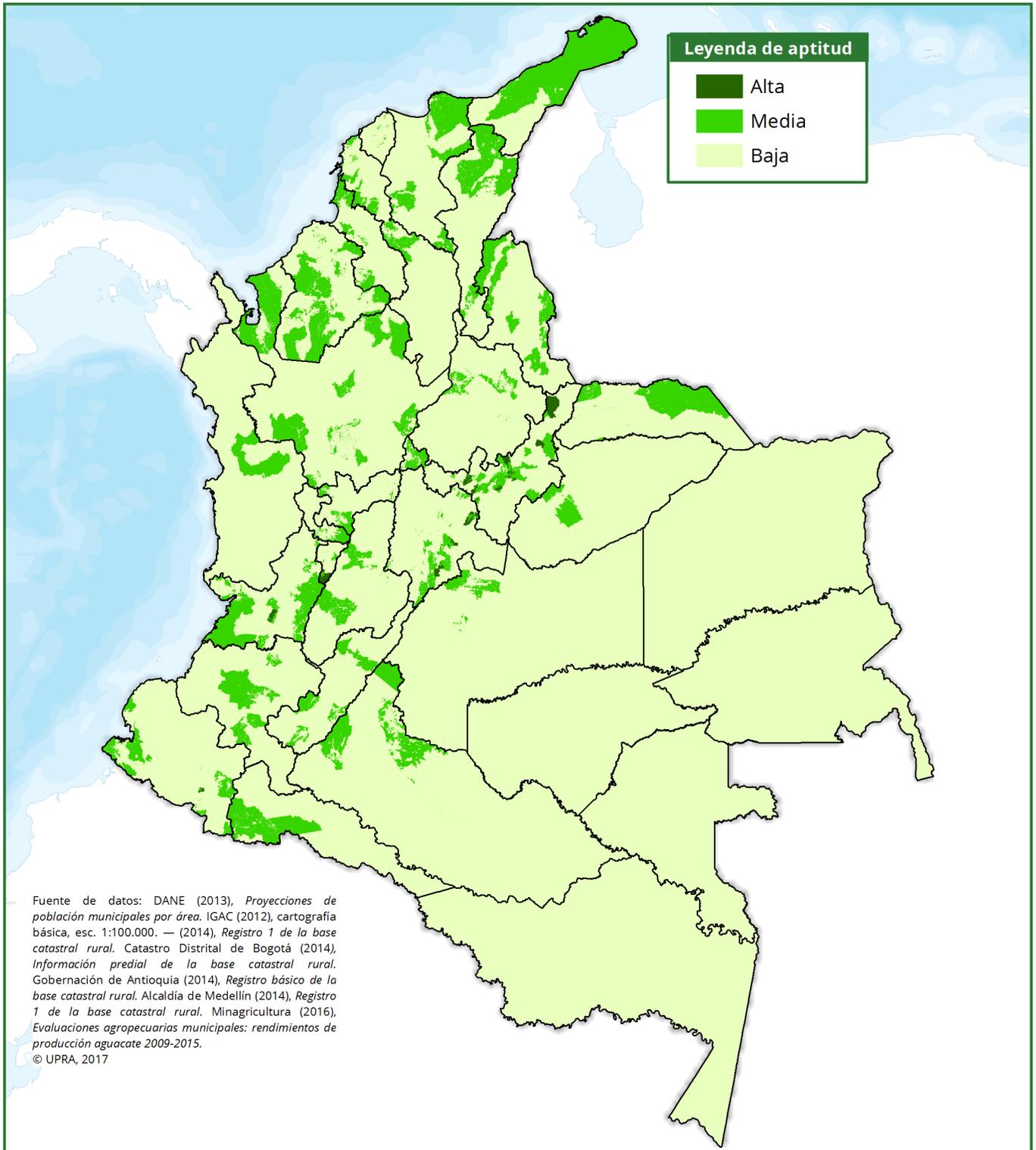
- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquía. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.
- Minagricultura. (2016). *Área sembrada, producción y rendimiento en cebolla 2009-2015*. Bogotá: Minagricultura.

Representación cartográfica del criterio



Criterio factores productivos

Primer semestre



3.3.1. Variable precio de la tierra rural municipal

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: precio de la tierra rural municipal	Unidad de medida: promedio del avalúo catastral de los predios rurales con destino económico agropecuario por hectárea en el municipio a 2014	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio. Busca medir de forma indirecta el arriendo de una hectárea para la producción agrícola.

Para efectos de la zonificación, esta variable se asimila e incorpora como el avalúo catastral por hectárea de los predios rurales de un municipio.

Avalúo catastral: determinación del valor de los predios obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (IGAC, 2011).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en los costos de producción porque esta variable intenta medir el valor del arriendo de la hectárea para un cultivo; a mayor precio de la tierra, mayor valor del arriendo.

El precio de la tierra, o el valor del arriendo, están directamente asociados con la competitividad de la explotación comercial de las cadenas hortofrutícolas; a menores precios de la tierra, menores costos de producción, lo que conduce a que un productor sea más competitivo.

Los municipios con precios de la tierra más bajos son más atractivos para los agentes económicos interesados en el desarrollo de la actividad productiva ya que influye en los costos de producción, los cuales están directamente asociados con la competitividad de la explotación comercial.

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 ochenta y cuatro (84) municipios.

Se asume que un mayor valor catastral de la tierra implica que esa hectárea puede tener un mayor valor de arriendo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Avalúo catastral promedio de los predios rurales con destino económico agropecuario por hectárea en el municipio a 2014 (pesos)	Aptitud
Municipios < \$2 millones	A1
Municipios entre \$2 millones y \$10 millones	A2
Municipios > \$10 millones	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

IGAC. (2010). Cartografía básica escala 1: 100.000.

IGAC. (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. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el precio promedio por hectárea a partir del avalúo catastral de las granjas hortofrutícolas existentes en el país, como referencia para calcular el valor de cada rango de la aptitud competitiva.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo o una explotación comercial agropecuaria.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se deben definir teniendo en cuenta el precio por hectárea establecido a partir del avalúo catastral de las fincas según el tipo de explotación hortofrutícola o su TUT.

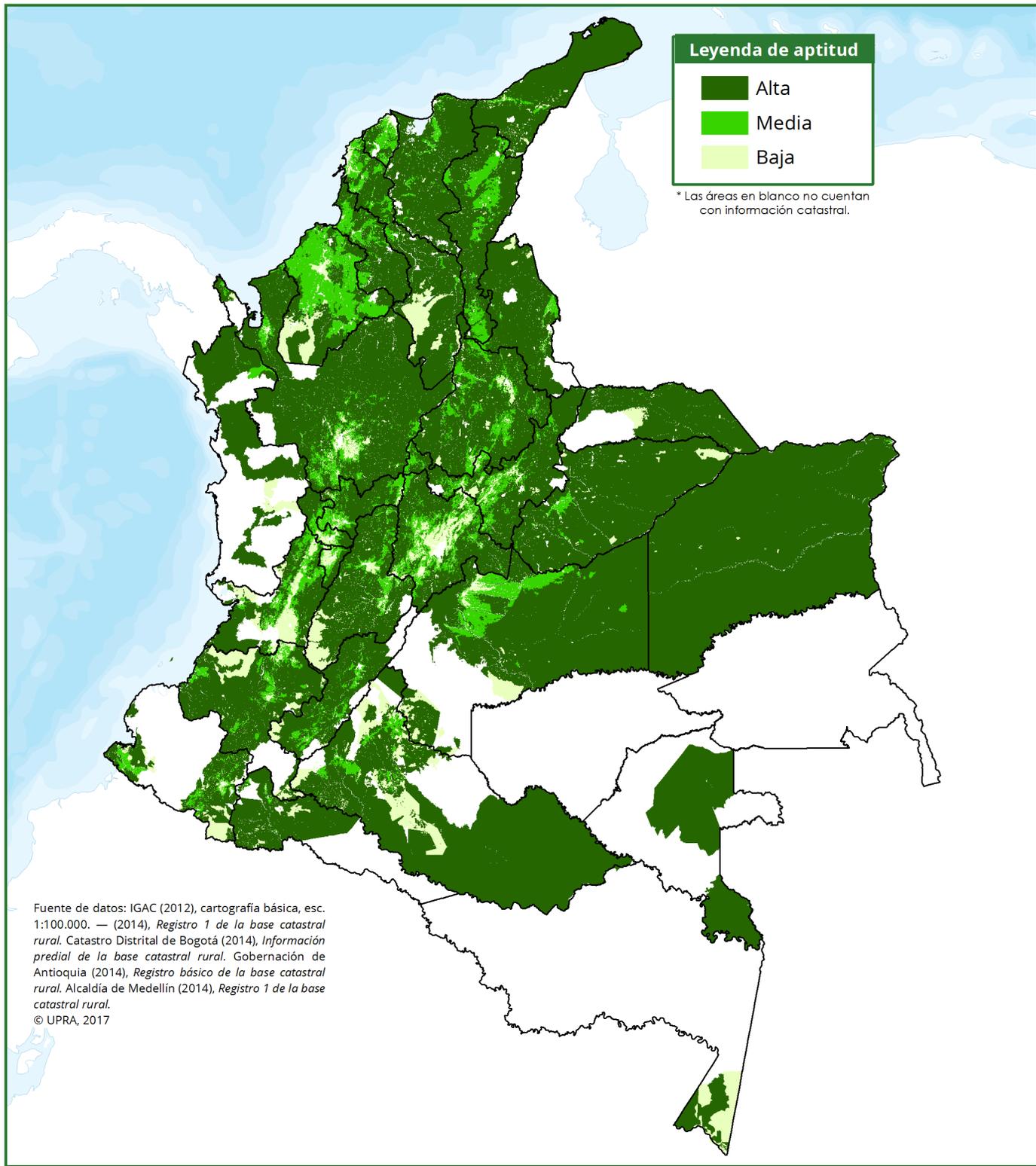
Los valores se definen teniendo en cuenta la distribución estadística de los datos del avalúo catastral de los predios equivalente por hectárea (promedio, mediana, desviación típica, máximo, mínimo).

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquía. (2014). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC. (2014). *Base predial registros 1 y 2*. Estadística catastral nacional rural.



Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2014), *Registro 1 de la base catastral rural*. Catastro Distrital de Bogotá (2014), *Información predial de la base catastral rural*. Gobernación de Antioquia (2014), *Registro básico de la base catastral rural*. Alcaldía de Medellín (2014), *Registro 1 de la base catastral rural*.
© UPRA, 2017

Criterio factores productivos
Variable precio de la tierra rural municipal

3.3.2. Variable rendimientos

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: rendimientos	Unidad de medida: promedio anual 2009-2015 de tonelada por hectárea sembrada en cebolla de bulbo en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Peso por unidad de superficie cosechada de un producto vegetal. En general, se representa como t/ha.

Importancia de la variable para el cultivo

El rendimiento muestra las zonas del país que tienen mayor capacidad productiva; un mayor rendimiento genera menor costo por tonelada y unos menores costos mejoran la competitividad.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin registro de rendimientos en la producción de la cebolla de bulbo. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo, pero en la actualidad no se reporta siembra.

La información fuente no obedece a un censo de rendimientos de la cebolla de bulbo por municipio. La información está para el cultivo de la cebolla de bulbo sin especificar la variedad.

La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura y no hay posibilidad de validar la información a nivel municipal porque no existe otra fuente de información.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

Primer semestre

Promedio anual 2009-2015 rendimiento en cebolla de bulbo en el municipio (t/ha)	Aptitud
Municipios > 24,75 t/ha	A1
Municipios entre 19 y 24,75 t/ha	A2
Municipios < 19 t/ha	A3

Segundo semestre

Promedio anual 2009-2015 rendimiento en cebolla de bulbo en el municipio (t/ha)	Aptitud
Municipios > 25 t/ha	A1
Municipios entre 18,6 t/ha y 25 t/ha	A2
Municipios < 18,6 t/ha	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Minagricultura. Área sembrada y producción en cebolla de bulbo 2009-2015.

2. Precisiones de la información.

La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Ministerio de Agricultura, son 408 municipios que reportaron rendimiento entre el 2009 y 2015.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para efectos de los análisis de la variable, se tomaron los valores promedio anual 2009-2015 rendimientos de la cebolla de bulbo. Para definir el rango de aptitud media (A2) se trabaja con la desviación estándar sumándosele al valor mínimo producido por hectárea.

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.

Se tuvo en cuenta el valor promedio de los rendimientos de los años 2009 a 2015 por municipio. Se consultaron el marco teórico y la línea base del cultivo.

Unidad de análisis

Municipio.

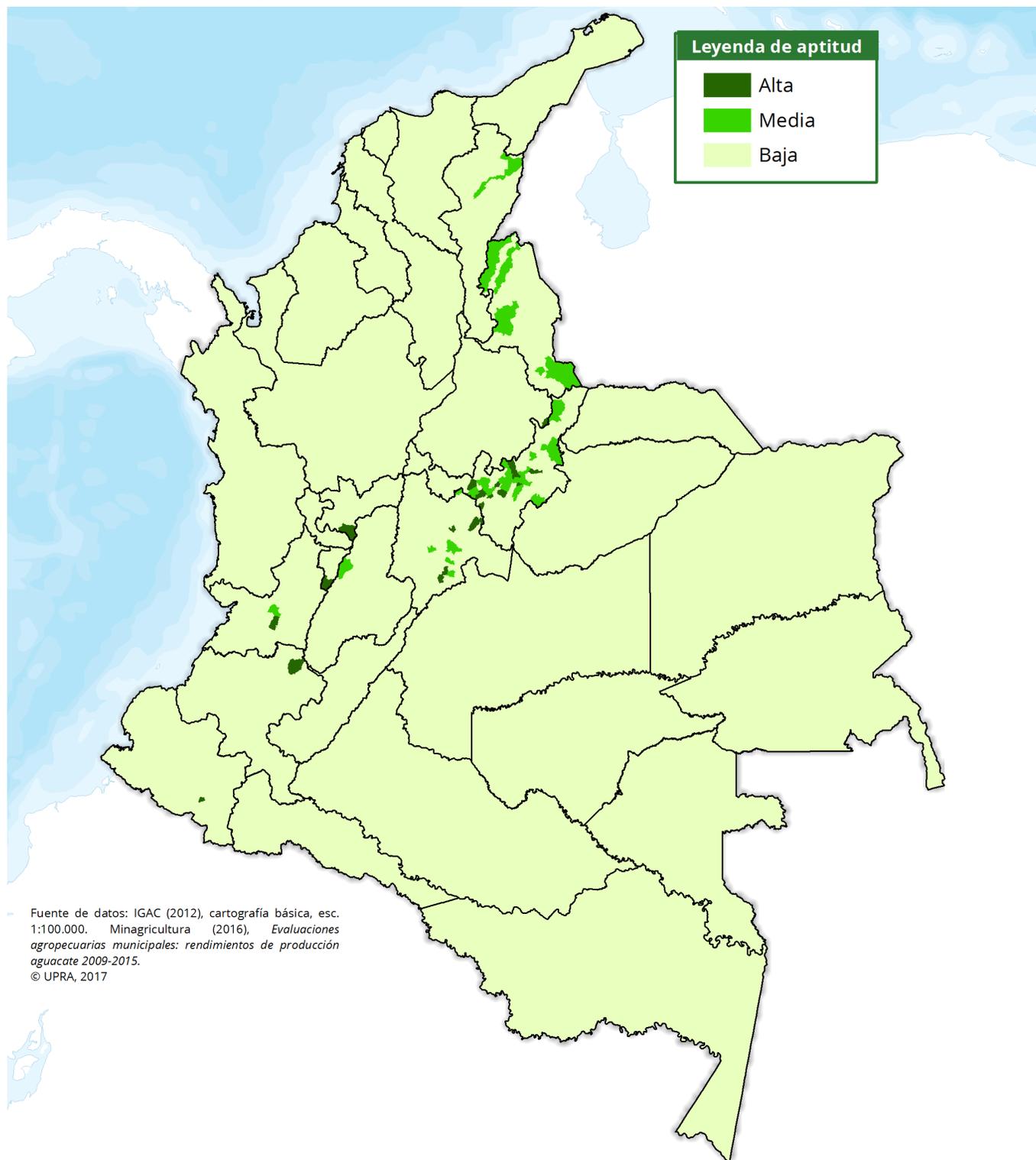
Fuentes de información

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

Minagricultura. (2016). *Área sembrada, producción y rendimiento en cebolla 2009-2015*. Bogotá: Minagricultura.

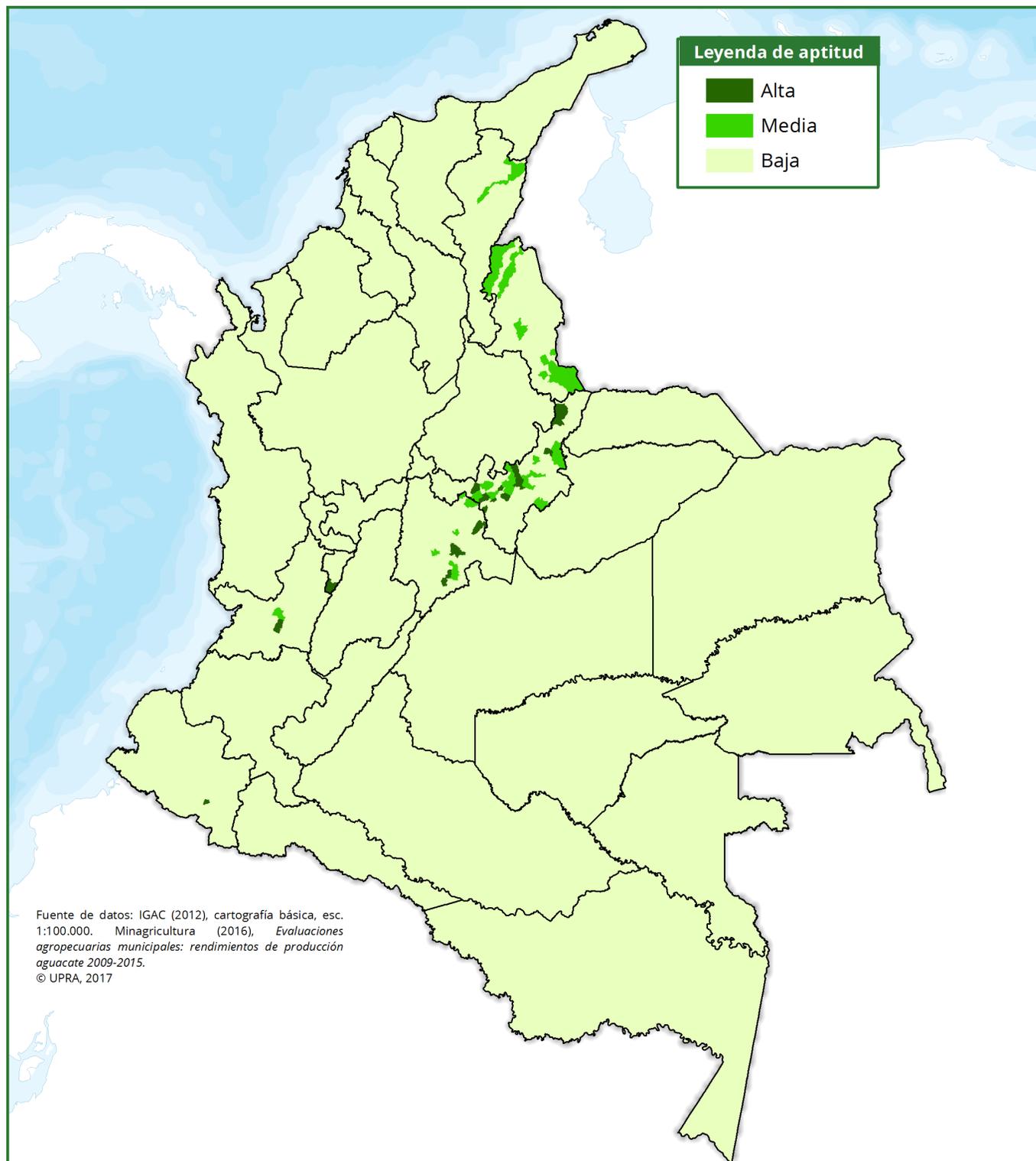


Representación cartográfica de la variable



Criterio factores productivos

Variable rendimientos (primer semestre)



Criterio factores productivos

Variable rendimientos (segundo semestre)

3.3.3. Variable centros de consumo

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: centros de consumo	Unidad de medida: población municipal multiplicada por el consumo en kg de cada cadena productiva.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Centros poblados donde normalmente existe demanda de consumo para la cadena productiva.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola al facilitar la movilidad de su aparato productivo. Las zonas de influencia de los centros de consumo presentan una ventaja competitiva toda vez que es donde se concentra la demanda de la cadena productiva a nivel nacional.

Limitantes de la evaluación de la variable

Se parte de la premisa de que los centros de consumo son equiparables a los municipios con mayor población. Es decir, la relación entre población y presencia de centros de consumo es directa.

La selección de los centros de consumo se realiza con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2014, estimadas a partir del Censo de Población del año 2005.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los centros de consumo: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Centros de consumo	Aptitud
Municipios > 174.694.171 kg	A1
Municipios entre 311.398 kg y 174.694.171 kg	A2
Municipios < 311.398 kg	A3

Atendiendo a los criterios definidos para establecer los centros de consumo, se identificaron 240. Los centros de consumo más importantes del país son Bogotá, Medellín y Cali.

La región andina muestra mayor aptitud competitiva. Las regiones como la Orinoquía y la Amazonía tienen menor aptitud competitiva.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

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

DANE. (2014). *Proyecciones de población 2005-2020*.

2. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para relacionar la población con el consumo, se multiplicó esta con el consumo definido per cápita 2,5 kg.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta las estadísticas como promedio y media a partir del conjunto de municipios analizado.

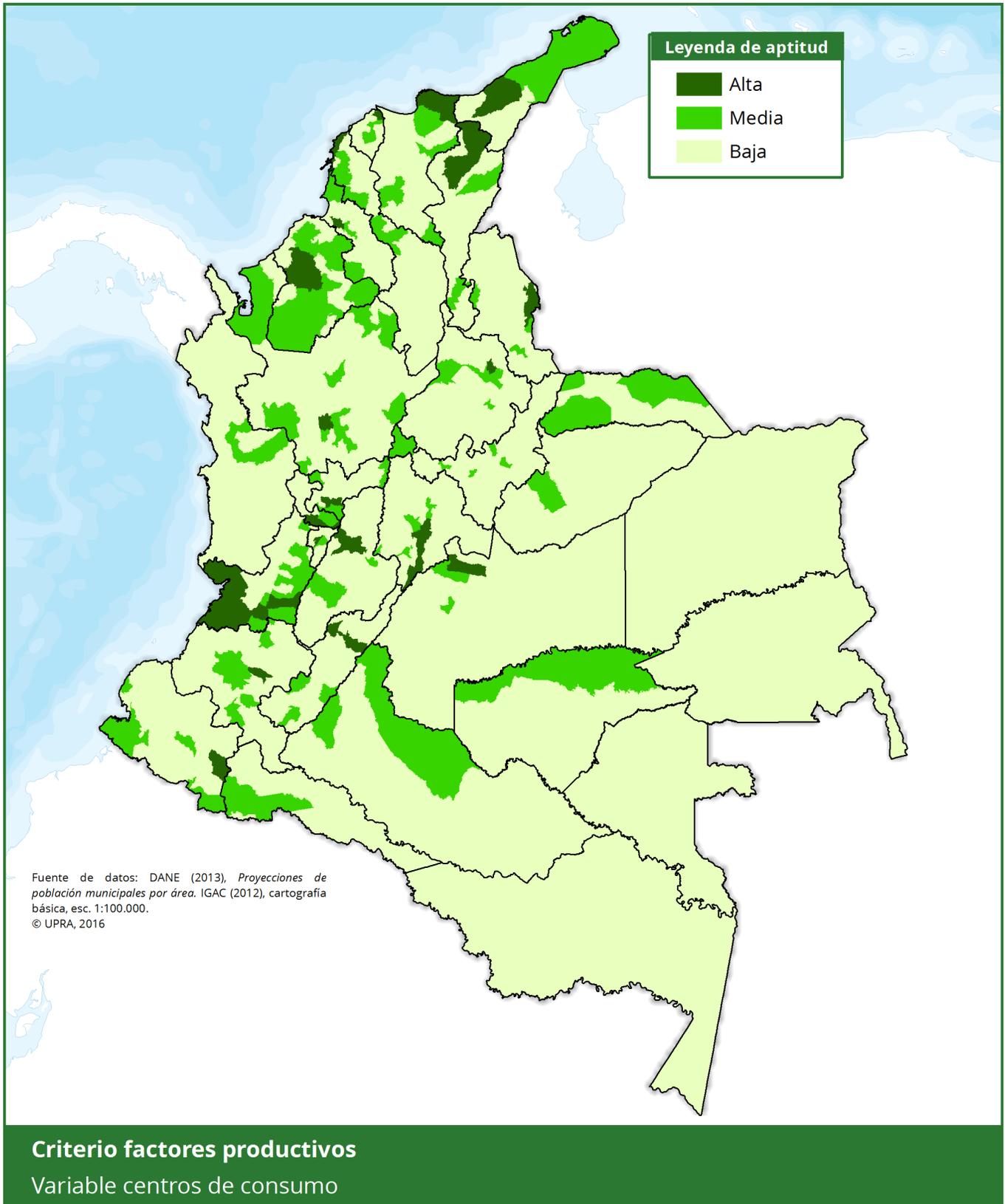
Unidad de análisis

Municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2007). *Proyecciones de población 2005-2020*. Recuperado de <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>>

Representación cartográfica de la variable



3.4. Criterio infraestructura y logística

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio: infraestructura y logística		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Existencia de cultivos, expresada en ha sembradas en el municipio entre 2009 y 2015. Cercanía a centros de servicios, expresada como tiempo de desplazamiento en horas por isócronas. Distritos de riego, expresada como tamaño del distrito de riego. Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización, expresada como tiempo de desplazamiento en horas por isócronas. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.

Importancia del criterio

Indica a los agentes económicos las condiciones de movilidad, el acceso a centros de servicios, la cercanía a los centros de agregación de valor entendido como transformación, empaque y comercialización, entre otros, y la accesibilidad a los distritos de riego, los cuales pueden limitar o promover la competitividad de la cadena.

Existe una relación directa entre la infraestructura y 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 de forma eficiente.

Altos niveles de competitividad están asociados con la disponibilidad de infraestructura de transporte y logística ya que esta reduce los costos de trasladar insumos desde sus fuentes y distribuir los productos hacia los mercados. En la medida en que estos procesos funcionen de manera adecuada los costos tienden a reducirse, por lo cual las regiones con mejores condiciones de infraestructura y comunicaciones son más competitivas.

Limitantes de la evaluación del criterio

Las distancias no incluyen las condiciones, ni los costos, ni los tiempos de desplazamiento. La información disponible es de carácter muy general y muestran una aptitud de tipo espacial por ubicación estratégica.

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.

La información sobre centros de transformación, empaque y comercialización es escasa, la información oficial se tendrá dentro de un año porque fue en el 2016 que se expide un decreto que obliga a estos centros a registrarse en el ICA; para este ejercicio se hizo un barrido de todos los centros de transformación en el país basados en la experiencia de los técnicos del Minagricultura, los profesionales de la UPRA y las validaciones o visitas de campo. Para los distritos de riego se relaciona el área del distrito.

Valor de ponderación del criterio: 5,4 %

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 (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1 = 3, A2 = 2 y A3 = 1.

Mediante un árbol de decisión se procede a sumar los valores asignados a las categorías de aptitud.

Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Infraestructura y logística	Municipios con sumatoria de aptitud > 14	Municipios con sumatoria de aptitud entre 10 y 13	Municipios con sumatoria de aptitud < 9

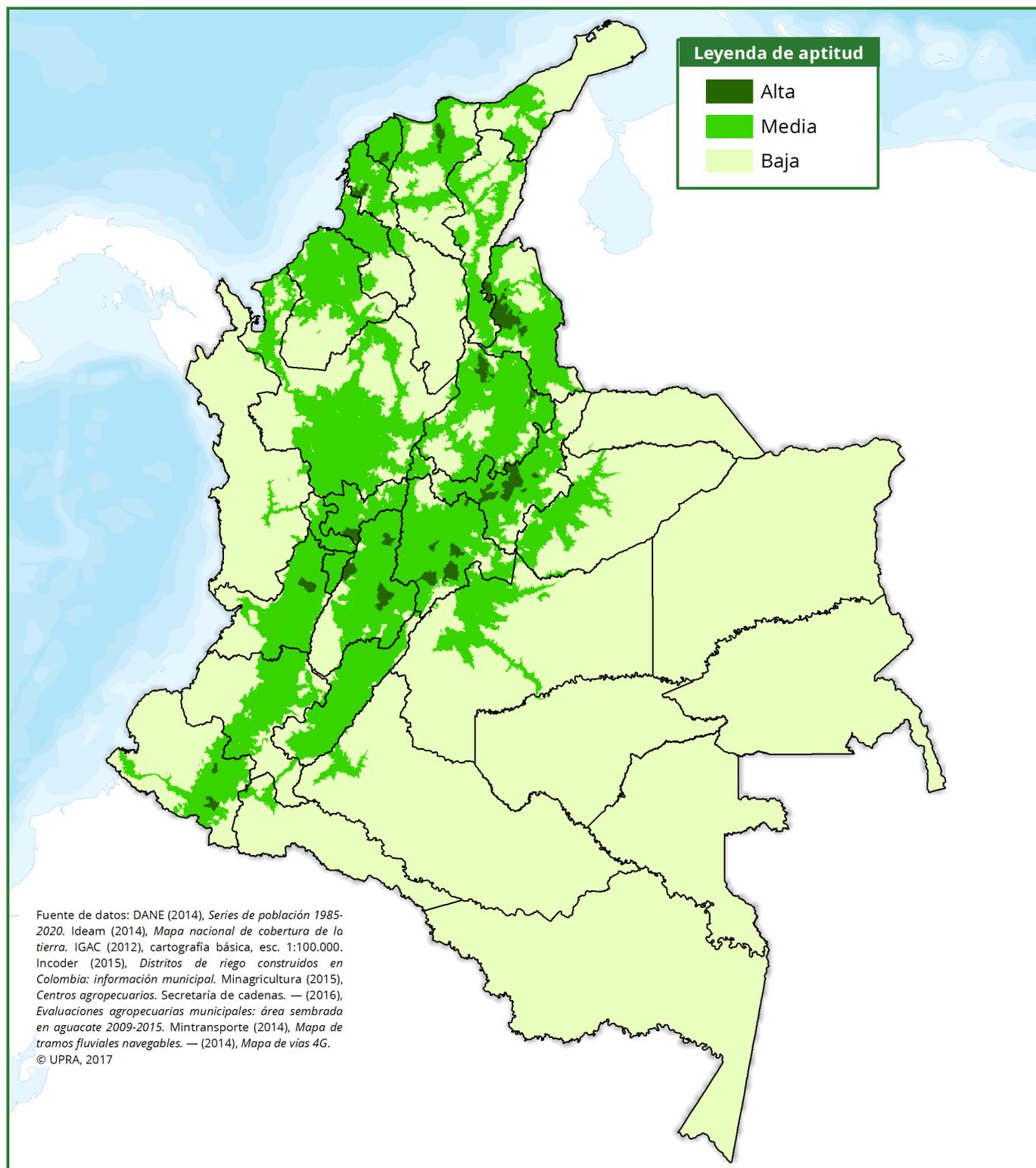
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Rangos de aptitud		
		A1	A2	A3
Existencia de cultivos (primer semestre)	Hectáreas	Municipios > 83 ha sembradas	Municipios entre 24 ha y 83 ha sembradas	Municipios < 24 ha sembradas
Existencia de cultivos (segundo semestre)	Hectáreas	Municipios > 95 ha sembradas	Municipios entre 25 ha y 95 ha sembradas	Municipios < 25 ha sembradas
Cercanía a centros de servicios	Horas	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
Cercanía a centros transformación empaque comercialización	Horas	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
Distritos de riego	Tamaño del distrito de riego	Municipios con distritos de riego de gran tamaño	Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	Municipios sin distrito de riego

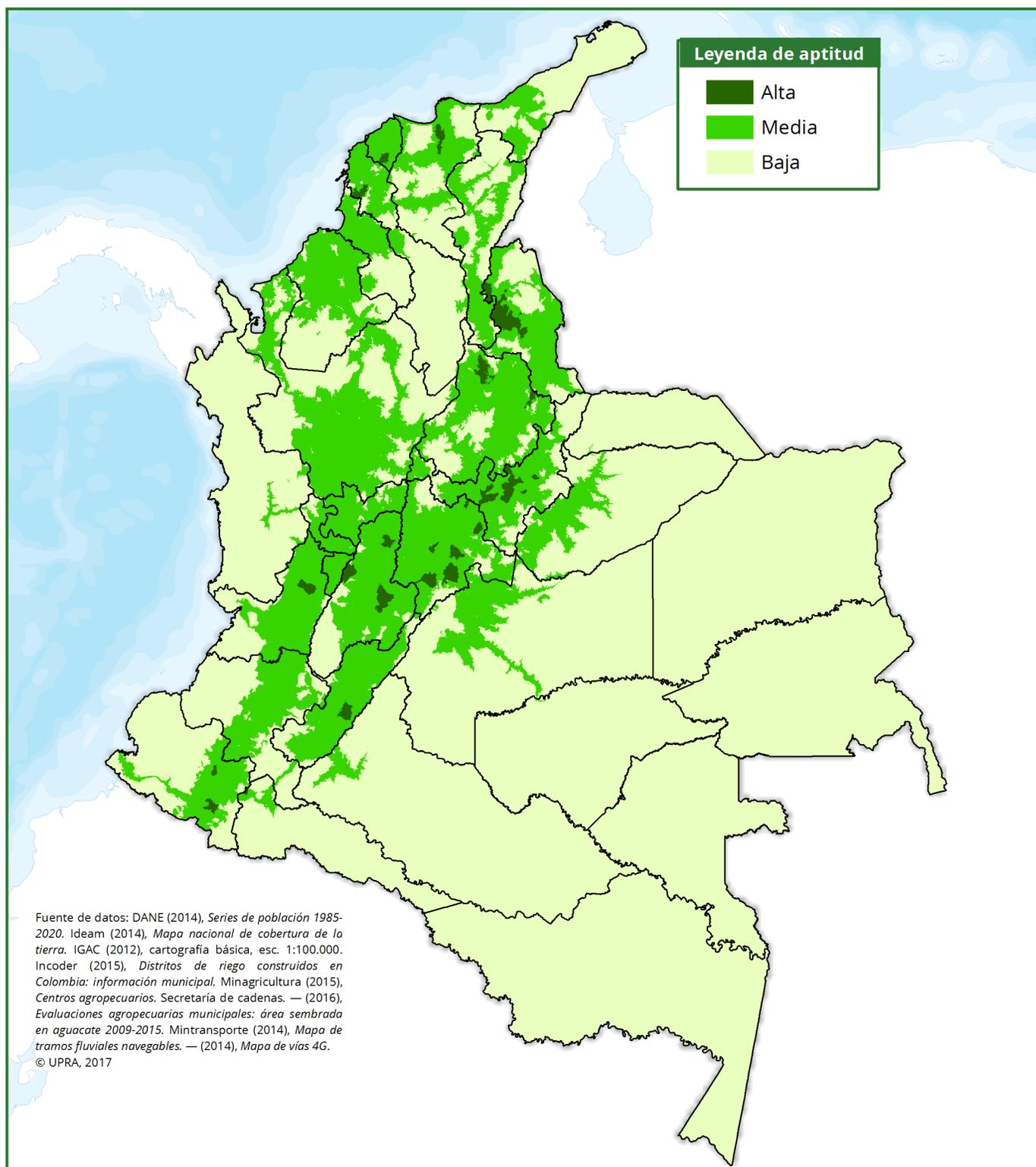
Fuentes de información

- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*.
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2015). *Distritos de riego a 2015*.
- Minagricultura. (2016). *Área sembrada, producción y rendimiento en cebolla 2009-2015*. Bogotá: Minagricultura.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica del criterio



Criterio infraestructura y logística
Primer semestre



Criterio infraestructura y logística

Segundo semestre

3.4.1. Variable existencia de cultivos

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: existencia de cultivos	Unidad de medida: promedio anual 2009-2015 de hectáreas sembradas en cebolla de bulbo en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Promedio de área sembrada con cebolla de bulbo por semestre, en el municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la presencia de cultivos de cebolla de bulbo, en donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena de cebolla de bulbo.

Existe una relación directa entre la existencia de cultivos y la aptitud competitiva del municipio: aquellos donde se registra mayor área sembrada de cebolla de bulbo se consideran más competitivos porque ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad. Municipios con cultivos de cebolla de bulbo se asocian a una mayor demanda de mano de obra para el desarrollo de labores culturales del cultivo y una mejor oferta de servicios relacionados con la cadena de producción.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin registro de área sembrada. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasificaron en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo.

La información fuente no obedece a un censo de áreas sembradas en cebolla de bulbo por municipio y no hay forma de hacer una validación porque no hay ninguna otra entidad que tenga información tan detallada a nivel municipal.

En la representación cartográfica se sombrea todo el municipio, por eso hay municipios que por su extensión aparecen con una gran

sombra, mientras que en municipios de área pequeña visualmente pareciera que tuvieran menor aptitud.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

Promedio 2009-2015 de hectáreas sembradas en el primer semestre con cebolla de bulbo en el municipio (ha)	Aptitud
Municipios > 83 ha sembradas	A1
Municipios entre 24 ha y 83 ha sembradas	A2
Municipios < 24 ha sembradas	A3

Promedio 2009-2015 de hectáreas sembradas en el segundo semestre con cebolla de bulbo en el municipio (ha)	Aptitud
Municipios > 95 ha sembradas	A1
Municipios entre 25 ha y 95 ha sembradas	A2
Municipios < 25 ha sembradas	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Minagricultura. Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva, Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA). Área sembrada en cebolla de bulbo 2010-2015.

2. Precisiones de la información.

La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Ministerio de Agricultura, son 432 municipios que reportaron área sembrada entre el 2009 y 2015.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para efectos de los análisis de la variable, se tomaron los valores promedio anual 2010-2015 de área sembrada con cebolla de bulbo. Para definir el rango A2 se trabaja con la desviación estándar sumándosele al valor mínimo cultivado por hectárea.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

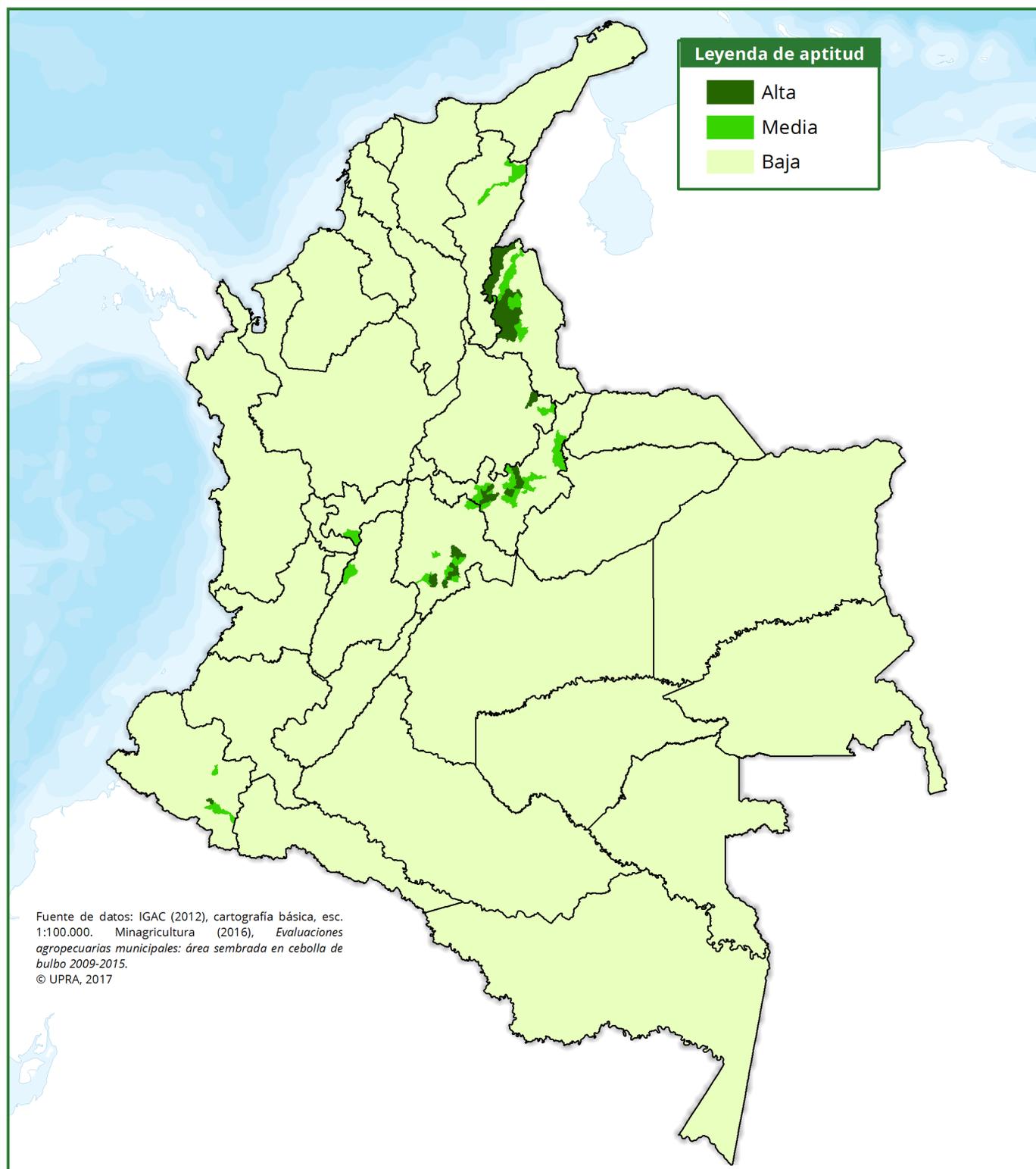
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron de acuerdo con el promedio del área sembrada por municipio desde el 2009 al 2015. Se consultaron el marco teórico y la línea base de la cadena.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016). *Área sembrada en cebolla de bulbo 2009-2015*. Bogotá: Minagricultura.

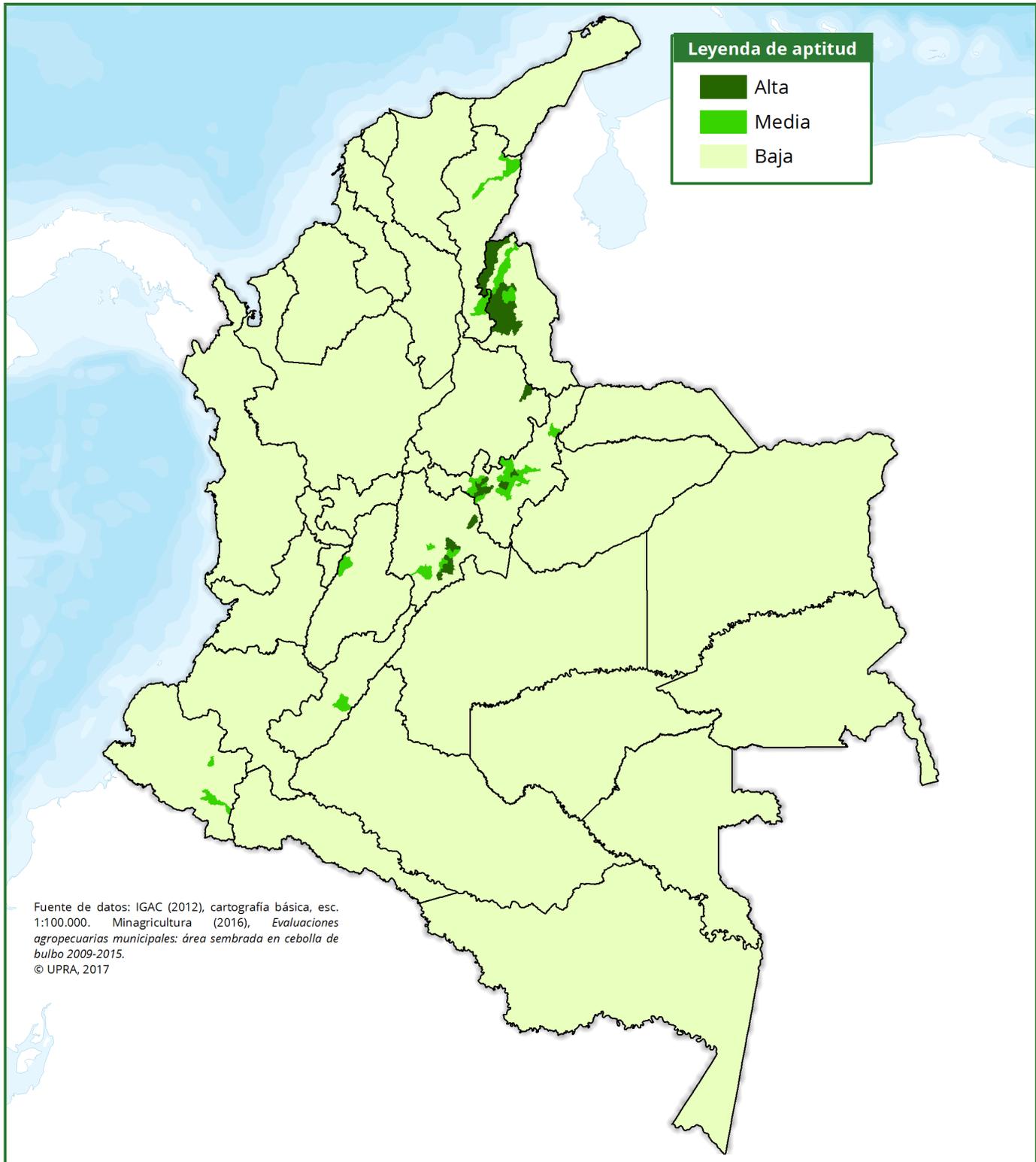


Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística

Variable existencia de cultivos (primer semestre)



Fuente de datos: IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. Minagricultura (2016), *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada en cebolla de bulbo 2009-2015*. © UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística
Variable existencia de cultivos (segundo semestre)

3.4.2. Variable cercanía a centros de servicios

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a centros de servicios	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (centro de servicios) desde otros puntos en el territorio.

Sintetiza las oportunidades de contacto e interacción y está relacionado con la obtención de insumos básicos requeridos en el proceso productivo (por ejemplo: soldador, ferretería, mangueras, agroquímicos, entre otros).

Centros de servicios: áreas donde normalmente existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo. Para la zonificación, comprenden los municipios que cuentan con población superior a 30.000 habitantes.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La cercanía, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y en buen estado, los tiempos de recorrido hasta los centros de servicios serán menores y, por tanto, los municipios serán más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Limitantes de la evaluación de la variable

Se parte de la premisa de que los centros de servicios se concentran en los municipios con mayor población. Es decir, la relación población y presencia de centros de servicios es directa. El análisis requiere diferenciar los centros de servicio para cada cadena productiva.

La selección de los centros de servicios se realiza con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2014 estimada a partir del Censo de población del año 2005.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios < 2 h	A1
Municipios entre 2 h y 4 h	A2
Municipios > 4 h	A3

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los centros de servicios: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Atendiendo a los criterios definidos para establecer los centros de servicios, se identificaron 246. Los centros de servicios más importantes del país son Bogotá, Medellín y Cali.

La región andina muestra mayor aptitud competitiva. Las regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen menor aptitud competitiva.

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.

Se organizan los datos de mayor a menor, donde se seleccionan los municipios que tengan más de 30.000 habitantes, luego se utiliza la metodología de isócronas empleadas por la UPRA, que involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado 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 para la zonificación que los centros de servicios están ubicados en los municipios con población mayor a 30.000

habitantes, se incluyen excepcionalmente los municipios de Puerto Carreño (Vichada) e Inírida (Guainía), con proyecciones de población para el 2014 menor a 30.000 habitantes. No obstante que los dos municipios mencionados no cumplen con el requisito establecido para clasificar un municipio como centro de servicio, se clasifican como tal porque allí se localizan los principales centros de servicios de los departamentos de Vichada y Guainía.

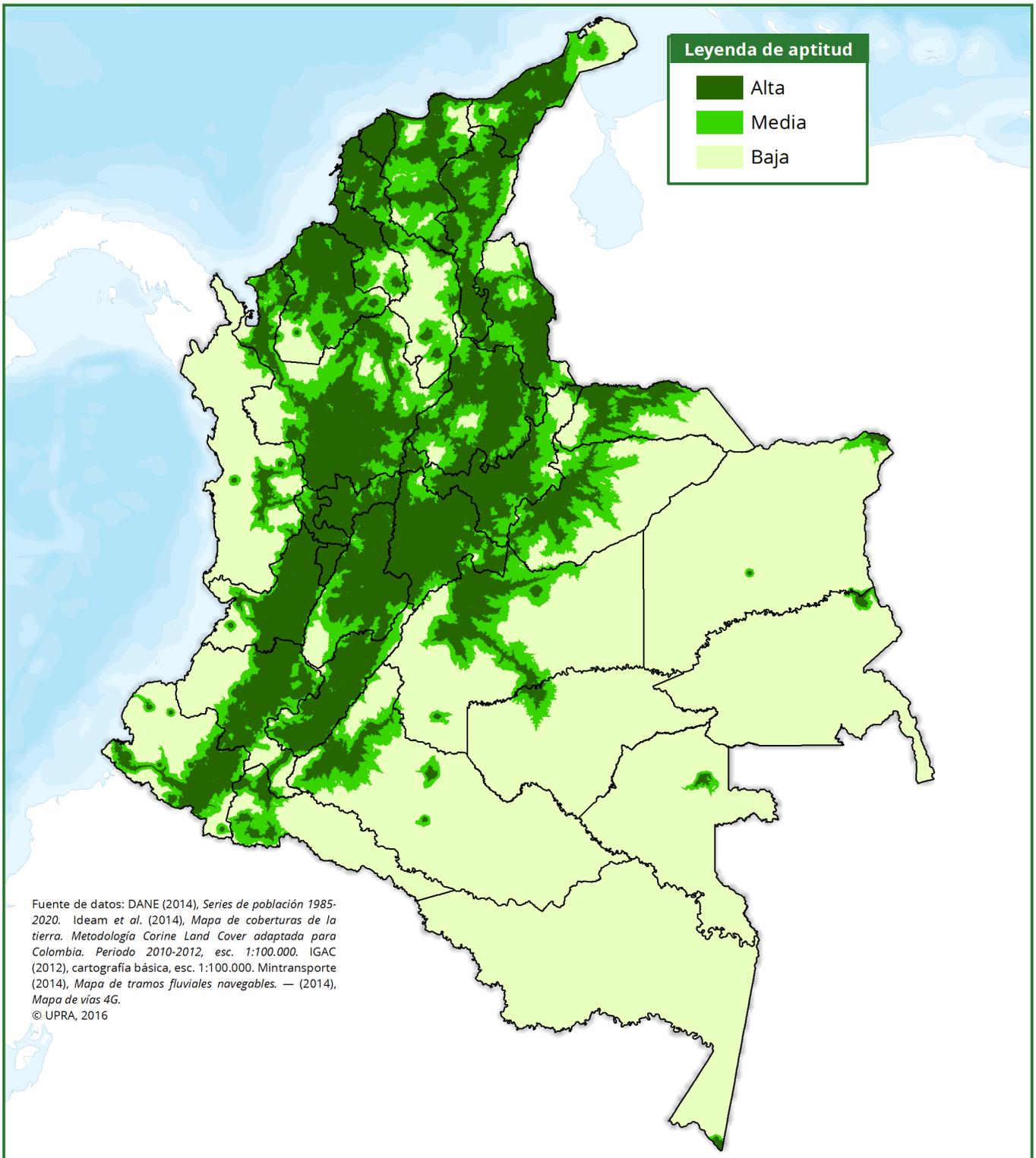
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

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 dos 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 dos y menos de cuatro horas se requiere de hasta un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Si están a más de cuatro horas implica que se requiere de más de un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen.

Fuentes de información

- DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*.
- Ideam 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014b). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapas de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014a). *Información portuaria [capas]*.

Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística
Variable cercanía a centros de servicios

3.4.3. Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Distancia en isócronas (tiempo, pendiente y distancia de recorrido) desde el centro de transformación, empaque y comercialización hacia cualquier punto del territorio.

Importancia de la variable para el cultivo

La agregación de valor a las frutas y hortalizas es un proceso que en la actualidad se está desarrollando para llevar productos al consumidor con mejores cualidades que aumentan su calidad y presentación.

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los centros de comercialización y empaque no incluye los costos de transporte a través de la red vial.

La base utilizada muestra centros de comercialización y empaque solo en 62 municipios. Los registros de la misma están integrados por grandes empresas agroindustriales y por las plazas de mercado más importantes a nivel municipal.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hacia los centros de empaque y comercialización: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios \leq 2 h	A1
Municipios entre 2 y 4 h	A2
Municipios $>$ 4 h	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

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

Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional*.

Asohofrucol. (2015). Centros de Transformación, Empaque y Comercialización.

Se hace un barrido de los principales puntos de transformación, empaque y comercialización en el país para definir una mayor aptitud de los sitios que están cerca de dichos establecimientos.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y sus pendientes dado su influencia en la velocidad del transporte.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

- Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
- Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
- Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
- Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
- Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
- Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La localización de los centros de transformación, empaque y comercialización son los puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Se tienen en cuenta los tiempos de desplazamiento en dos direcciones (ida y regreso), hasta los centros de comercialización y empaque.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta que los tiempos de desplazamiento son consecuencia de la oferta y estado de las redes de transporte vial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y está en buen estado los tiempos de recorrido hasta los centros de transformación, empaque y comercialización serán menores; por tanto, los municipios serán más competitivos en comparación con aquellos con una red en mal estado, escasa o inexistente.

Centros de transformación empaque y comercialización, a menos de dos horas implica que se requiere de menos de medio día para desplazarse a ellos. La ubicación de los centros de transformación, empaque y comercialización entre dos y cuatro horas implica que

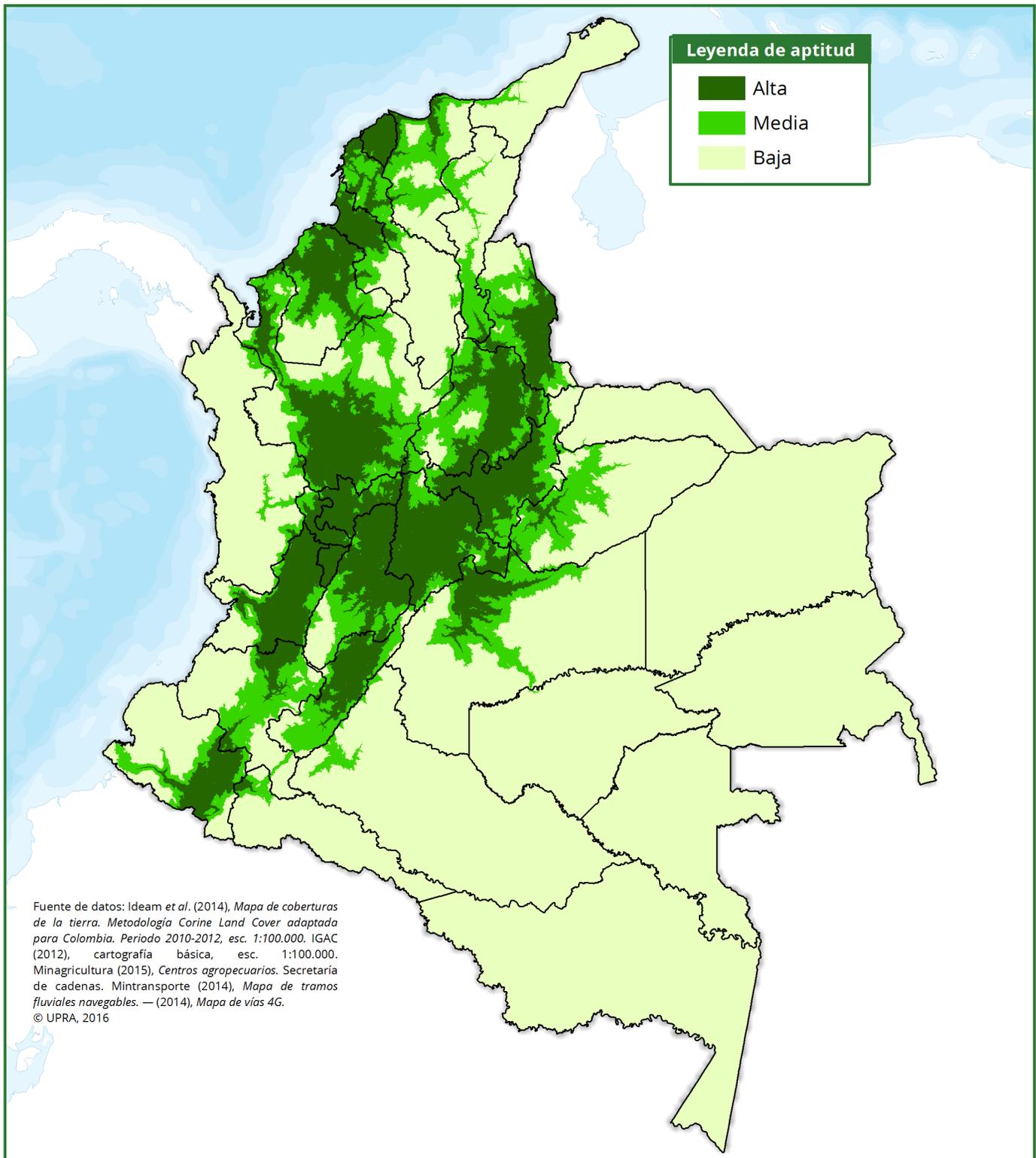
se requiere más tiempo para desplazarse a ellos. Si los centros de transformación, empaque y comercialización están a más de cuatro horas implica que se requiere de más de medio día para desplazarse a ellos.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). *Asociaciones inscritas*. Recuperado de <www.asohofrucol.com.co>.
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2015). *Secretarías de cadena*.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014). *Información portuaria [capas]*.



Representación cartográfica de la variable



Criterio infraestructura y logística

Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

3.4.4. Variable distritos de riego

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: distritos de riego	Unidad de medida: tamaño (gran irrigación, mediana irrigación o pequeña irrigación)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según tamaño (Incoder, 2015).

Importancia de la variable para el cultivo

En la medida en que en un distrito de adecuación de tierras confluyen una población rural asociada (Ley 41 de 1993) y unos recursos naturales que son intervenidos con una actividad productiva que requiere de fuerza laboral, de infraestructura, servicios y acciones integrales para mejorar las condiciones de vida, hay una contribución a la seguridad alimentaria por medio de la construcción de infraestructura para la prestación del servicio de riego, drenaje y protección contra inundaciones.

De acuerdo con los lineamientos de UPRA (2015), un distrito de adecuación de tierras se compone de una serie de acciones e interrelaciones que conducen a la competitividad del sector rural, a la sostenibilidad social, cultural, ambiental, técnica y económica y debe propender por la conservación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los aspectos culturales.

Limitantes de la evaluación de la variable

Los distritos de riego en Colombia están catalogados por pequeña, media y gran irrigación, según el número de hectáreas beneficiadas.

No todos los distritos de riego están funcionando, además los privados no tienen fácil acceso a la información.

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: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tamaño	Aptitud
Municipios con distritos de riego de gran tamaño	A1
Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	A2
Municipios sin distrito de riego	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Incoder. (2015). Distritos de riego construidos en Colombia. Información municipal.

2. Precisiones de la información.

Como entidad encargada en gestionar los procesos de ADR, el Incoder maneja esta base de datos con información actualizada sobre los distritos de riego a nivel nacional.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se tienen en cuenta los alcances de los distritos de riego de acuerdo con su área en pequeña, mediana, y gran irrigación.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad multifuncional y rangos.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los estadísticos descriptivos (promedio y mediana) del tamaño del distrito de riego, tal cual se resume en la siguiente tabla:

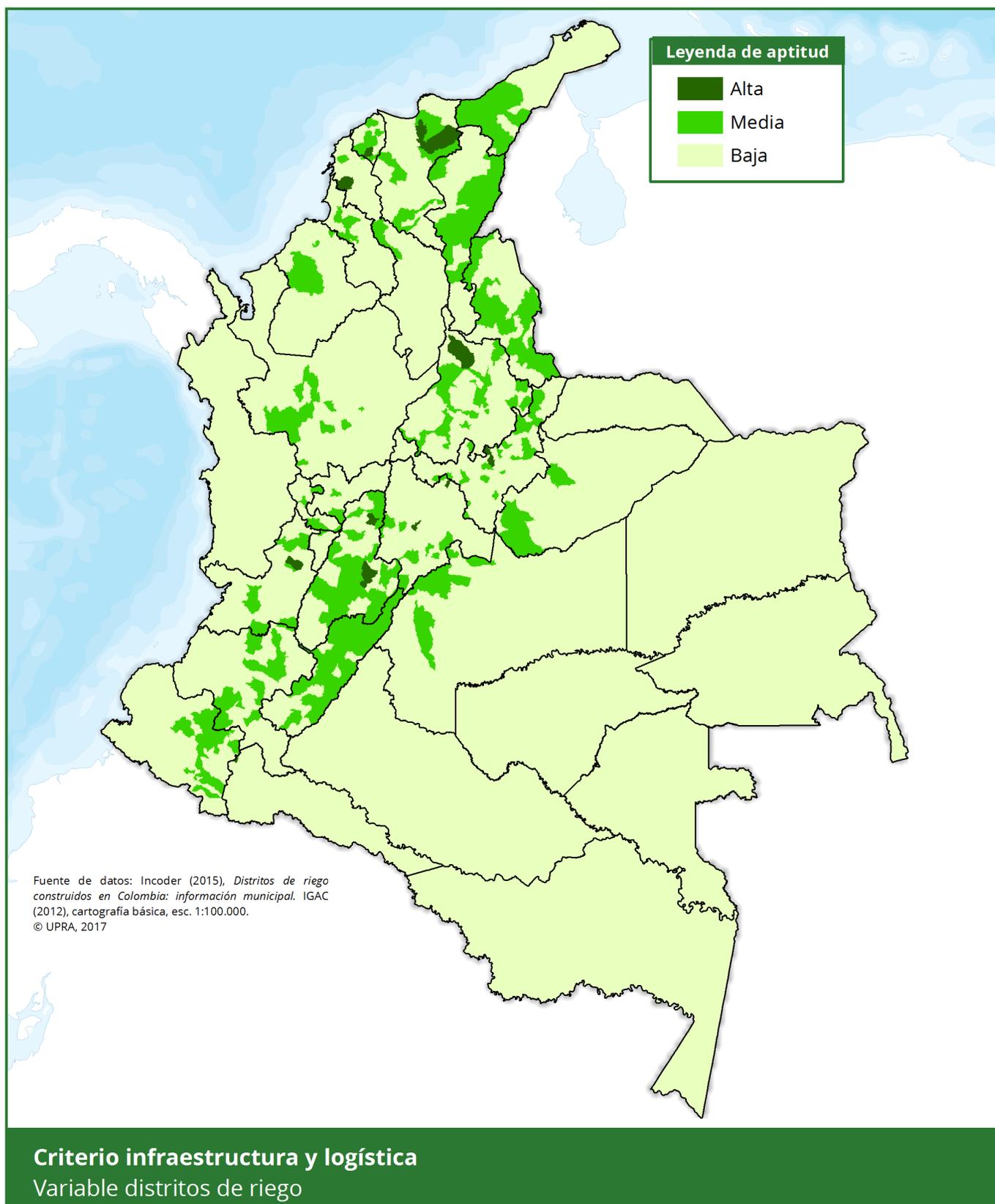
Aptitud	A1	A2	A3
Tamaño	Municipios con distritos de riego de gran tamaño	Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	Municipios sin distrito de riego

Fuentes de información

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

Incoder. (2015). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información municipal.*

Representación cartográfica de la variable



3.5. Criterio mercado laboral

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Cercanía a vías 4G. • Población en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄). • Años promedio de escolaridad. • Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Identifica condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de cebolla de bulbo a nivel municipal.

Importancia del criterio

La existencia de un amplio mercado de mano de obra se rige como un aspecto importante en el momento de decidir la localización de un proceso productivo en la medida en que es el capital humano el que hace posible que las diferentes labores se realicen con efectividad.

La disponibilidad de mano de obra calificada en las regiones se convierte en un factor determinante para la ejecución exitosa de los proyectos productivos y un diferenciador en términos de competitividad regional.

Limitantes de la evaluación del criterio

No toda la población en edad de trabajar está vinculada al mercado laboral porque puede estar dedicada a actividades escolares (estudiantes), al hogar, a vivir de las rentas, pertenecer a algún régimen prepensional por alguna discapacidad laboral, entre otras razones, así como dedicarse a actividades informales como el mototaxismo.

Aun cuando es más preciso utilizar en la zonificación la población económicamente activa (PEA), que es la que realmente está vinculada al mercado laboral, la información obtenida 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 capacidades recientes de la población.

Valor de ponderación del criterio: 4,2 %

Metodología de evaluación

Las variables que comprende el criterio califican los municipios según categorías de aptitud competitiva. Para cada categoría de aptitud se realiza una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor, así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

Para el caso del cultivo de cebolla de bulbo, las variables tenidas en cuenta dentro del criterio tienen el mismo peso.

Los resultados de cada variable se agruparon en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, en donde los rangos se definen con base en un árbol de decisión, como se presentan en la siguiente tabla:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Mercado laboral	Municipios con sumatoria de aptitud > 10	Municipios con sumatoria de aptitud entre 7 y 9	Municipios con sumatoria de aptitud < 6

Los municipios más competitivos en términos de la caracterización del mercado laboral se encuentran en las ciudades capitales de departamento y particularmente alrededor de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga, mientras que los menos competitivos se encuentran en los antiguos territorios nacionales. Específicamente, el 2,9 % del territorio nacional continental clasifica como de alta competitividad dentro del criterio mercado laboral y el 58,4 % como de competitividad media.

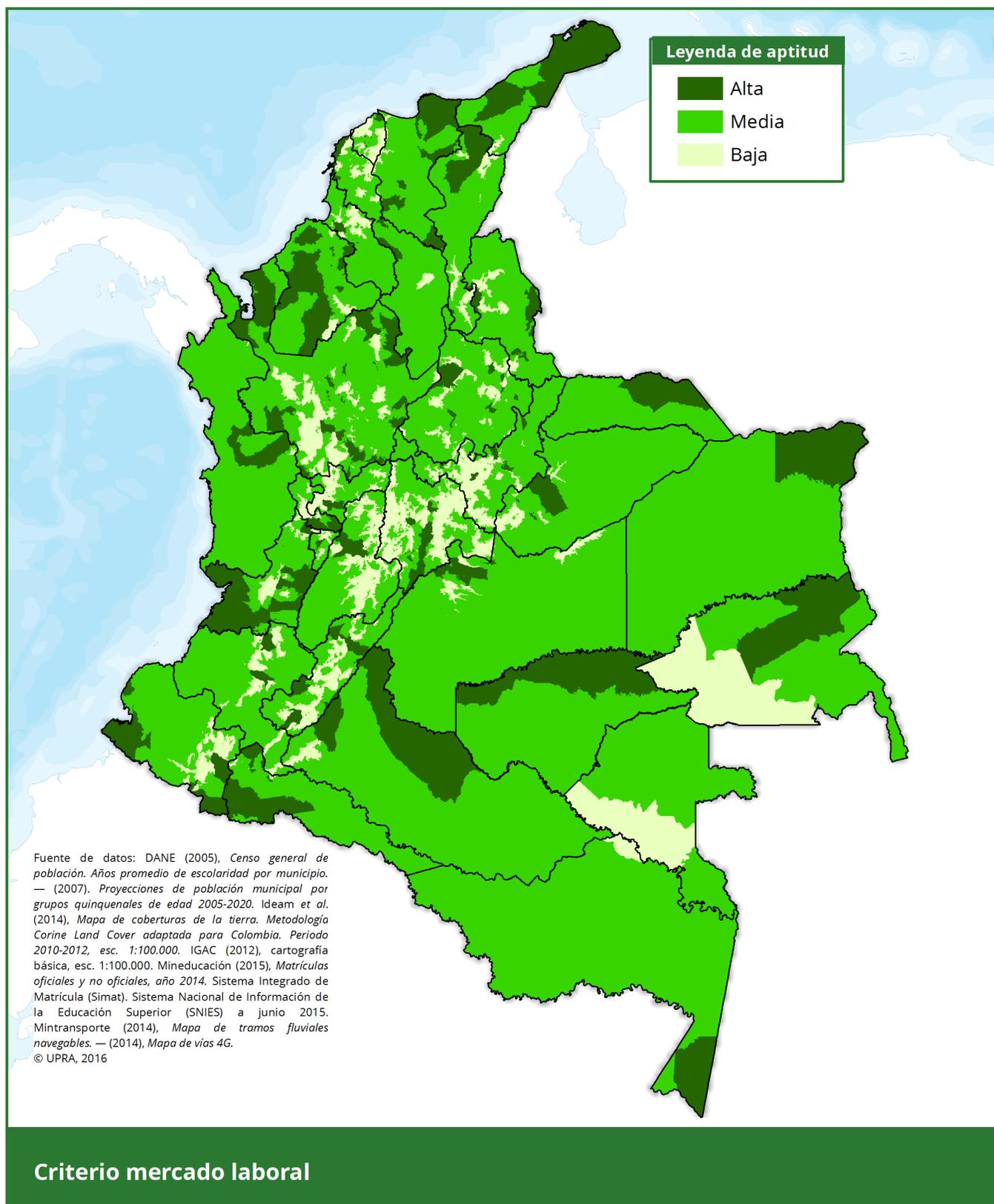
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Cercanía a vías 4G	Isócronas	Municipios > 2 horas	Municipios entre 1 y 2 horas	Municipios < 1 hora
Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄)	Índice de competitividad (IC) Personas	IC > 0,01015 Municipios > 50.000 personas	IC ≥ 0,00419 y ≤ 0,01015 Municipios entre 20.000 y 50.000 personas	IC < 0,00419) Municipios < 20.000 personas
Años promedio de escolaridad	Índice de competitividad (IC) Años	IC > 0,6510 Municipios > 5 años	IC ≥ 0,3835 y ≤ 0,6510 Municipios entre 3 y 5 años	IC < 0,3835 Municipios < 3 años
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Número de programas	4 o más	2 o 3	1 o ninguno

Fuentes de información

- DANE. (2005). *Censo general de población*.
- —. (2007). *Proyecciones de población municipal por grupos quinquenales de edad 2005-2020*.
- 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. (2012). *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*.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica del criterio



3.5.1. Variable cercanía a vías 4G

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: cercanía a vías 4G	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar los tramos de vías de 4G desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento de mano de obra hacia los puntos donde se construyen vías de 4G en busca de mejores opciones de ingreso.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta las vías 4G que están en construcción y han empleado buena parte de la mano de obra utilizada en cultivos como los hortofrutícolas.

Vías 4G: área geográfica donde se lleva a cabo la construcción del nuevo plan de vías, soportados por Minhacienda y el Instituto Nacional de Vías, en la geografía nacional.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la forma como otras actividades, por ejemplo, la construcción de obras civiles, afectan la disponibilidad de mano de obra necesaria para el desarrollo de actividades productivas del sector agropecuario. Las actividades de construcción de carretera generan movimientos espaciales de la población de carácter temporal, periódico o permanente hacia los centros donde se desarrollan dichas actividades.

Existe una relación inversamente proporcional entre la cercanía a obras de carreteras de 4G y la aptitud competitiva del municipio. Un municipio más cercano a los tramos donde se construyen las vías es menos competitivo porque cuenta con alternativas de mayores ingresos que los generados por la actividad agropecuaria.

Limitantes de la evaluación de la variable

La información obtenida presenta los tramos de construcción de las vías 4G, desde el área del municipio donde comienza la obra hasta el municipio donde termina. Es claro que el trayecto de la vía incluye

el área de los municipios que se encuentran entre el punto inicial y final de la obra proyectada.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los municipios con presencia actual o futura de vías de 4G: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios > 2 horas	A1
Municipios entre 1 hora y 2 horas	A2
Municipios < 1 hora	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

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

Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional*.

Construcción de base de datos de las vías proyectadas de 4G por el Minhacienda, el Instituto Nacional de Vías y los estudios prospectivos de Agencia Nacional de Infraestructura ANI en el 2015.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado 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 del Ministerio de Hacienda, el Instituto Nacional de Vías y los estudios prospectivos de ANI en el 2015, constituyéndose estos en los puntos de referencia para la construcción de isócronas.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento de la mano de

obra hasta los centros de construcción de las vías de 4G. La mano de obra ubicada a tiempos de viaje cortos tendría un mayor incentivo para desplazarse de las actividades agropecuarias hacia las actividades de construcción.

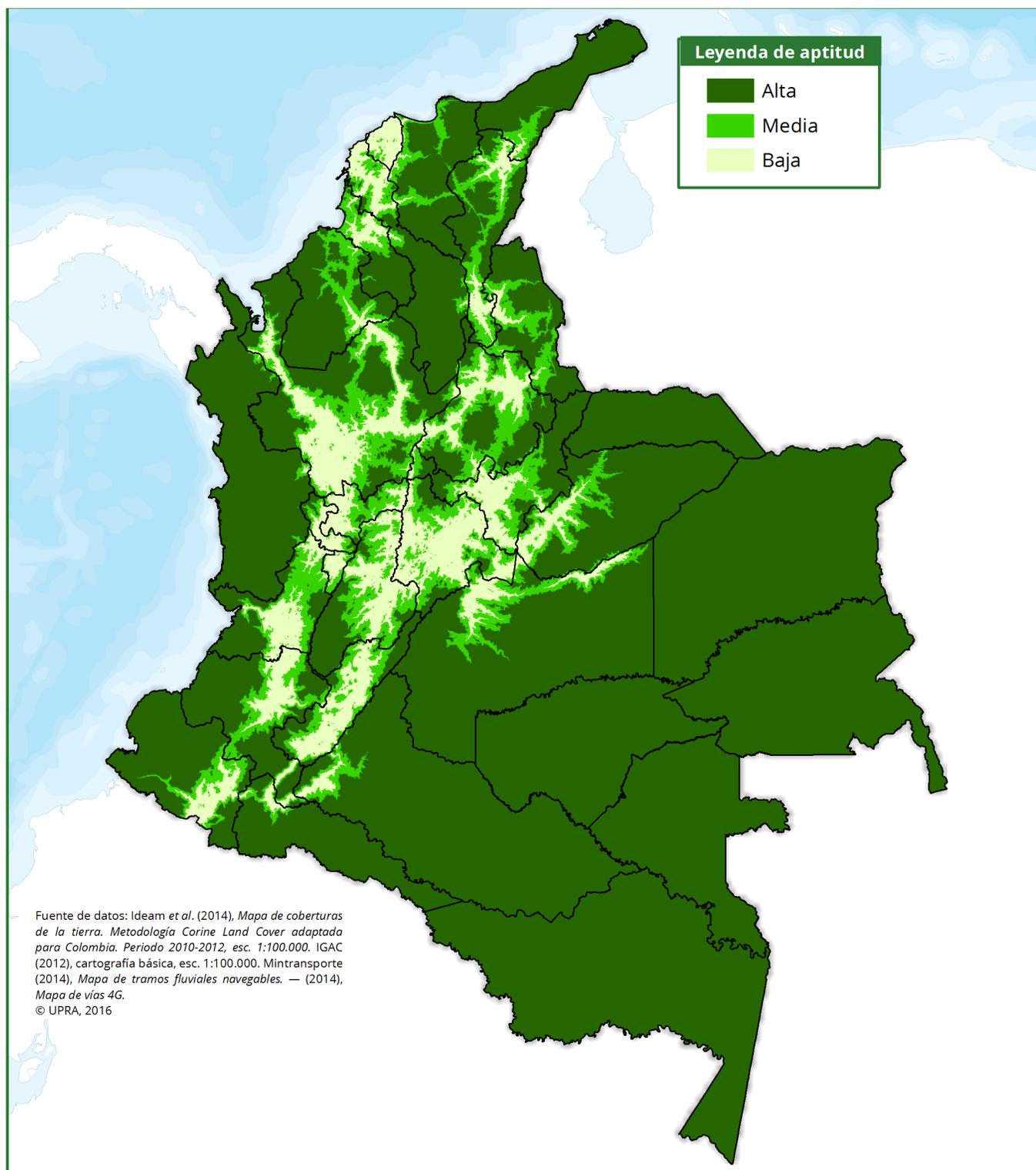
La ubicación de vías de 4G a más de dos horas de viaje implica que los trabajadores requieren de al menos la mitad de la jornada laboral para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. Las vías de 4G ubicadas entre una y dos horas de viaje implican que los trabajadores requieren de un tiempo razonable para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. La población residente a menos de una hora de viaje hacia las vías de 4G destinaría tan solo una fracción de su tiempo diario para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia.

Fuentes de información

- 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.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.



Representación cartográfica de la variable



3.5.2. Variable población en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄)	Unidad de medida: a. Índice de Competitividad (IC) b. Personas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Personas de determinada edad a partir de la cual se consideran en capacidad de trabajar. Por la información disponible a nivel municipal, esta variable incorporó la población entre los 20 y 64 años de edad en capacidad de trabajar.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la disponibilidad de mano de obra (oferta laboral) para atender el desarrollo de las actividades propias de la explotación comercial hortofrutícola.

Existe una relación directa entre la población en edad de trabajar y la aptitud competitiva del municipio. Municipios con una mayor PET₂₀₋₆₄ muestran las mejores opciones de mano de obra (oferta laboral) que podría ser aprovechada para el desarrollo de la explotación comercial hortofrutícola.

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 otro tipo de actividades como actividades escolares (estudiantes) y actividades del hogar, principalmente. Asimismo, algunas personas pueden vivir de las rentas o pertenecer a un régimen pensional (regímenes especiales) o pueden recibir algún tipo de pensión por alguna discapacidad laboral, entre otras razones.

Los indicadores no tienen en cuenta las migraciones internas que suceden en el país, especialmente la de población campesina apta o experta en el trabajo en los cultivos que componen la cadena.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Índice de competitividad (IC) Personas	Aptitud
IC > 0,01015 Municipios ≥ 50.000 personas	A1
IC ≥ 0,00419 - ≤ 0,01015 Municipios entre 20.000 y 50.000 personas	A2
IC < 0,00419 Municipios < 20.000 personas	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
DANE. (2005). *Proyecciones de población municipal 2005-2020*.

2. Precisiones de la información.

La fuente para la estimación de la PET_{20-64} 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 los 64 años.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula la relación entre la PET_{20-64} con respecto al total de la población municipal proyectada para 2014.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial para generar el desarrollo de cultivos hortofrutícolas.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta la dispersión de la participación porcentual de la

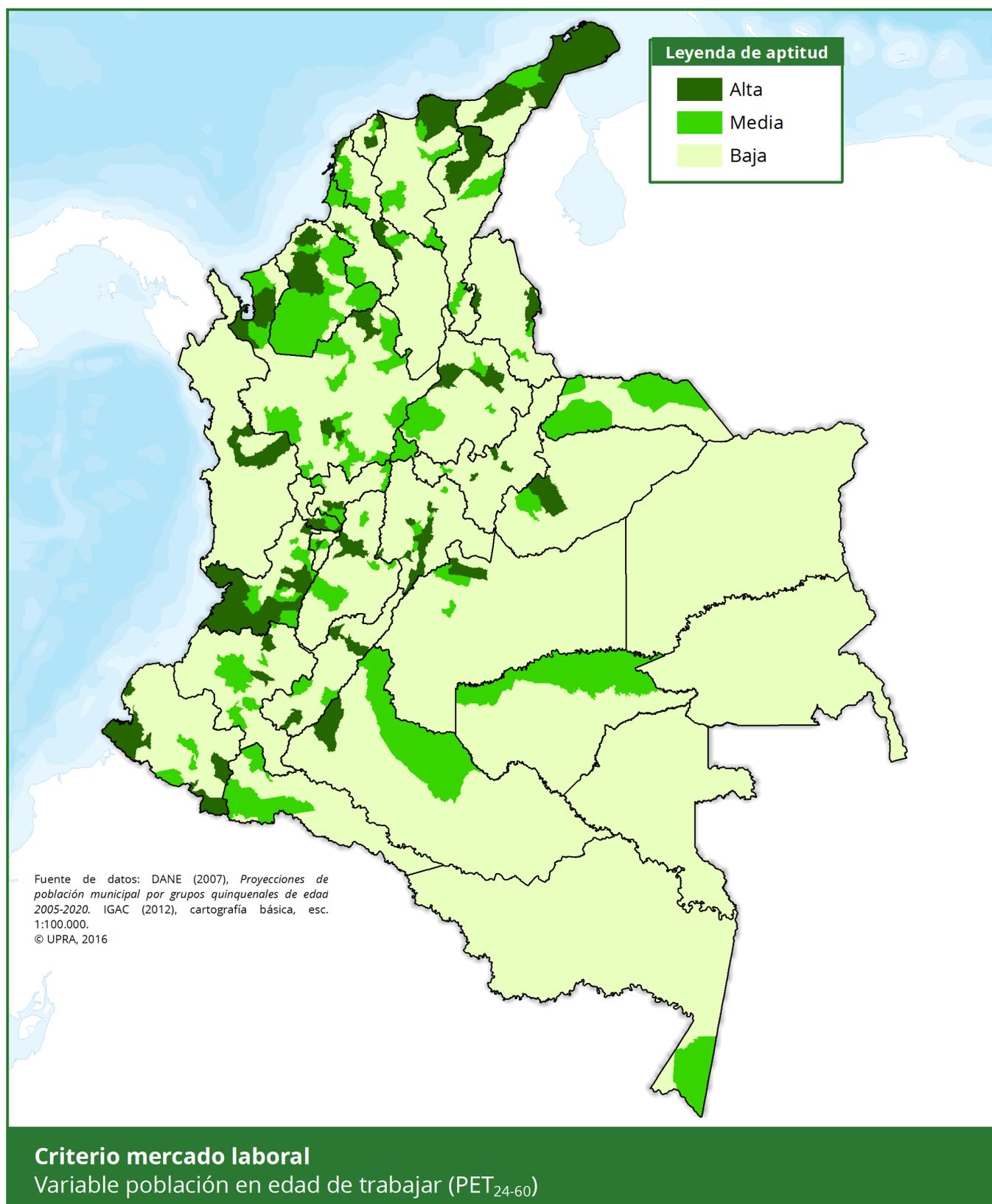
PET₂₀₋₆₄ respecto de la población total del municipio, de acuerdo con la distribución de los datos a partir de la elaboración del histograma y teniendo como estadísticos de referencia la mediana y el promedio nacional.

Fuentes de información

- DANE. (2007). *Proyecciones de población 2005-2020*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



3.5.3. Variable años promedio de escolaridad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: años promedio de escolaridad	Unidad de medida: a. Índice de competitividad -IC- (comprendido entre 1 y 0) b. Número de años promedio de escolaridad en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más a nivel municipal.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la disponibilidad de mano de obra cualificada, lo cual contribuye a mejorar la productividad y, en consecuencia, la competitividad de las diferentes actividades que hacen parte de la explotación comercial de cebolla de bulbo.

Los municipios en donde su población tiene un mayor número de años aprobados generan condiciones en las cuales la mano de obra cuenta con mayores habilidades para asimilar capacidades y transferir conocimientos que benefician el desarrollo de la explotación comercial de los productos que componen la cadena.

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 públicas de educación, implementadas en años recientes.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Número de años promedio de escolaridad en el municipio Índice de competitividad (IC)	Aptitud
Municipios \geq 5 años IC \geq 0,2511	A1
Municipios entre 3 y 5 años IC entre 0,1483 y 0,2511	A2
Municipios $<$ 3 años IC $<$ 0,1483	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

DANE. (2005). Censo general población y vivienda.

2. Precisiones de la información.

El supuesto base es que todo niño (o niña) ingresa al colegio a la edad de siete años cumplidos. Con una tasa de repitencia de cero, a los 15 años cumplidos se debe haber cursado y aprobado como mínimo ocho años de estudio. Con seis años aprobados, se supone 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 índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial para generar el desarrollo sostenible de la explotación comercial hortofrutícola.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

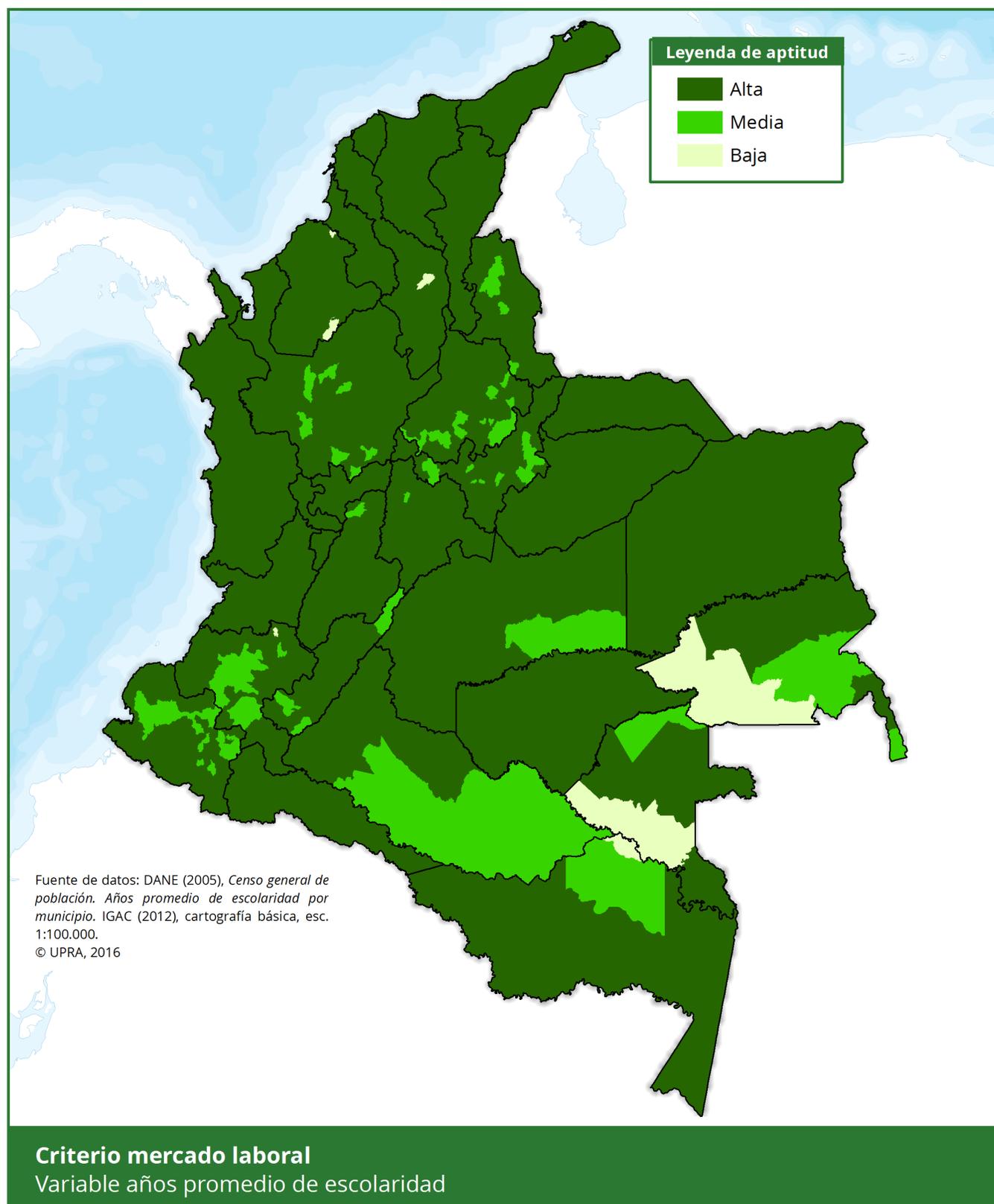
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos se definen teniendo en cuenta la dispersión de los datos 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 estadístico descriptivo de referencia.

Fuentes de información

- DANE. (2005) *Censo General de Población 2005*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



3.5.4. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Unidad de medida: número de programas de formación académica en actividades del sector agropecuario en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, forestales, agropecuarias y afines, con modalidad presencial en el municipio.

Importancia de la variable para el cultivo

La disponibilidad de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos, tecnológicos o profesionales en actividades del sector que al vincularse a los procesos productivos pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la explotación comercial de cebolla de bulbo.

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.

Limitantes de la evaluación de la variable

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados se hace a partir del número de programas registrados en el Mineducación, según cada municipio, y no del número de graduados o egresados por municipio.

No se tiene en cuenta el programa del SENA Jóvenes Rurales, que tiene una presencia importante en el territorio nacional e incide positivamente en la explotación agropecuaria y en la mitigación del fenómeno de abandono del campo y migración a la ciudad.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

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
0 o 1	A3

La oferta de programas de formación académica, de modalidad presencial, oscila entre un máximo de 32 programas en Bogotá, 25 en Medellín, 18 en Popayán y ninguna oferta en 432 municipios en el país.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Mineducación. (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat).

2. Precisiones de la información.

El número de programas académicos ofertados para cada municipio se identifica a partir de los registros de educación superior, por una parte y, por otra, a partir de la relación de 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 especializaciones. No se consideran los programas de maestría y doctorado.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

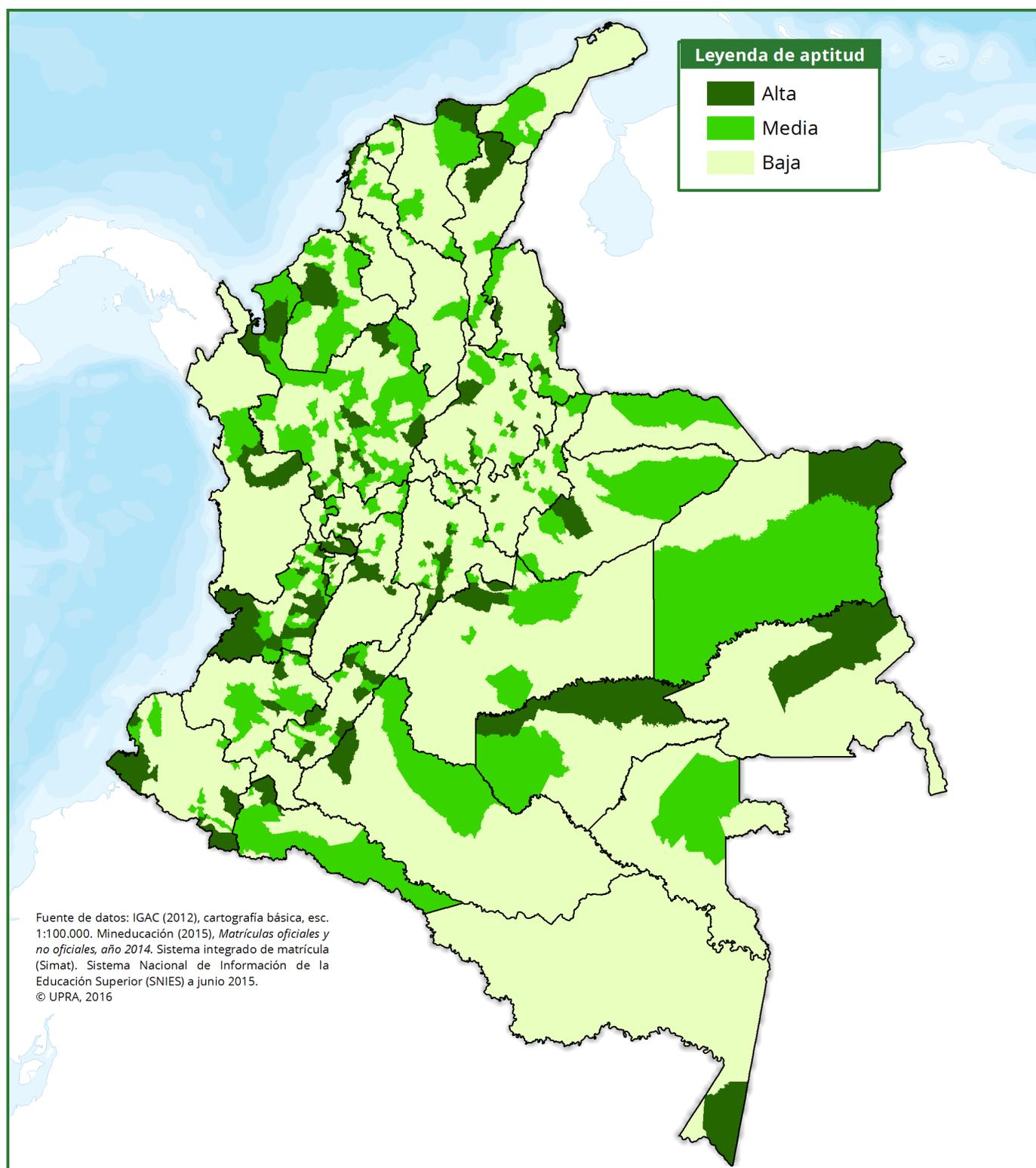
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta tres categorías de aptitud competitiva así:

Municipios con cuatro o más programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agronómicas (A1); municipios con dos o tres programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agronómicas (A2); municipios con uno o ningún programa de formación académica (A3).

Fuentes de información

- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2015). Sistema de Matrículas Estudiantil de Educación Básica y Media (Simat). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014.*

Representación cartográfica de la variable



Criterio mercado laboral

Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

3.6. Criterio seguridad ciudadana

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variables asociadas al criterio		
Índice de riesgo de amenazas.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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

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 asociadas a la presencia de grupos armados ilegales y delincuencia común, lo cual puede incidir negativamente en la dinámica del aparato productivo asociado al cultivo.

La seguridad es uno de los factores que determina el clima de inversión y este, a su vez, afecta la competitividad del municipio. Existe una relación inversamente proporcional entre riesgo de amenazas y la aptitud competitiva del municipio.

Las condiciones de seguridad en el ámbito rural han sido restrictivas para la inversión en proyectos productivos, por lo cual una caracterización por medio de variables objetivas a nivel municipal cobra importancia para orientar a los inversionistas privados y a los hacedores de política pública del sector agropecuario, particularmente direccionada hacia una posible etapa de posconflicto.

Limitantes de la evaluación del criterio

Con la información disponible no se logra caracterizar la incidencia de la delincuencia común ya que los datos usados se refieren en su mayoría a acciones causadas por grupos de delincuencia organizada

Para la variable riesgo de amenazas, los municipios sin información disponible, bajo el principio de cercanía, se asimilaron a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. Los municipios a los

que se hace referencia son Norosí (Bolívar), Tuchín y San José de Uré (Córdoba) y Guachené (Cauca).

La información usada se caracteriza por estar en constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

Valor de ponderación del criterio: 1,1 %

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.

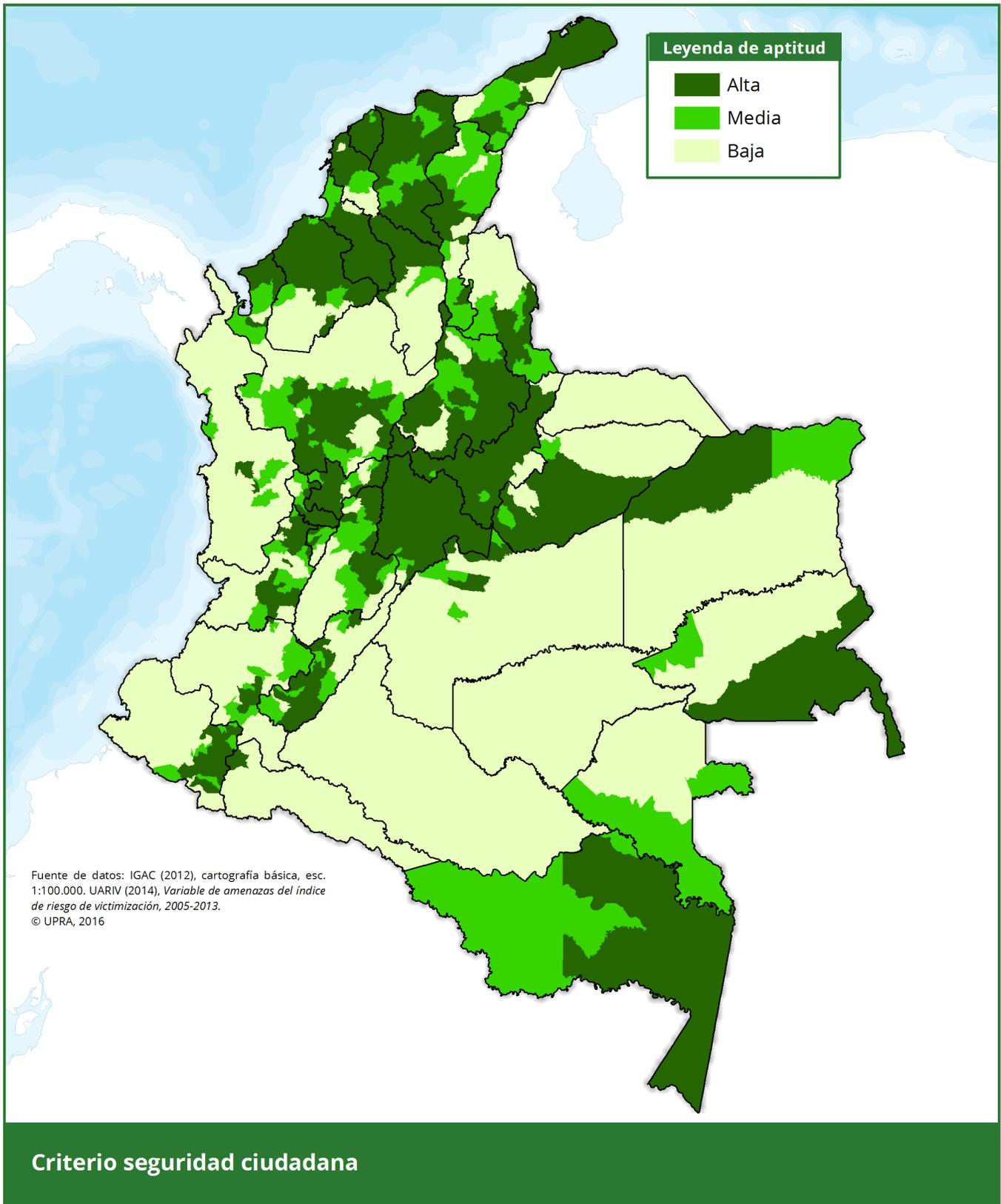
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de riesgo de amenazas	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,720	IC ≥ 0,519 y ≤ 0,720	IC < 0,519
	Índice de riesgo de amenazas	≤ 0,42	> 0,42 - ≤ 0,58	> 0,58

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*. Recuperado de <<http://vgv.unidadvictimas.gov.co/irv/>>

Representación cartográfica del criterio



3.6.1. Variable índice de riesgo de amenazas

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variable: índice de riesgo de amenazas	Unidad de medida: a. Índice de competitividad (IC) (comprendido entre 1 y 0). b. Índice de riesgo de amenazas.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Eventual ocurrencia de acciones o sucesos relacionada con el conflicto armado interno en cada municipio de Colombia, que tengan la potencialidad de causar daño a la población civil y a sus bienes. Dichos eventos son ocasionados por agentes preponderantemente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014).

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. Las zonas donde existen altas posibilidades de amenazas están relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales y constituyen un riesgo que puede interrumpir la dinámica del aparato productivo asociado al cultivo.

La seguridad es uno de los factores que determinan el clima de inversión de un municipio. Existe una relación inversamente proporcional entre el riesgo de amenazas y la aptitud competitiva del municipio.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encontraron municipios sin información disponible para el cálculo del índice de riesgo de amenazas. Estos municipios, bajo el principio de cercanía, se asimilaron a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. Los municipios a los que se hace referencia son Norosí (Bolívar), Tuchín y San José de Uré del departamento de 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 exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Índice de competitividad (IC) Índice de riesgo de amenazas	Aptitud
$IC \geq 0,720$ $\leq 0,42$	A1
$IC > 0,519$ y $\leq 0,720$ $> 0,42 - \leq 0,58$	A2
$IC < 0,519$ $> 0,58$	A3

Para el periodo de análisis 2005-2013, los municipios con mayor riesgo de amenazas son El Tarra (Norte de Santander), Arauquita (Arauca) y Puerto Rico (Meta). Los riesgos más bajos se presentan principalmente en municipios ubicados en departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

UARIV. (2014). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*.

2. Precisiones de la información.

El cálculo del índice de riesgo de amenazas se realiza a partir de información histórica para el periodo 2005-2013.

Comprende 36 variables agrupadas en cuatro categorías denominadas subíndices, como se muestra a continuación:

Subíndice hechos: personas expulsadas de forma masiva e individual; personas secuestradas; reclutamiento ilegal de niños, niñas y adolescentes; amenazas (individuales/colectivas); actos de terrorismo (artefactos explotados); pérdida de bienes muebles e inmuebles; despojo de tierra; homicidios; incursión a población; asalto a población; eventos por minas antipersonas (MAP); exámenes médicos legales por presunto delito sexual; militares y civiles heridos por MAP; personas torturadas; desaparición forzada; militares y civiles muertos por MAP; masacres; y líderes sociales asesinados.

Subíndice acciones: ataques a aeronaves; ataques a instalaciones de policía; contacto armado; emboscadas; hostigamientos; incidentes por MAP; puentes y vías destruidos; y retenes ilegales.

Subíndice otros: artefactos explosivos desactivados o incautados; informes de riesgo; y notas de seguimiento.

Subíndice presencia: hectáreas sembradas de coca; y presencia de hombres de las bacrim, las Farc y el ELN.

El índice de riesgo de amenazas asigna pesos porcentuales a cada subíndice así: hechos (28,98 %); acciones (25,12 %); otros (21,31 %); y presencia (24,57 %).

Este índice clasifica los municipios según su nivel de riesgo de amenazas (RA), así: bajo, entre 0,2025 y 0,3081; medio bajo, entre 0,3090 y 0,4255; medio, entre 0,4263 y 0,5800; medio alto, entre 0,5817 y 0,7955; y alto, entre 0,8025 y 1.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

El índice de riesgo de amenazas 2005-2013 calculado por la fuente está disponible a nivel municipal.

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 los cultivos hortofrutícolas.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

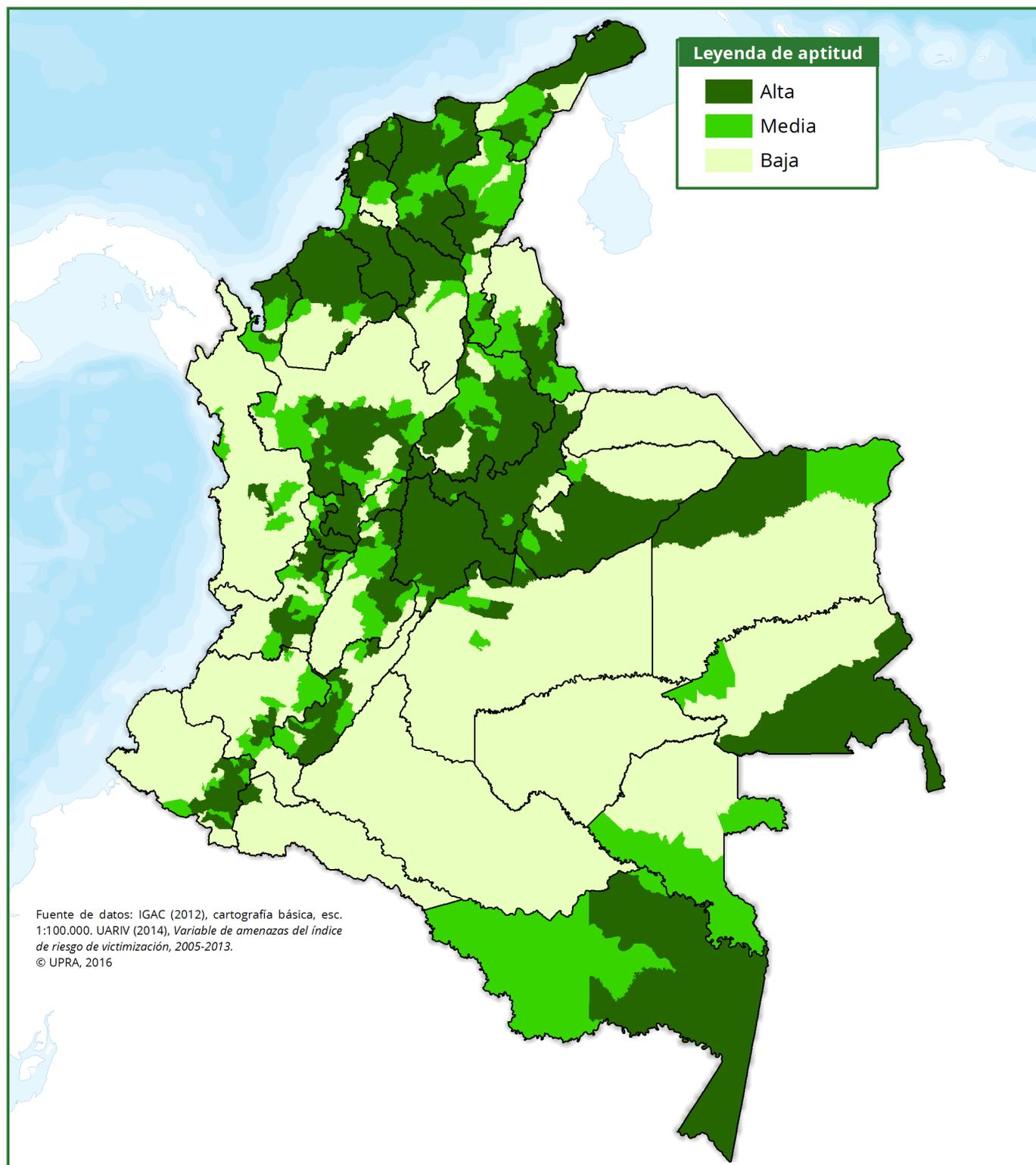
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de riesgo de amenazas, estos se agruparon dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1 (bajo y medio bajo), A2 (medio) y A3 (alto y medio alto).

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014a). *Índice de riesgo de victimización 2005-2013*.

Representación cartográfica de la variable



Criterio seguridad ciudadana

Variable índice de riesgo de amenazas

3.7. Criterio institucionalidad y asociatividad

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Índice de desempeño fiscal. • Programas y servicios ofrecidos por el SENA. • Predios certificados BPA por el ICA. • Programas o servicios ofrecidos por Corpoica. • Organizaciones gremiales o de base del sector. • Extensión y asistencia técnica sectorial. 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Identifica condiciones internas y externas de la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector de cebolla de bulbo.

Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, porque su apoyo a los procesos productivos y comerciales constituye un elemento central para la competitividad.

Importancia del criterio

Identifica la oferta institucional de organizaciones cuyas actividades tienen efectos directos sobre el desempeño de la actividad agrícola a nivel local (por ejemplo el ICA, el SENA y Corpoica), así como indirectos (la calidad del gasto público local), las cuales, cuando funcionan adecuadamente, se convierten en generadores de externalidades positivas que propician una mayor competitividad.

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de organizaciones, asociaciones, cooperativas y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector de la producción de cebolla de bulbo en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional y asociativo favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica y fortalecimiento organizacional del sector. A nivel municipal, las posibilidades de una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales y proyectos productivos, entre otros, ofrecerían mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta

nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad del cultivo de la cebolla de bulbo.

Los municipios con presencia institucional, o con una sede institucional cercana, tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta institucional, por lo cual se consideran más competitivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

El análisis de presencia o ausencia de instituciones a nivel municipal debe ser complementado con la calidad de sus intervenciones ya que la sola presencia no garantiza procesos que agreguen valor a la actividad agrícola.

La información utilizada para la variable organizaciones gremiales, o de base del sector, proviene del gremio y puede variar en el corto plazo según las actualizaciones periódicas que se realicen.

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable de desempeño fiscal. Estos municipios fueron agrupados en la categoría (A3), en consideración de su baja actividad fiscal con relación a los recursos del sistema general de participación del país.

Valor de ponderación del criterio: 2,0 %

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 (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

Usando un árbol de decisión, se procede a sumar los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Institucionalidad y asociatividad	Municipios con sumatoria de aptitud > 14	Municipios con sumatoria de aptitud entre 10 y 13	Municipios con sumatoria de aptitud < 9

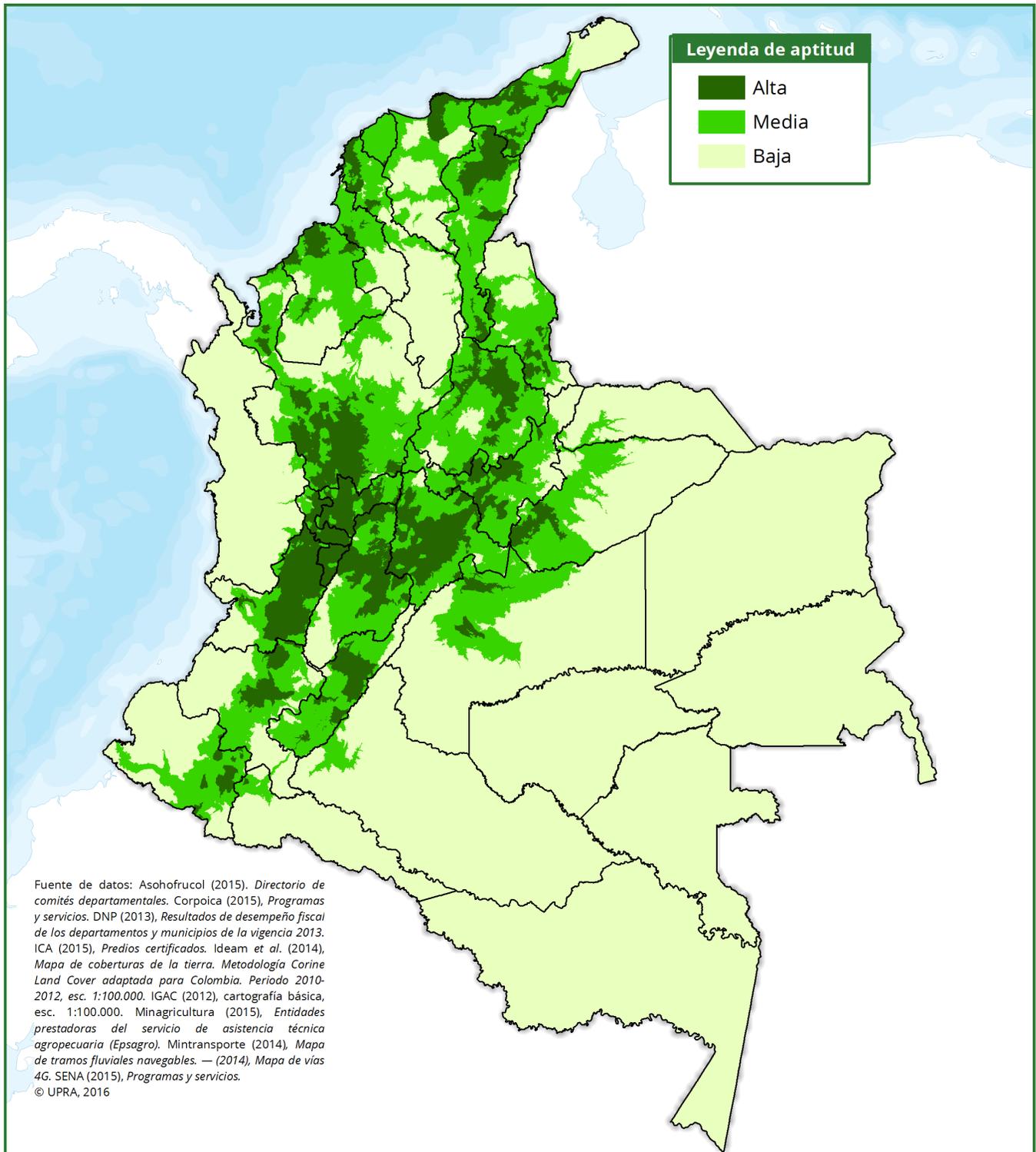
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de desempeño fiscal	Índice de competitividad (IC)	$IC \geq 0,655$	$0,476 \leq IC < 0,655$	$IC < 0,476$
	Índice	$\geq 70,02 - < 90,73$	$60,00 - < 70,02$	$\geq 33,23 - < 60,00$
Programas y servicios ofrecidos por el Sena	Horas	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
Predios certificados BPA por el ICA	Número de predios certificados	Municipios ≥ 5 predios certificados	Municipios entre 1 y 5 predios certificados	Municipios sin 1 predios certificados
Programas o servicios ofrecidos por Corpoica	Horas	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
Extensión y asistencia técnica sectorial	Horas	Municipios ≤ 2 h	Municipios entre 2 h y 4 h	Municipios > 4 h
Organizaciones gremiales o de base del sector	Presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	Con presencia	-	Sin presencia

Fuentes de información

- Corpoica. (2015). Programas y servicios.
- DANE. (2005). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- ICA. (2015). *Predios certificados en BPA, 2014*. Dirección técnica epidemiología y vigilancia sanitaria 2015.
- 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.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2011). *Cifras IDM por municipio y departamento*.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2015). *Programas y servicios*. Recuperado de: <<http://www.sena.edu.co/es-co/Paginas/default.aspx>>

Representación cartográfica del criterio



Criterio institucionalidad y asociatividad

3.7.1. Variable índice de desempeño fiscal

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: desempeño fiscal	Unidad de medida: a. Índice de competitividad (IC) b. Índice de desempeño fiscal	
Tipo de criterio asociado	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 autofinanciación de los gastos de funcionamiento, respaldo del servicio de la deuda, dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR), generación de recursos propios, magnitud de la inversión y capacidad de ahorro.

El DANE (2013) define estos indicadores así:

- **Autofinanciación de los gastos de funcionamiento:** mide la proporción de los recursos de libre destinación asignados al pago de nómina y gastos generales de operación de la administración central de los municipios.
- **Respaldo del servicio de la deuda:** 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:** 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

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.

Municipios con mayores índices de desempeño fiscal tienen mayores posibilidades de inversión en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales y 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.

Limitantes de la evaluación de la variable

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés, no hay reporte de la variable de desempeño fiscal. Estos municipios fueron agrupados en la categoría (A3), en consideración de su baja actividad fiscal con relación a los recursos del sistema general de participaciones del país.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Índice de competitividad (IC) índice	Aptitud
$IC \geq 0,655$ $\geq 70,02 - \leq 90,73$	A1
$IC > 0,476$ e $IC < 0,655$ $\geq 60,00 - < 70,02$	A2
$IC \leq 0,476$ $\geq 33,23 - < 60,00$	A3

En consideración de 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%, vulnerables, y el 17%, en deterioro y riesgo. Ejemplos de estos municipios por categoría son: en la primera categoría, Rionegro (Antioquia), Monterrey (Casanare) y Nobsa (Boyacá); en la segunda categoría, Zetaquirá (Boyacá), Pacho (Cundinamarca) y Santo Domingo (Antioquia); y, en la tercera, Contadero (Nariño), Río Iró (Chocó) y Albania (Caquetá).

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: solvente ($IDF \geq 80$), sostenible ($IDF \geq 70$ y < 80), vulnerable ($IDF \geq 60$ y < 70), riesgo ($IDF \geq 40$ y < 60) y deterioro ($IDF < 40$).

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calculó el promedio anual para los años 2009-2013 del índice de desempeño fiscal por municipio.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El índice de competitividad es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

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

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

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

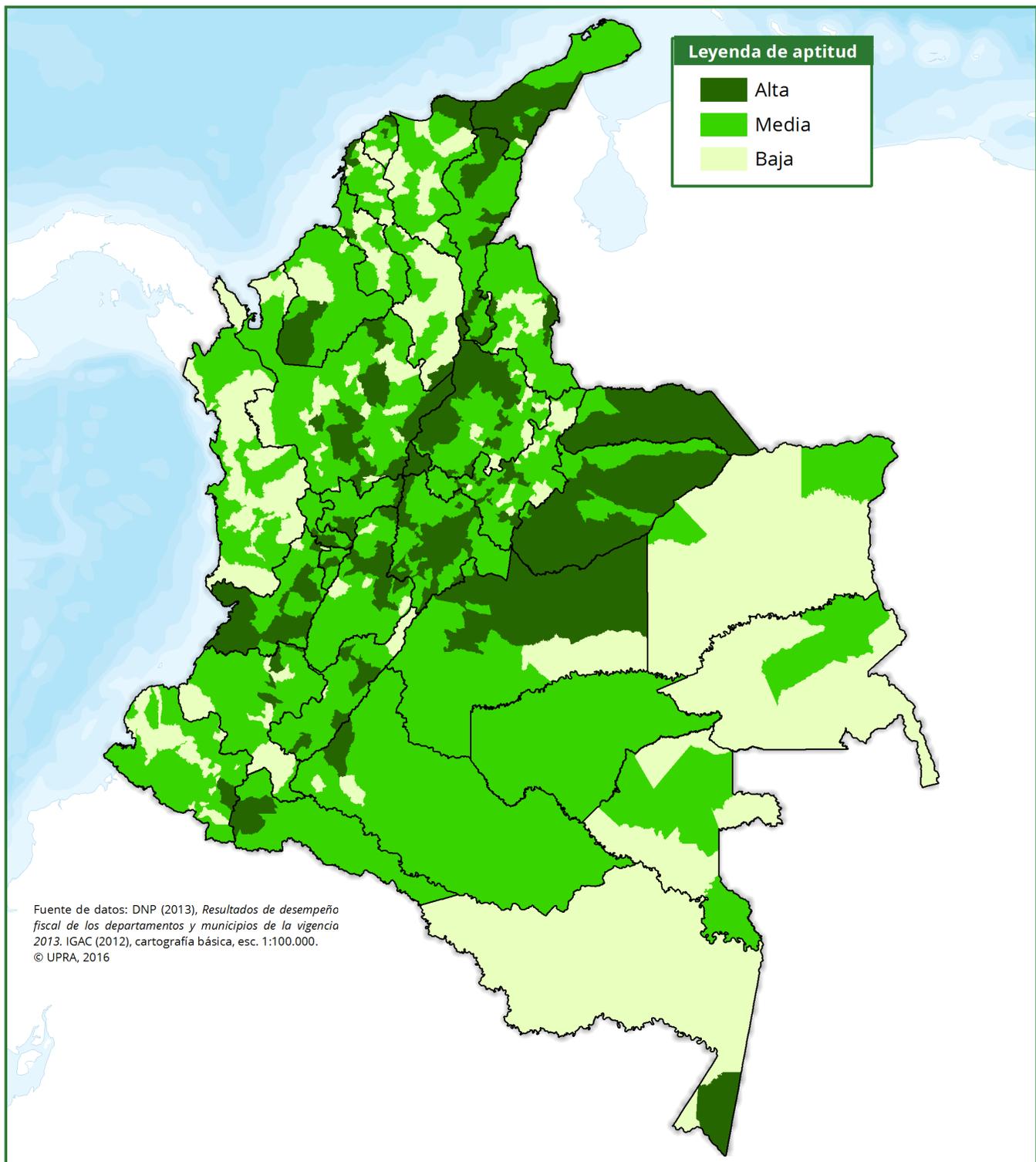
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de desempeño fiscal (IDF), estos se agruparon dentro de las categorías de aptitud competitiva así: A1, solvente y sostenible; A2, vulnerable, y A3, deterioro y riesgo.

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DNP (2013), *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable índice de desempeño fiscal

3.7.2. Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: programas y servicios que ofrece el SENA		Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde un sitio en el territorio, el centro más cercano del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que ofrezca programas de formación profesional integral para la incorporación, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervengan directamente con la producción agrícola en los cultivos hortofrutícolas desde otros puntos en el territorio.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta la sede del SENA más cercana que ofrezca programas y servicios especializados como Jóvenes Rurales Emprendedores, SENA Emprende Rural (SER), escuelas líderes Cedagro-SER, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, Jóvenes en Acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental, apoyo a empresas agrícolas.

Importancia de la variable para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de asociaciones, cooperativas y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte de la cadena hortofrutícola en el territorio. Una mayor oferta de instituciones y organizaciones en el ámbito nacional favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica, y fortalecimiento organizacional del sector. A nivel municipal, las posibilidades de una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecería mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional

y municipal contribuye a mejorar la competitividad de los cultivos que componen la cadena hortofrutícola.

Municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana tienen mayores posibilidades de que exista una mayor oferta institucional por lo cual se consideran más competitivos. Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La accesibilidad, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta el SENA serán menores, por tanto, los municipios serán más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Limitantes de la evaluación de la variable

Programas nuevos que tenga el SENA no estarían incluidos; este es un corte temporal que muestra los programas al 2016.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta la sede del SENA más cercana:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios \leq 2 horas	A1
Municipios entre 2 horas y 4 horas	A2
Municipios $>$ 4 horas	A3

Se observa que la zona central del país tiene una mayor aptitud competitiva, al igual que la zona de influencia de las capitales de la costa atlántica, la región pacífica, los llanos orientales y Amazonia son los que presentan menor aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

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

Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*.

SENA. (2014). *Regionales y centros de formación*.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización se tomó como referente la existencia de centros de formación del SENA en los municipios que tengan programas específicos en servicios especializados como son Jóvenes Rurales Emprendedores, Escuelas Líderes Cedagro-SER, SENA Emprende

Rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, Jóvenes en Acción, riego, drenaje y manejo de suelos agrícolas, cultivos labores del campo, unidad investigativa para frutas y hortalizas, formación agrícola poscosecha, proyectos productivos agrícolas comunitarios, innovación agricultura, asistencia a producción agrícola, agricultura de precisión, control ambiental, o apoyo a empresas agrícolas.

3. Municipios con sede del SENA que ofrecen programas y servicios.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para el 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.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros del SENA, que tienen los programas y servicios específicos. Se definieron tres categorías de aptitud competitiva: áreas geográficas de los municipios con centros de formación SENA, que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo, se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de los centros de formación del SENA se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de los centros de formación del SENA, se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de formación SENA, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

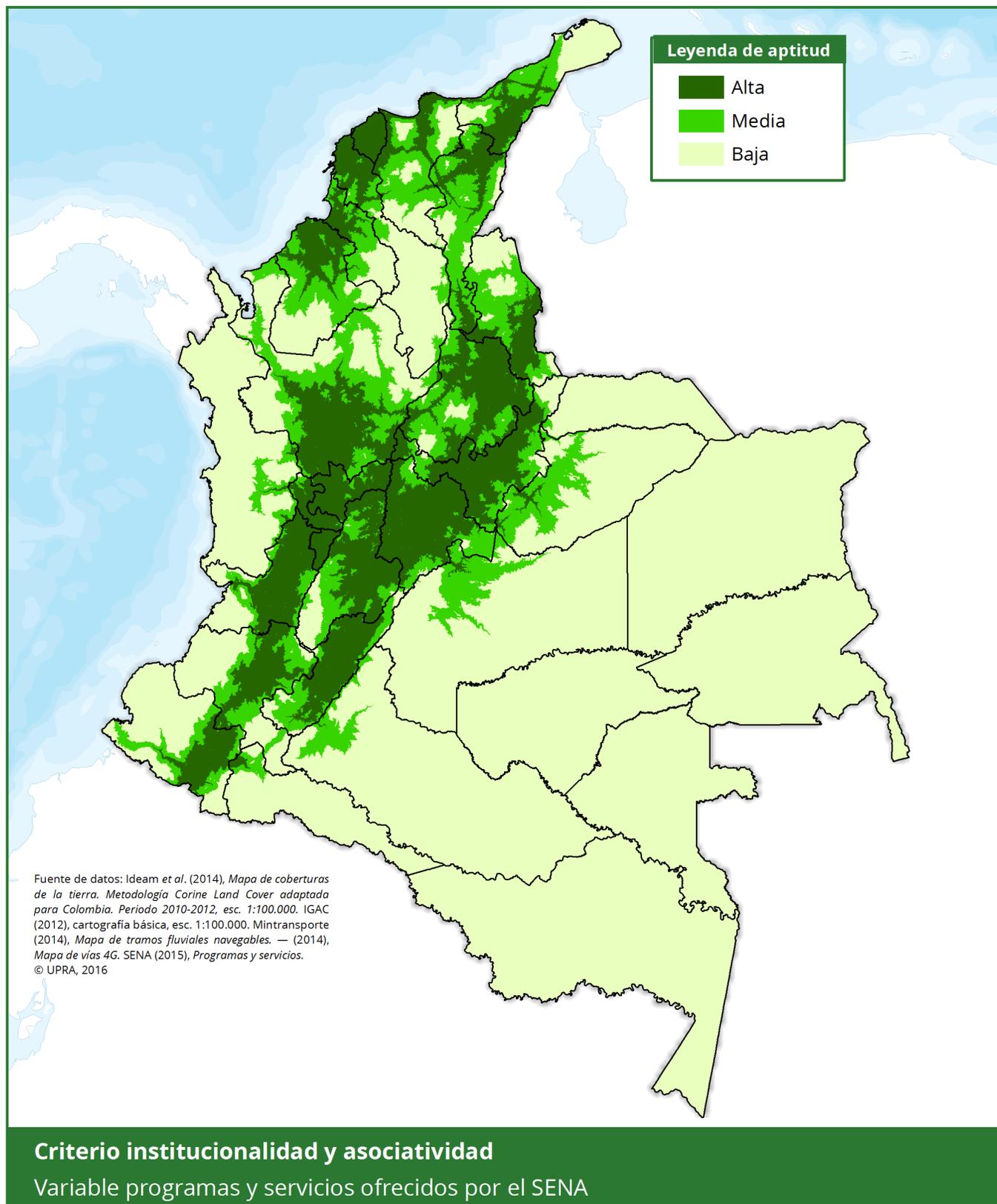
Representación cartográfica de la variable

Fuentes de información

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

- Mintransporte. (2014). Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G. Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2015). Regionales y centros de formación. Recuperado de: <www.sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/Paginas/Regionales-y-Centros-de-Formacion.aspx>
- SENA. (2013). Objetivos y funciones. Recuperado de <<http://www.sena.edu.co/acerca-del-sena/quienes-somos/Paginas/Objetivos-y-Funciones.aspx>>





3.7.3. Variable predios certificados BPA por el ICA

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: predios certificados BPA por el ICA	Unidad de medida: número de predios certificados	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Número de predios certificados en buenas prácticas agrícolas (BPA) por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al mejoramiento de las condiciones de inocuidad de la producción agropecuaria. Así mismo, la certificación abre las puertas a mercados internacionales.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de certificación oficial del ICA es dinámico por lo que nuevos predios certificados no se encuentran registrados en la base de datos de la institución, así como aquellos predios que ya no tienen vigente la certificación en BPA.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Número de predios certificados por el ICA	Aptitud
≥ 5 predios certificados	A1
Entre 1 y 5 predios certificados	A2
Municipios sin predios certificados	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

ICA. Predios certificados en BPA 2015.

2. Precisión de la información.

Para la espacialización, se tomó como referente la información de predios certificados por parte del ICA a nivel de municipios.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

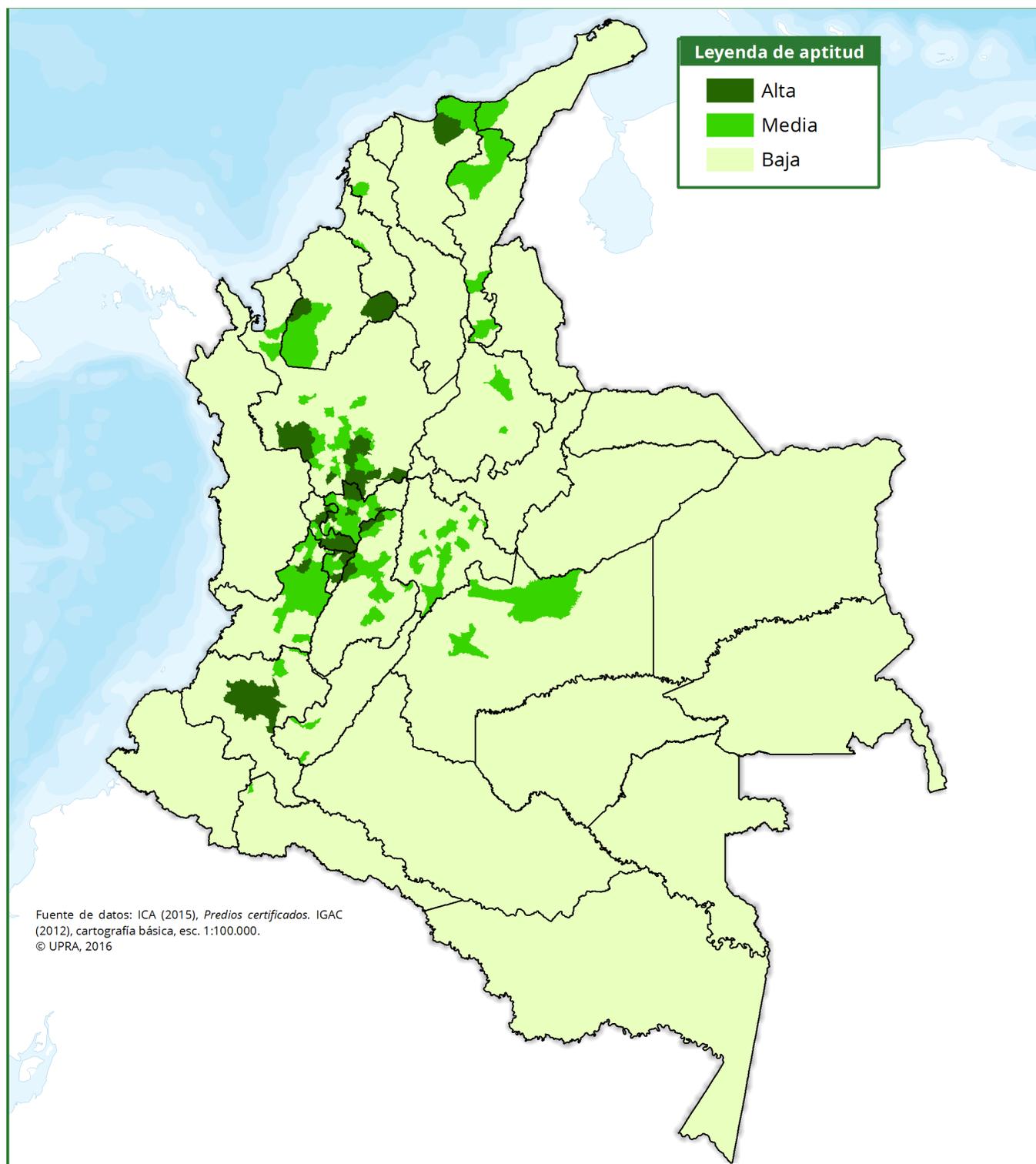
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta tres categorías de aptitud competitiva: municipios mayores o iguales a 5 predios, certificados con BPA por el ICA, se clasifican en aptitud alta (A1); municipios entre 1 y 5 predios, certificados con BPA por el ICA, se catalogan como de aptitud media (A2), y los municipios sin predios certificados con BPA por el ICA, se consideran de aptitud baja (A3).

Fuentes de información

- ICA. (2015). *Predios certificados BPA del ICA*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable predios certificados BPA por el ICA

3.7.4. Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: programas o servicios ofrecidos por Corpoica	Unidad de medida: Tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica que ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervienen directamente con la producción agrícola en la cadena hortofrutícola desde otros puntos en el territorio. La variable sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de Corpoica que ofrecen estos programas específicos.

Importancia de la variable para el cultivo

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de asociaciones, cooperativas y productores que facilitan el desarrollo y soporte de la cadena hortofrutícola en el territorio. Una mayor oferta de instituciones y organizaciones en el ámbito nacional favorece el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica, y fortalecimiento organizacional del sector.

En un municipio, una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecería mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta de Corpoica contribuye a mejorar la competitividad del cultivo de cebolla de bulbo.

La accesibilidad, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y 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 serán menores, por tanto, los municipios serán más

competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios \leq 2 h	A1
Municipios entre 2 h y 4 h	A2
Municipios $>$ 4 h	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

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

Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*.

Corpoica. Centros y sedes de investigación Corpoica, 2015.

2. Precisiones de la información.

Precisiones de la información: para la espacialización se tomó como referente la existencia de centros de investigación y sedes de Corpoica en los municipios que tengan programas específicos, en particular, donde hay el programa de red de innovación de hortalizas y red de innovación de cultivos transitorios.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y sus pendientes, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para el 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.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros de investigación Corpoica. Se definieron tres categorías de

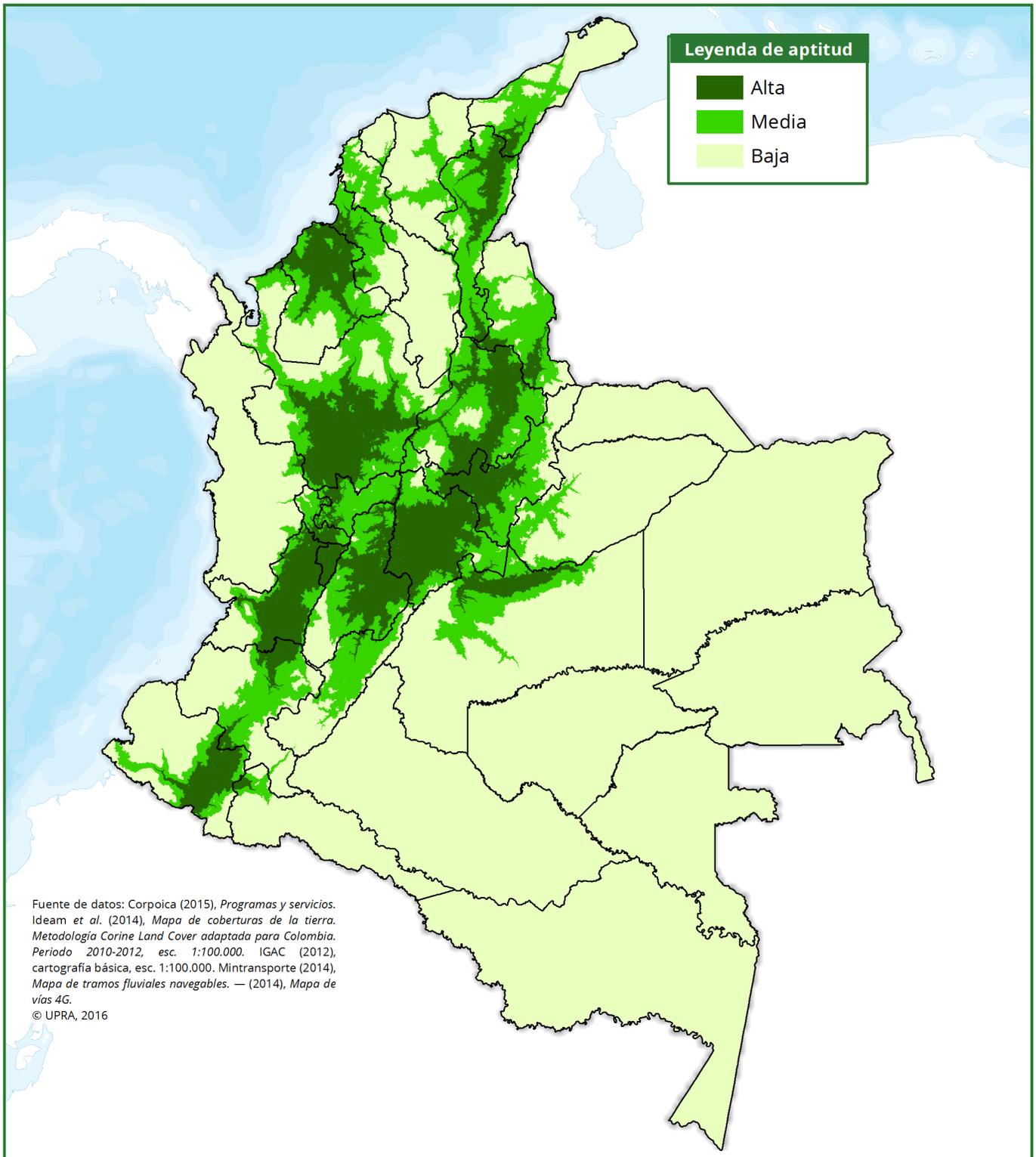
aptitud competitiva: áreas geográficas de los municipios con centros de investigación Corpoica que se encuentran a menos de dos horas de distancia se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas de los municipios con centros de investigación Corpoica que se encuentran a más de 2 y hasta 4 horas de los centros de investigación Corpoica se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas de los municipios con centros de investigación Corpoica que se encuentran a más de 4 horas de distancia de los centros de investigación Corpoica se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de investigación Corpoica, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

Fuentes de información

- Corpoica. (2015). *Programas y servicios*. Recuperado de <www.corpoica.gov.co>
- 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.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapas vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.



Representación cartográfica de la variable



Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: extensión y asistencia técnica sectorial	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cercanía de las entidades u organizaciones que prestan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria a nivel municipal, cuya función es articular y orientar acciones para el incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción, considerando la sostenibilidad ambiental.

El término sectorial está referido tanto al sector agropecuario en general como al sector de cebolla de bulbo.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la proximidad a ofertas de extensión y asistencia técnica sectorial, orientadas al incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción.

Los municipios con una mayor presencia de entidades que ofertan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria se consideran más competitivos. Allí, los agentes económicos tienen una mayor posibilidad de acceso a los conocimientos de las prácticas alternativas para mejorar los rendimientos de los procesos productivos de un cultivo, a partir de la extensión de adelantos tecnológicos acordes con los requerimientos específicos de las cadenas productivas, el desarrollo de capacidades de gestión y administración de los sistemas productivos, la promoción de la asociatividad y la construcción de canales de articulación con agroindustrias, mercados dinámicos y otras formas de transformación y comercialización de productos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios \leq 2 h	A1
Municipios entre 2 h y 4 h	A2
Municipios $>$ 4 h	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La información empleada está basada en las asociaciones que se encuentran referidas en el Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola y se asume que dichas asociaciones cuentan con un ingeniero agrónomo, como mínimo, que ofrece la asistencia técnica especializada.

Para la espacialización, no se contó con las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata), cuya función es prestar asistencia técnica agropecuaria directa y gratuita a los pequeños productores, debido a que estas están presentes en todos los municipios del país.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Asohofrucol. (2015). *Plan nacional hortofrutícola*.

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

Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*.

2. Precisiones de la información.

Para medir la presencia de organizaciones de extensión y asistencia técnica, se tuvieron en cuenta los directorios o registros continuos del Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola a través de Asohofrucol.

Hay más de 273 municipios con mínimo una asociación y una amplia cobertura a nivel nacional.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y sus pendientes, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para el 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.

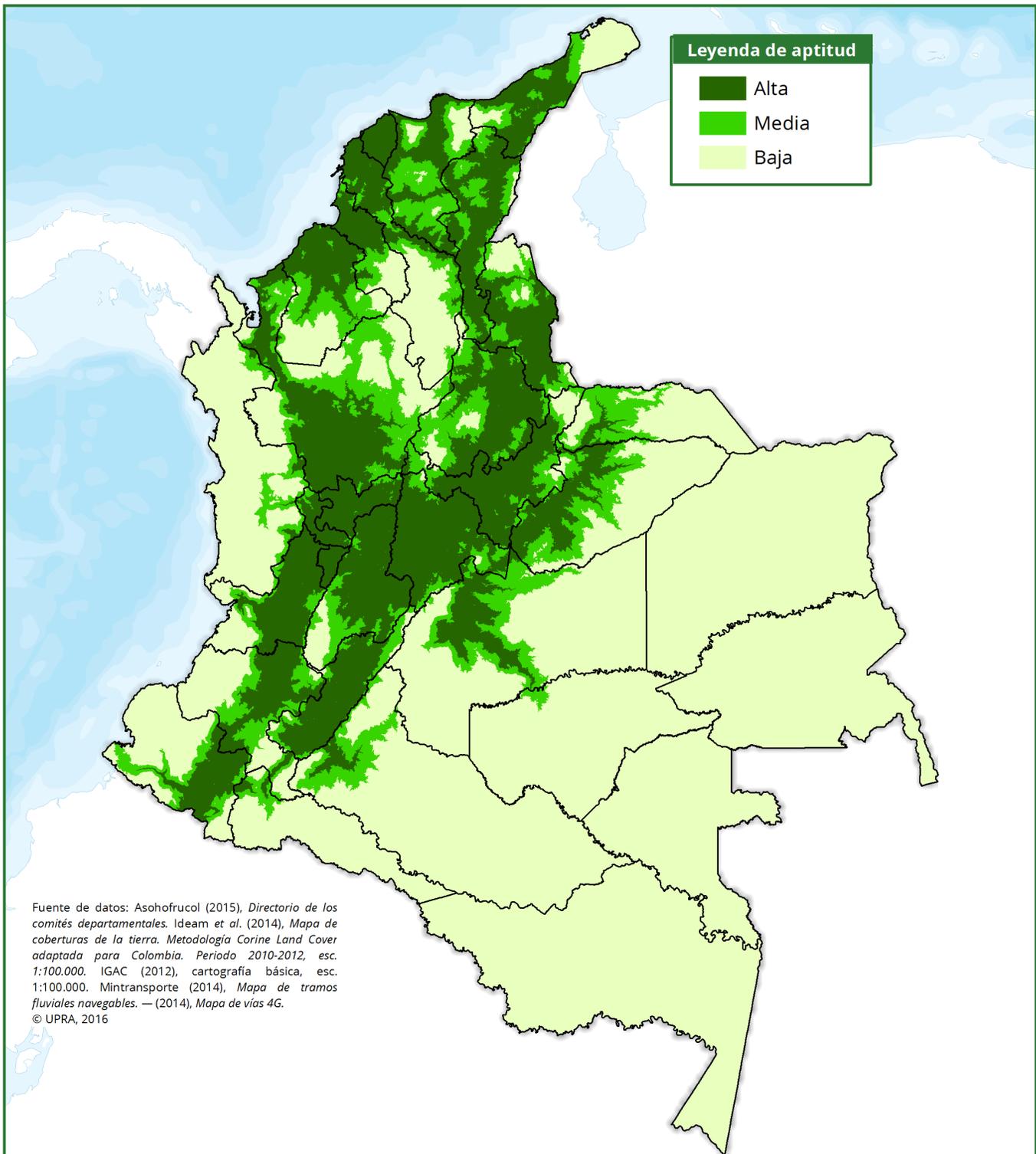
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta las asociaciones. Se definieron tres categorías de aptitud competitiva: áreas geográficas de los municipios con asociaciones que se encuentran a menos de dos horas de distancia se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas de los municipios con asociaciones que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de distancia se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de las asociaciones se clasificaron en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a las asociaciones, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). *Asociaciones inscritas*. Recuperado de <www.asohofrucol.com.co>.
- Ideam 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.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2015). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria (Epsagro)* [tabla]. Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria. Actualización a junio 12 de 2015.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Asohofrucol (2015), *Directorio de los comités departamentales*. Ideam et al. (2014), *Mapa de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010-2012, esc. 1:100.000*. IGAC (2012), *cartografía básica, esc. 1:100.000*. Mintransporte (2014), *Mapa de tramos fluviales navegables*. — (2014), *Mapa de vías 4G*. © UPRA, 2016

Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable extensión y asistencia técnica sectorial

3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: organizaciones gremiales o de base del sector	Unidad de medida: presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Distancia entre la sede de Asohofrucol y cualquier punto del territorio. Se espacializa teniendo en cuenta el número de sedes a nivel nacional con las que cuenta Asohofrucol y su ubicación.

Importancia de la variable para el cultivo

La presencia gremial indica el nivel de asociatividad y representatividad regional de los productores frente a los lineamientos de política sectorial expedidos por el Gobierno nacional.

Limitantes de la evaluación de la variable

La información podría estar desactualizada y algunas de las organizaciones pueden haberse desintegrado o estar inactivas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	Aptitud
Con presencia	A1
Sin presencia	A3

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Asohofrucol. (2015). Base de datos sedes Asohofrucol Colombia.

2. Precisiones de la información.

Se consultaron los municipios que tiene regionales de Asohofrucol.

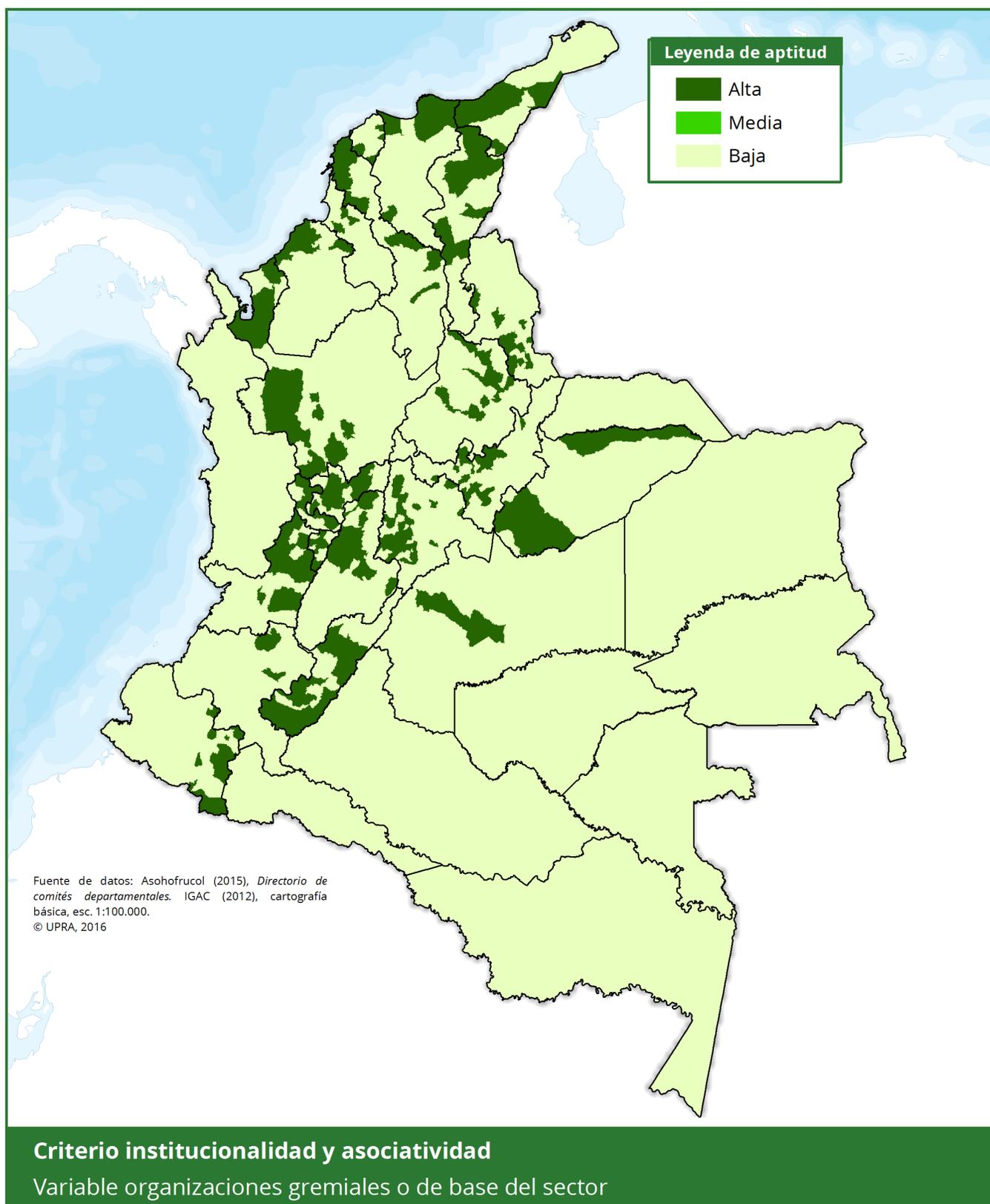
3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva. Municipios con presencia regional de Asohofrucol.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015). Base de datos sedes Asohofrucol en Colombia.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



3.8. Criterio bienestar económico

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio: bienestar económico		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> Índice de pobreza multidimensional (IPM). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

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

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 lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Existe una relación directa entre un mayor desarrollo humano en un municipio y la aptitud competitiva del mismo.

Limitantes de la evaluación del criterio

La aproximación a las condiciones de vida se hizo a partir del IPM municipal, calculado por el DNP con base en la información del censo general de 2005. Dicho censo presentó omisiones censales superiores al 20% en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE, con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Valor de ponderación del criterio: 1,0%

Metodología de evaluación

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud competitiva de los municipios son equivalentes a las categorías de la variable.

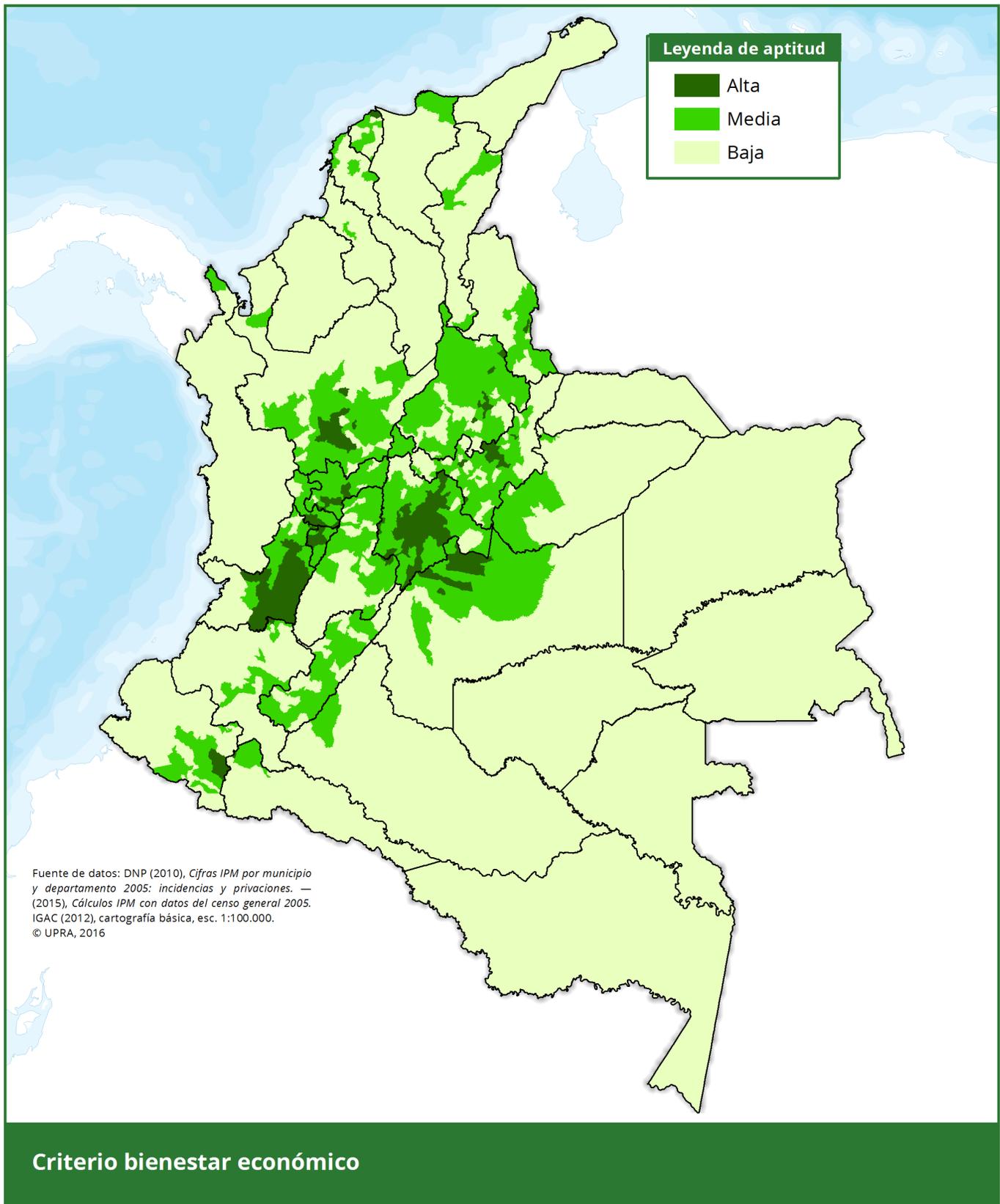
Rangos para la asignación de valores de aptitud

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de pobreza multidimensional (IPM)	Índice	< 64	Entre 64 y 83	> 83
	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,46731	IC entre 0,22069 y 0,46731	IC < 0,22069

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones*.
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: bienestar económico		
Variable: índice de pobreza multidimensional (IPM)	Unidad de medida: a. Índice b. Índice de competitividad (IC)	
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. Aquellos municipios con menores IPM (que reflejan mejores tasas de alfabetismo, mayor acceso a servicios públicos y de salud, mejores condiciones de la vivienda, y otros) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayores IPM reflejan una menor incidencia de la competitividad de los procesos productivos desarrollados en el pasado. Existe una relación inversa entre el IPM y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva:

Limitantes de la evaluación de la variable

El IPM municipal fue calculado por el DNP con base en la información del censo general de 2005.

El censo general de 2005 presentó omisiones censales superiores al 20% en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE, con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). 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 definió y asignó a través del documento CONPES 150, de mayo 28 de 2012.

Las quince 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 a nivel municipal (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 tiene el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de $IC = (I - MÍN) / (MÁX - MÍN)$; donde:

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

MÍN: Valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MÁX: Valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

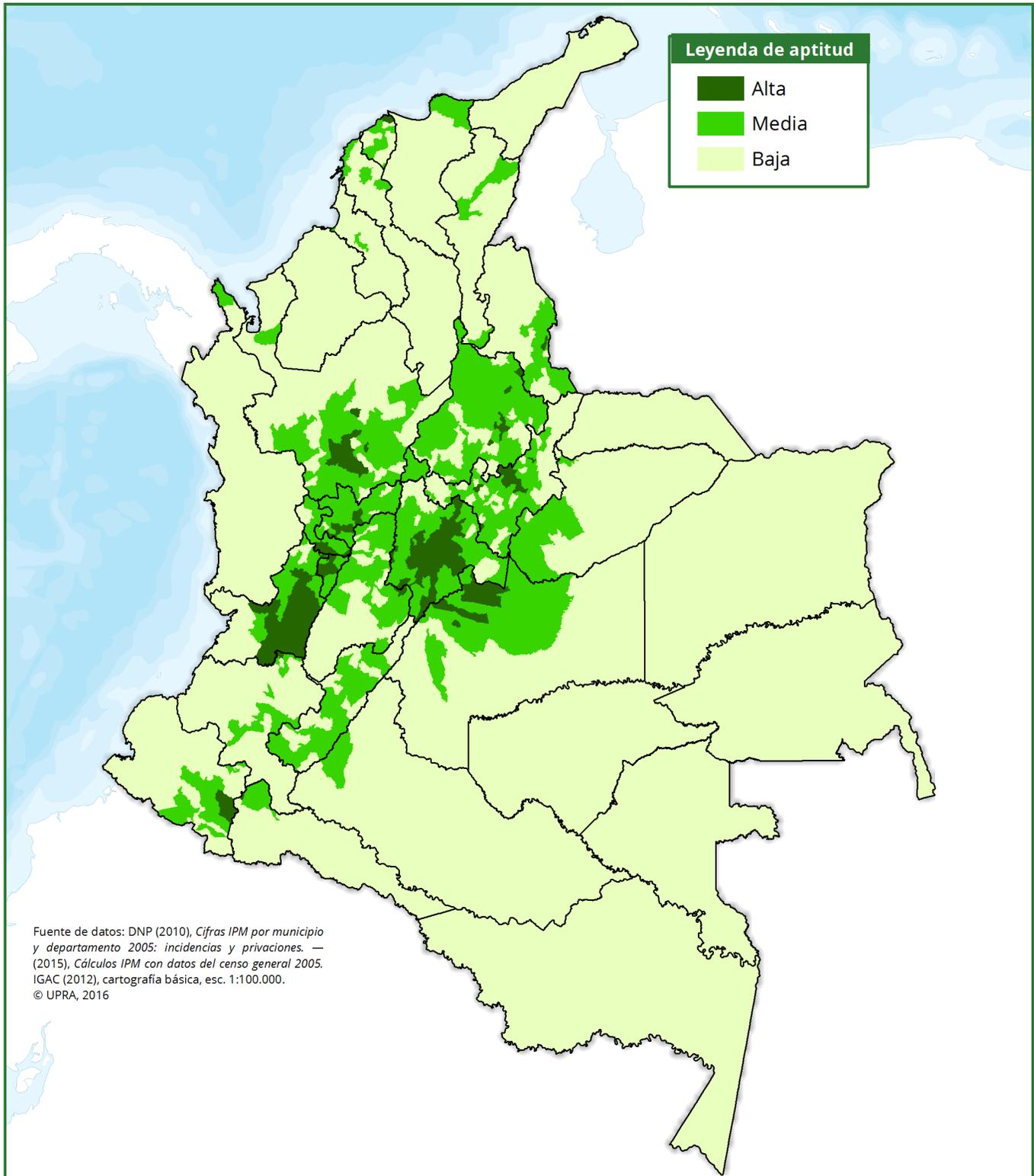
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión de los datos del IPM. Se consultó el marco teórico y la línea base. Se analizó la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calcularon la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones*. 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>>.
- —. (2015). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005*. Subdirección de Promoción Social y Calidad de Vida.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



Representación cartográfica de la variable



Criterio bienestar económico
Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

4. CRITERIO EXCLUSIONES TÉCNICAS

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: exclusiones técnicas		
Variables asociadas al criterio		
Deforestación a partir del 2010.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Esta exclusión técnica involucra las coberturas boscosas que fueron deforestadas después del 2010, áreas que fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Ideam, 2010). Estas zonas no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola. Se toma el 2010 como fecha límite, en concordancia con la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 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 dentro de las siguientes estrategias nacionales:

1. *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono* (Minambiente, s. f.).
2. *Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo* (Minambiente, s. f.).

Importancia del criterio

Permite identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en este ecosistema estratégico y, por tanto, no debe ser permitido, dada la importancia para la prestación de servicios ecosistémicos. Asimismo, busca identificar aquellas zonas deforestadas recientemente, con el fin de blindarlas y frenar en algún grado la expansión de la frontera agropecuaria, con lo que se 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 al 2010 se espacializó a partir del *Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental). Escala fina LANDSAT. Periodo 2010-2012.* (Ideam, 2014).

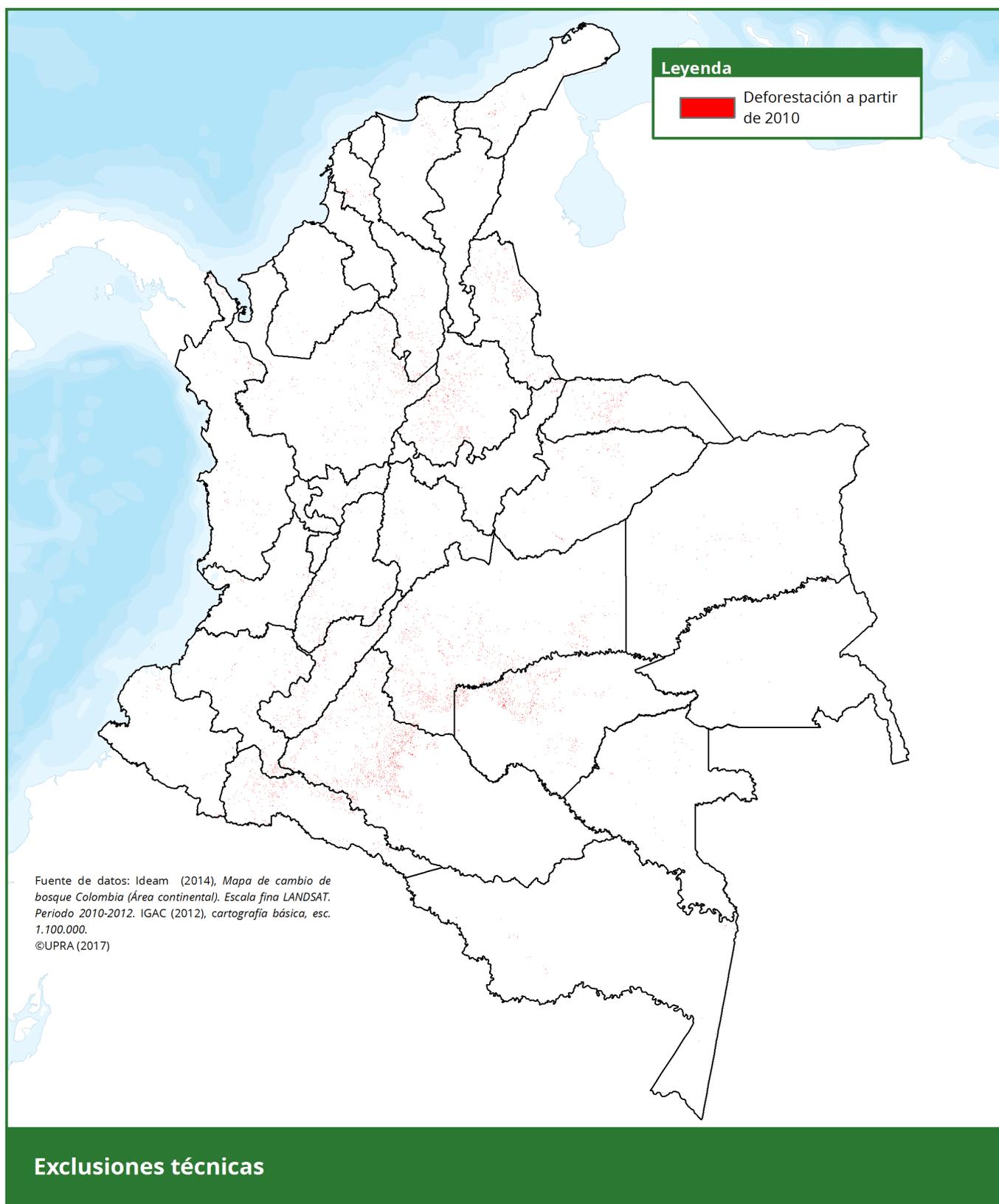
Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplica.

Fuentes de información

- Ideam. (2011). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional: escalas gruesa y fina.* Bogotá: Ideam. Recuperado de <<http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Memoria+T%C3%A9cnica+Deforestaci%C3%B3n+.pdf/5f2741b4-ffa1-4b58-b986-f2fbefd6d006>>.
- —. (2014). *Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental). Escala fina LANDSAT. Periodo 2010-2012.*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (s. f.). *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono (ECDBC).* Recuperado de <<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/469-plantilla-cambio-climatico-25#documentos>>.
- —. (s. f.). *REDD+: estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo.* Recuperado de <<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/472-plantilla-cambio-climatico-28#documentos>>.

Representación cartográfica del criterio



5. CRITERIO EXCLUSIONES LEGALES

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: exclusiones legales		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • 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). • Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

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

Su análisis permite determinar dónde se puede y no se puede desarrollar actividad productiva agrícola, dados los mandatos legales vigentes.

Las consideraciones legales para la exclusión de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

Ecosistemas estratégicos (páramos): en lo referente a los ecosistemas de páramo, el Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de los mismos. Señala que «el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que los Minambiente, Minagricultura y 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 ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales. Para tales efectos se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el *Atlas de páramos de Colombia*, del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1.º).

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 parque natural un 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 para destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera una reserva forestal 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 que los centros urbanos son 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 cuando se considera que el territorio colombiano en su totalidad comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por lo tanto, cualquier actividad productiva es incompatible con estas zonas. Estas áreas de exclusión legal incluyen solamente los parques arqueológicos.

Limitantes de la evaluación del criterio

No aplica.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y posteriormente obtener la información cartográfica oficial.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

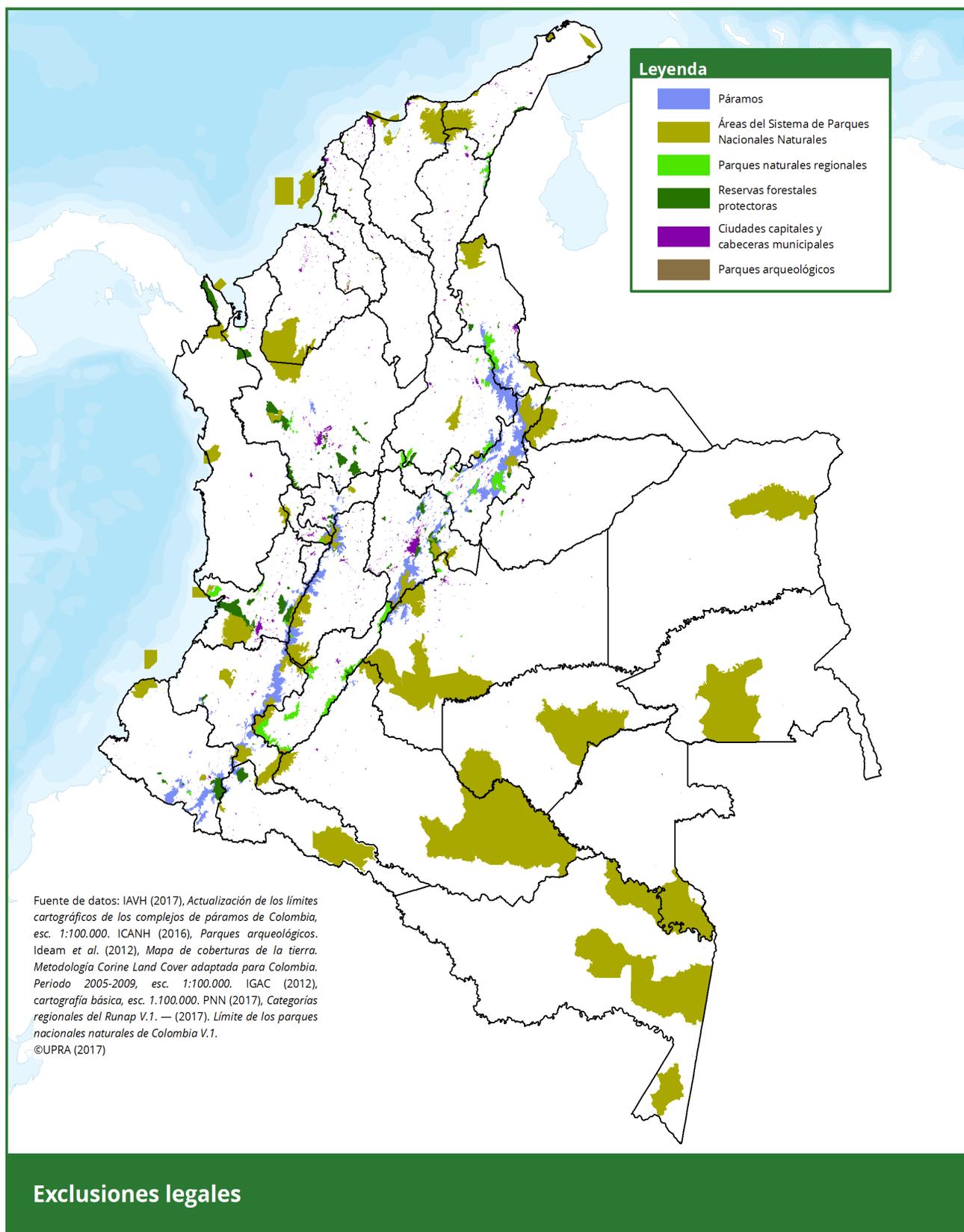
No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000.*
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC
- 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.*



Representación cartográfica del criterio



5.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio exclusiones legales		
Variable: ecosistemas estratégicos (páramos)		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

Definición

Los ecosistemas estratégicos desempeñan un papel fundamental en el sostenimiento de 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, a través 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, títulos mineros y 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 Minambiente, Minagricultura y 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, ni de exploración o explotación de hidrocarburos y minerales.

Para tales efectos se considera como referencia mínima la cartografía contenida en el *Atlas de páramos de Colombia* del IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1.º).

Importancia de la variable

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, los ecosistemas estratégicos desempeñan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos; no son solo áreas de importancia natural, sino que cumplen otras funciones importantes para la sociedad a través de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales para el hombre, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

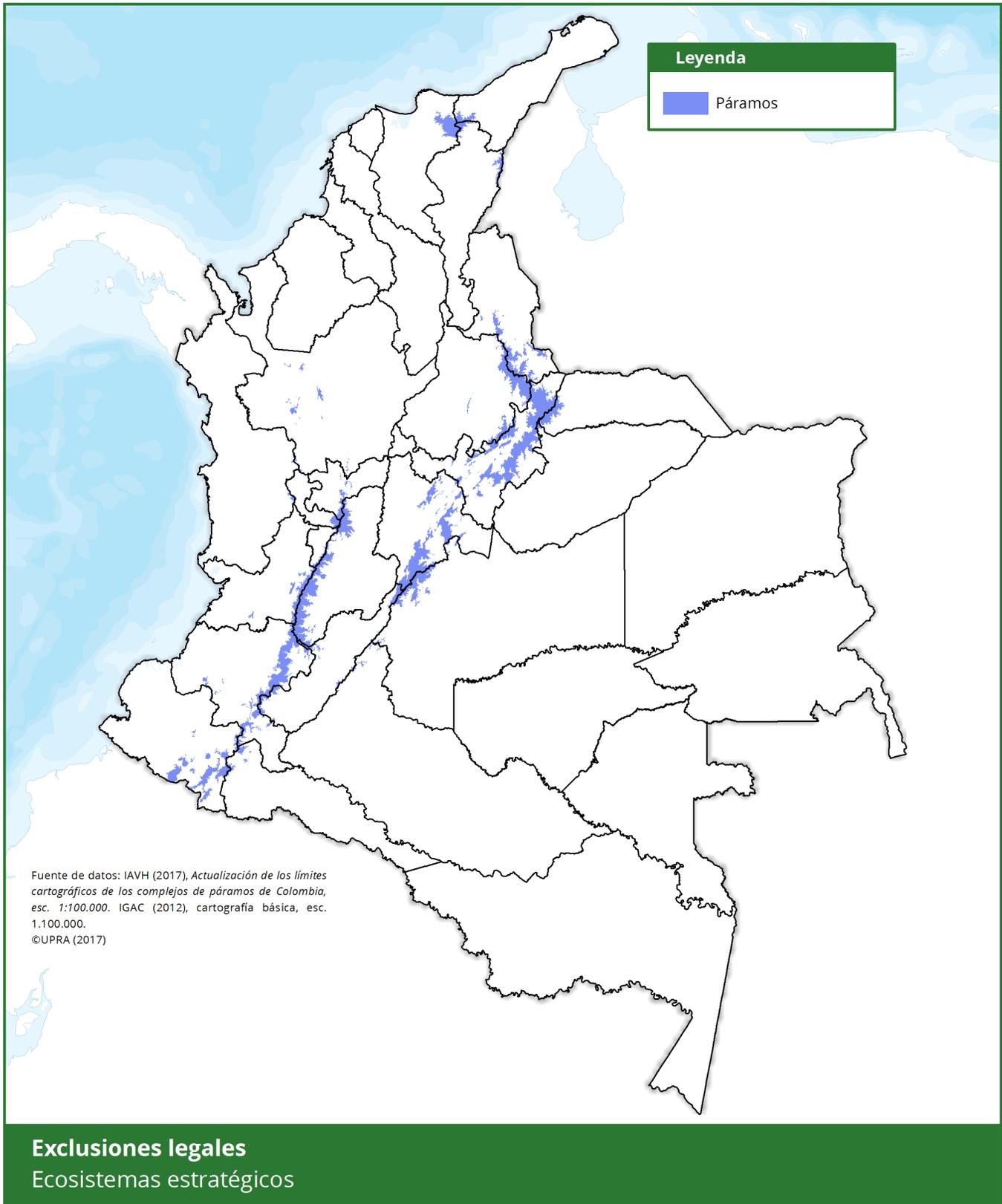
Limitantes de evaluación de la variable

Los páramos delimitados corresponden al complejo de páramos, que abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos que adelanta el MADS con el IAVH.

Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia*. Recuperado de Sociedad Geográfica Colombiana: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>>

Representación cartográfica de la variable



5.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio exclusiones legales		
Variable: áreas protegidas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

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, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: 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 los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento de acuerdo con la normatividad nacional, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

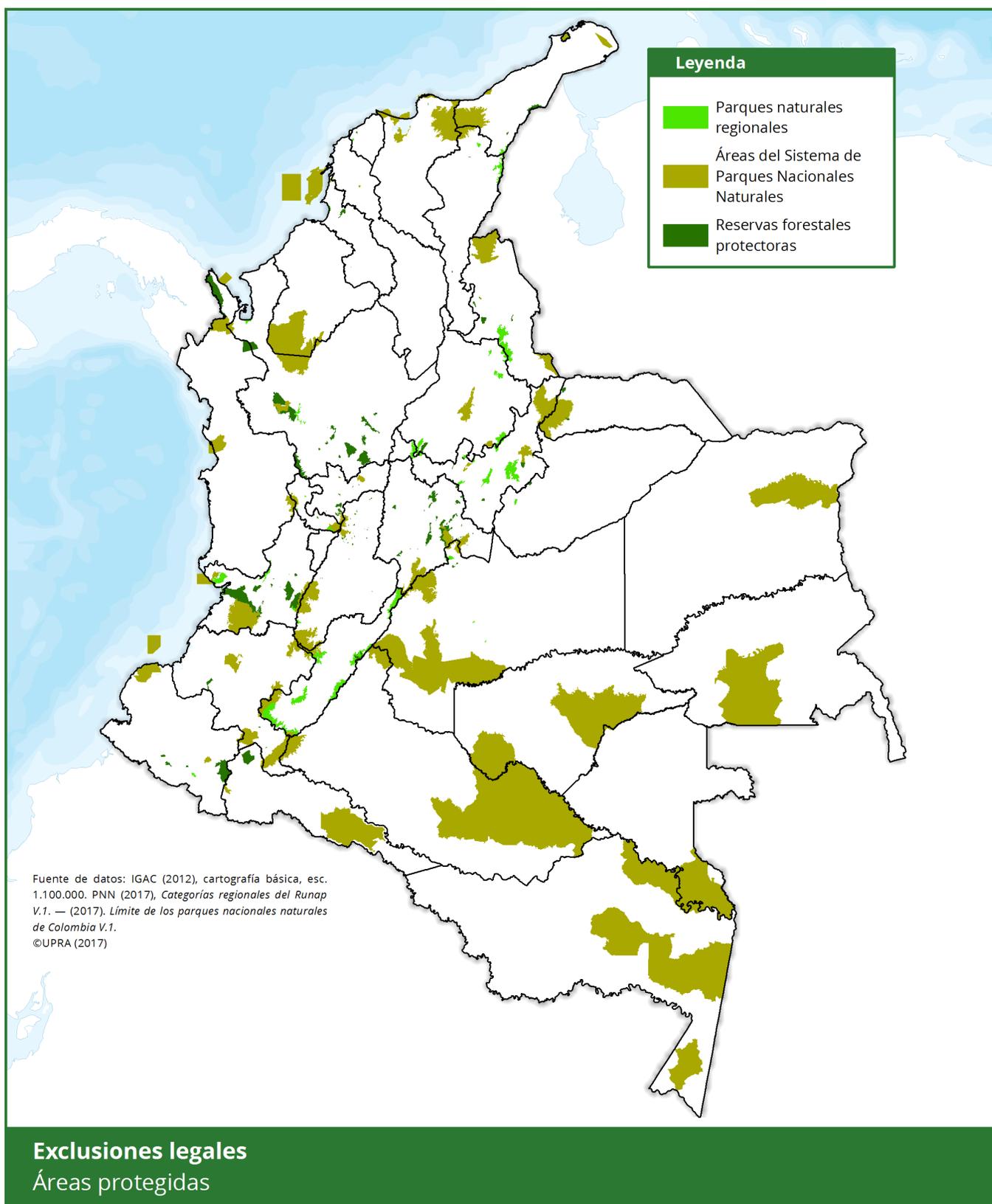
No aplica.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). (2016a). Categorías regionales del Runap V.1.
- —. (2016b). Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.



Representación cartográfica de la variable



5.3. Variable áreas urbanas

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio exclusiones legales		
Variable: áreas urbanas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

Definición

Ciudades capitales y las cabeceras municipales que son objeto de exclusión en el ejercicio de zonificación de aptitud. Se entiende como centros urbanos aquellos espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada.

Importancia de la variable

La importancia de esta variable radica en la posibilidad de identificar los centros urbanos y determinar que estas zonas del país no son aptas para el establecimiento y desarrollo de cultivos, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Ley 388 de 1997.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

No aplica.

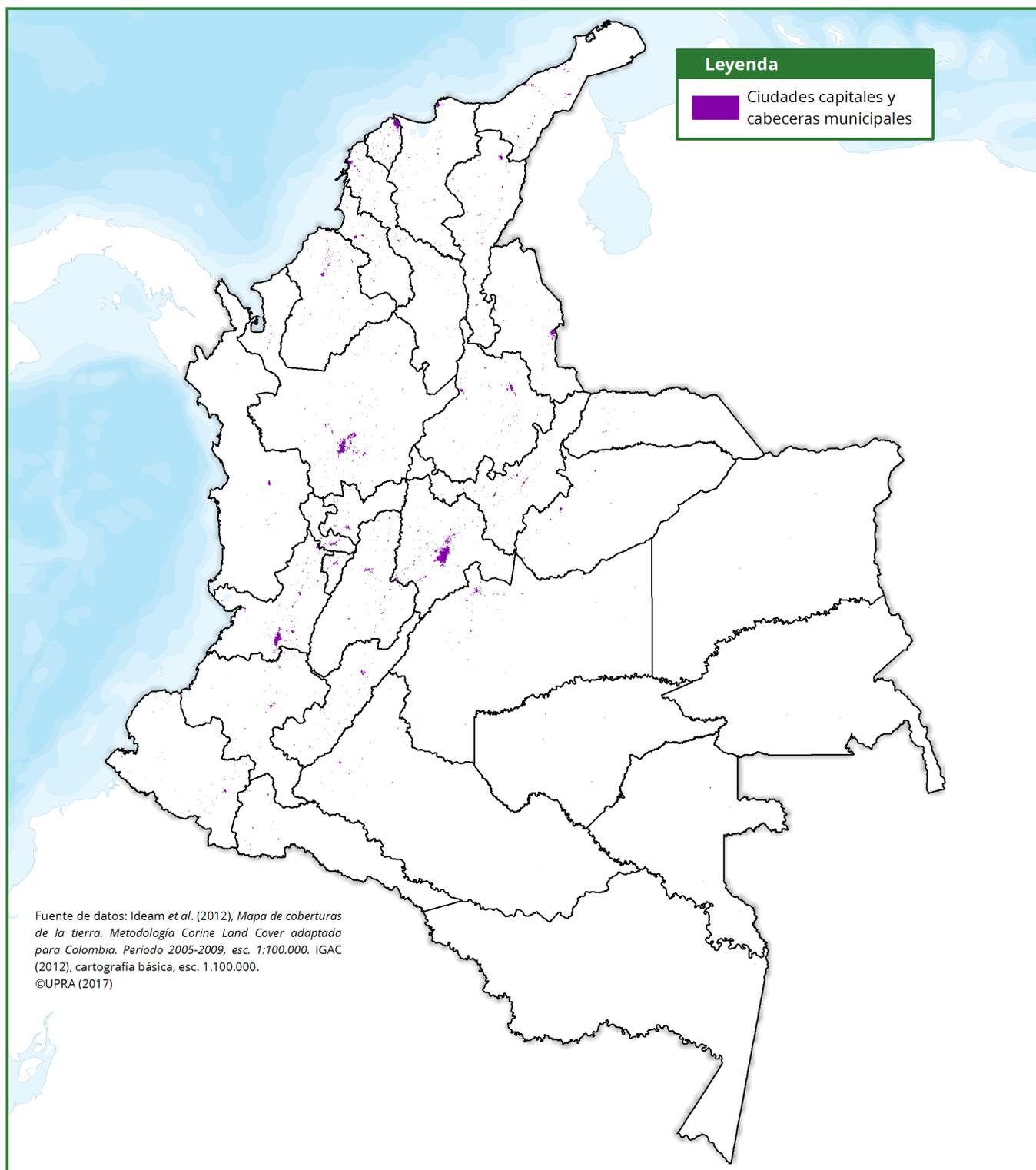
Metodología de procesamiento de la información

Se realizó la espacialización de la información referente a las áreas urbanas, en donde se identifican las ciudades capitales y cabeceras municipales.

Fuentes de información

- Ideam et al. (2012a). *Mapa de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, periodo 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Ideam et al. (2012b). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales

Áreas urbanas y suburbanas

5.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio exclusiones legales		
Variable: áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

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 lo tanto, 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

Incide en la realización de la zonificación de aptitud para actividades agrícolas, pues estas áreas no permiten su desarrollo y, por tanto, deben ser excluidas de ejercicios de zonificación de aptitud.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

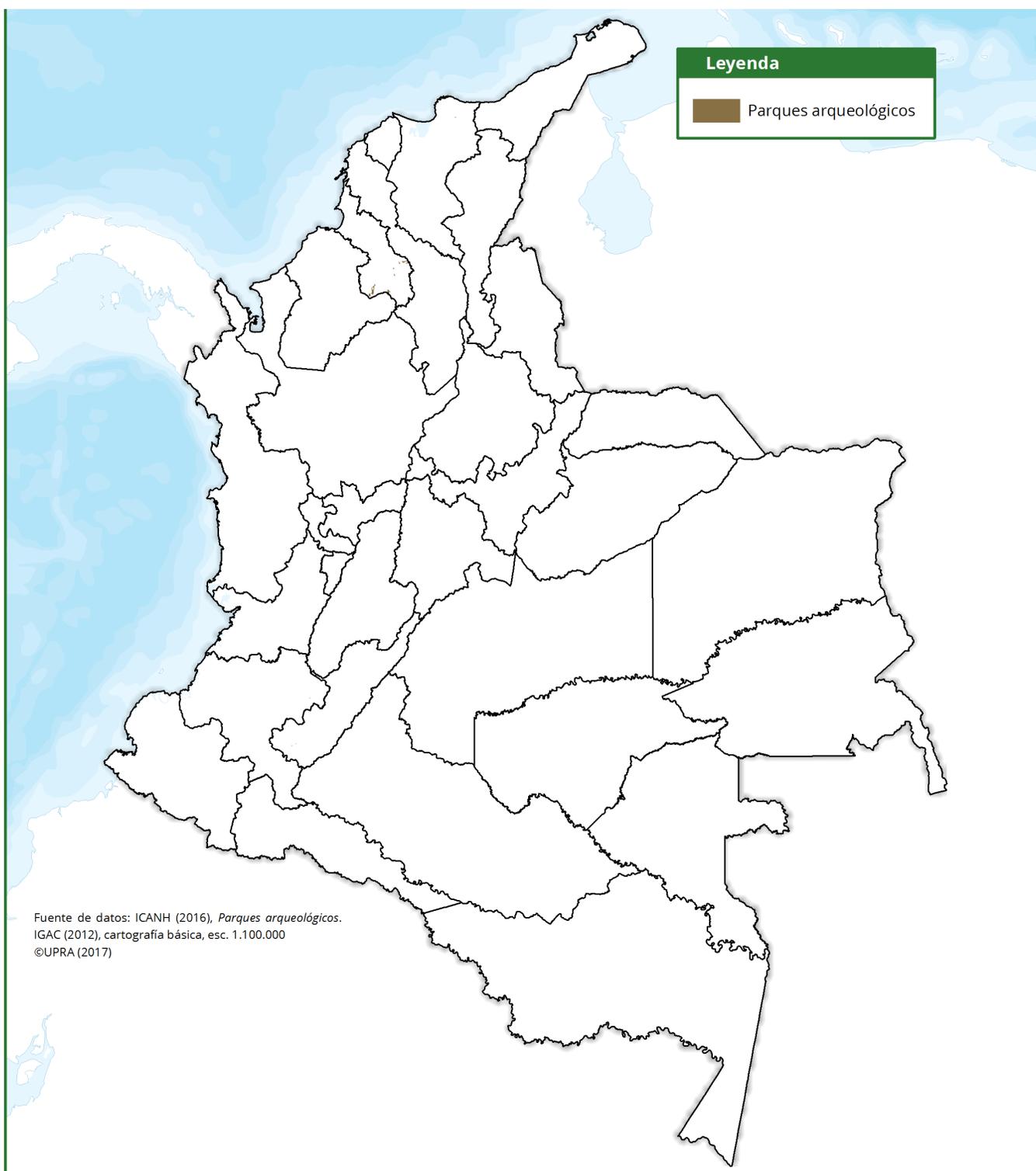
Limitantes de evaluación de la variable

Las áreas arqueológicas consideradas de exclusión se limitan a los parques arqueológicos.

Fuentes de información

- ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos* [capa].
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Exclusiones legales

Áreas de protección cultural y social

6. CRITERIO CONDICIONANTES LEGALES

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: condicionantes legales		
Variables asociadas al criterio		
<ul style="list-style-type: none"> • Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical). • Áreas protegidas (distritos de manejo integrado, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente). • Zonas de reserva forestal nacional (reservas forestales de Ley 2.ª de 1959 y sustracciones de la reserva forestal). • Distinciones internacionales (Convención Ramsar y reservas de la biósfera). • Áreas de interés cultural y social (tierras de las comunidades negras, áreas reservadas para las comunidades negras, zonas de reserva campesina, resguardos indígenas, paisajes culturales y áreas arqueológicas protegidas). 		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

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 la cebolla de bulbo.

Importancia del criterio

Los aspectos legales hacen 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 líneas de política determinados en cada caso.

Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y posteriormente obtener la cartografía oficial.

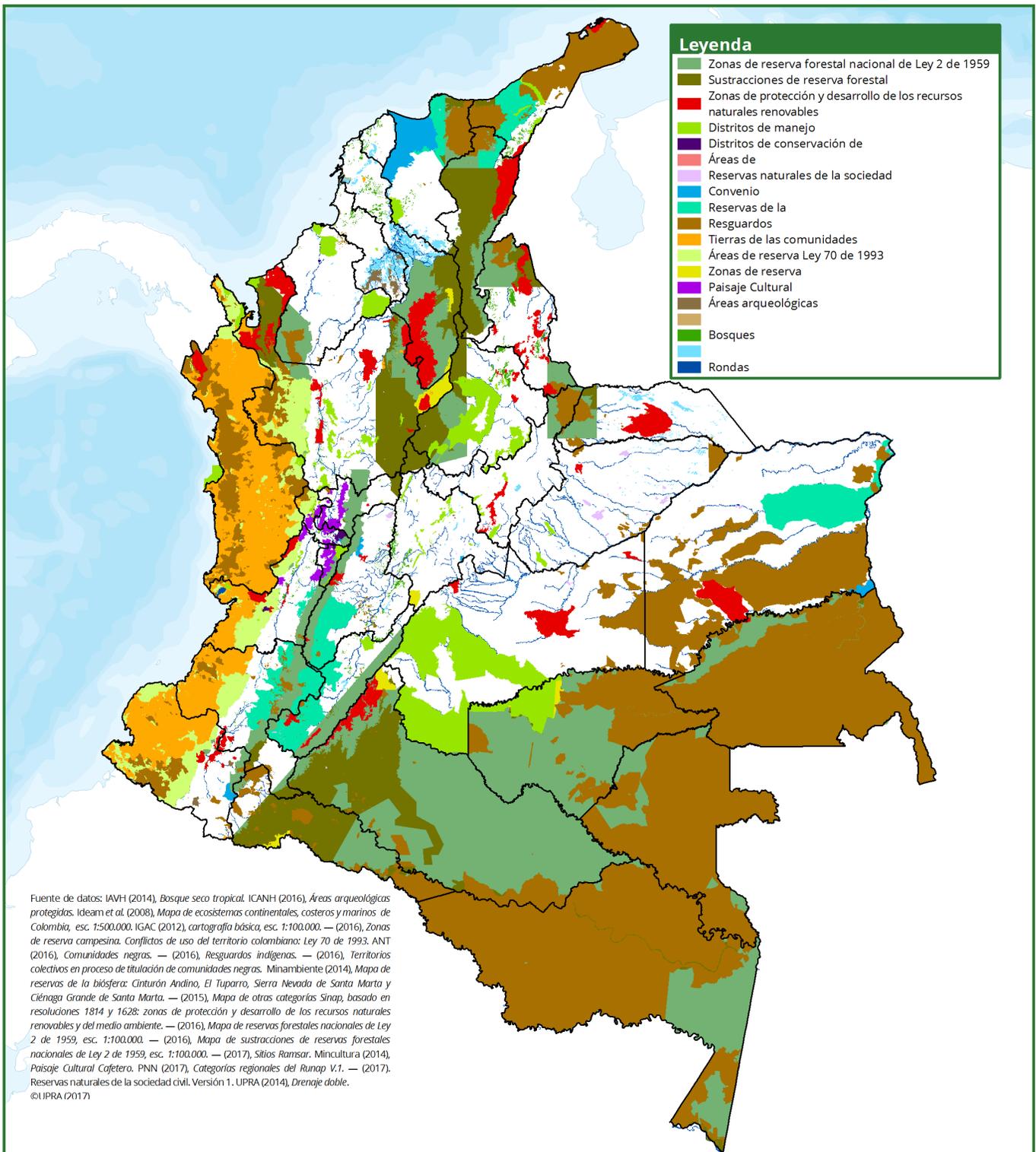
Rangos para la asignación de valores de aptitud

No aplican rangos para los condicionantes.

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000*.
- ICANH. (2015). *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. (2012). *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*.
- Resolución 1814 de 2015. [MADS]. 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.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero*.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1*.
- —. (2016b). *Límites de reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1 de 2016*.
- UPRA. (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Condicionantes legales

6.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

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 considerados zonas de importancia ambiental priorizadas 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 la cebolla de bulbo.

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 ayudando en el control de erosión y constituye una barrera natural de amortiguamiento que protege a las costas de marejadas y vientos huracanados a manera de cortina rompevientos.

Económicamente, el manglar ha sido base de subsistencia de muchas comunidades a lo largo de las costas colombianas, quienes han utilizado su madera a pequeña escala y para uso local. Igualmente, del manglar se obtiene alcohol, se fabrica papel para envolver cigarrillos, colorantes, fibras sintéticas, incienso, palo de fósforos y pegamentos. La corteza de algunas especies se aprovecha para la extracción de taninos, químicos que facilitan el proceso de la curtiembre.

Por su parte, los humedales son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a diversos factores que alteran sus características físicas, biológicas y químicas, lo que afecta la flora y la fauna presente en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2.º, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

La ronda hídrica se considera la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m, los cuales son un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos (Decreto 2811 de 1974).

El Decreto 1449 de 1977 consagra, en su artículo 3 literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 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 se estableció: «[...] Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque» (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tomada en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MADS).

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación en términos de propiedad con relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. El artículo 83, literal d, consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. Por su parte, el Decreto 1449 de 1977 consagra en su artículo 3.º, literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 m de ancha, paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en su artículo 4.º, señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, en cuanto 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 áreas en donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en estos ecosistemas estratégicos, y por tanto debe evaluarse el establecimiento de un cultivo y la importancia de mantener la prestación de servicios ecosistémicos.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

Esta variable se considerará exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de estos ecosistemas.

Respecto a las rondas hídricas, es necesario mencionar que la delimitación específica de cada cauce debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la zonificación de aptitud, se toman 30 m; no obstante, estas podrán tener una mayor o menor longitud. Es función de las corporaciones autónomas regionales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua, a la que se refiere el literal d del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, y el área de protección o conservación aferente, para lo cual se deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno nacional (Ley 1450 de 2011).

Esta variable se considerará exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de esta norma o la definición por parte de las corporaciones autónomas regionales, por ser de su competencia.

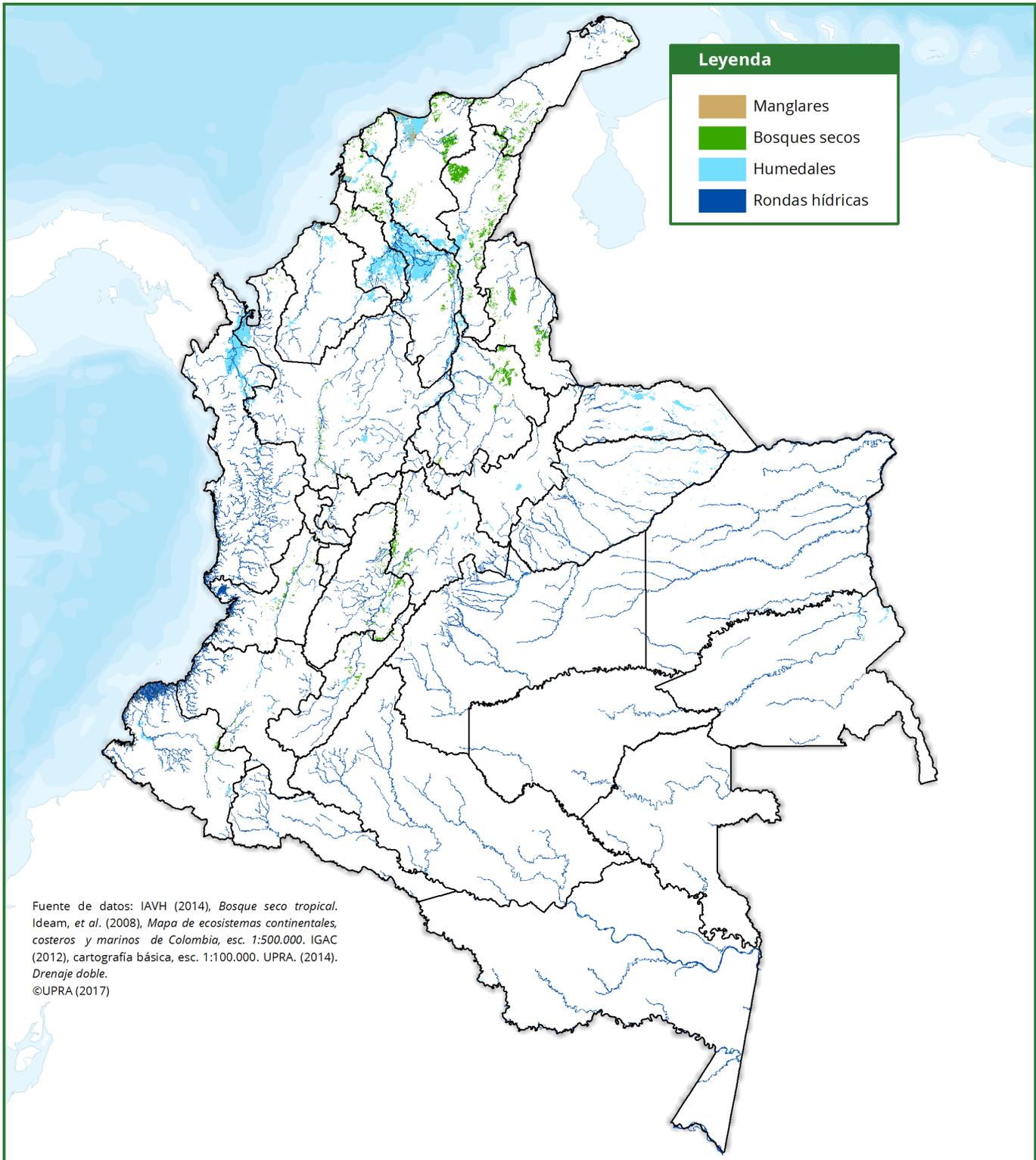
Unidad de análisis

Polígonos que corresponden a las áreas de manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical.

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *Capa de bosque seco tropical, escala 1:100.000*.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*.
- 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. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- UPRA. (2014). *Drenaje doble construido a partir de IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IAVH (2014), *Bosque seco tropical*. Ideam, et al. (2008), *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*, esc. 1:500.000. IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000. UPRA. (2014). *Drenaje doble*. ©UPRA (2017)

Condicionantes legales
Ecosistemas estratégicos

6.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Criterio: condicionantes legales		
Variable: áreas protegidas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

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 la cebolla de bulbo. Dentro de esta variable se consideran 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): es la totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra

de un ecosistema natural y sea manejada bajo los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad de su propietario, se destina para su uso sostenible, preservación o restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de la Resolución 1628 de 2015 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades; con base en dichos estudios, Parques Nacionales Naturales de Colombia ha identificado el portafolio de sitios en los cuales se avanza en la realización de los estudios y los procedimientos para su declaratoria como áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dentro de tales sitios se encuentran las selvas transicionales de Cumaribo, el Alto Manacacías, la serranía de San Lucas, los bosques secos del Patía, la serranía del Perijá y las sabanas y humedales de Arauca.

Igualmente, se incluye la Resolución 1814 de 2015 del Minambiente, mediante la cual se declara una medida de precaución que protege temporalmente 57 sitios, en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas; en este caso, los de carácter regional, a cargo de las corporaciones autónomas regionales correspondientes.

Importancia de la variable para el cultivo

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de cebolla de bulbo, las áreas protegidas representan determinantes ambientales de obligatorio cumplimiento, de acuerdo con la normatividad nacional. Esta característica genera un condicionante, pues cada una de las figuras tiene zonificación y se debe revisar en qué zonas es permitida la actividad productiva.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

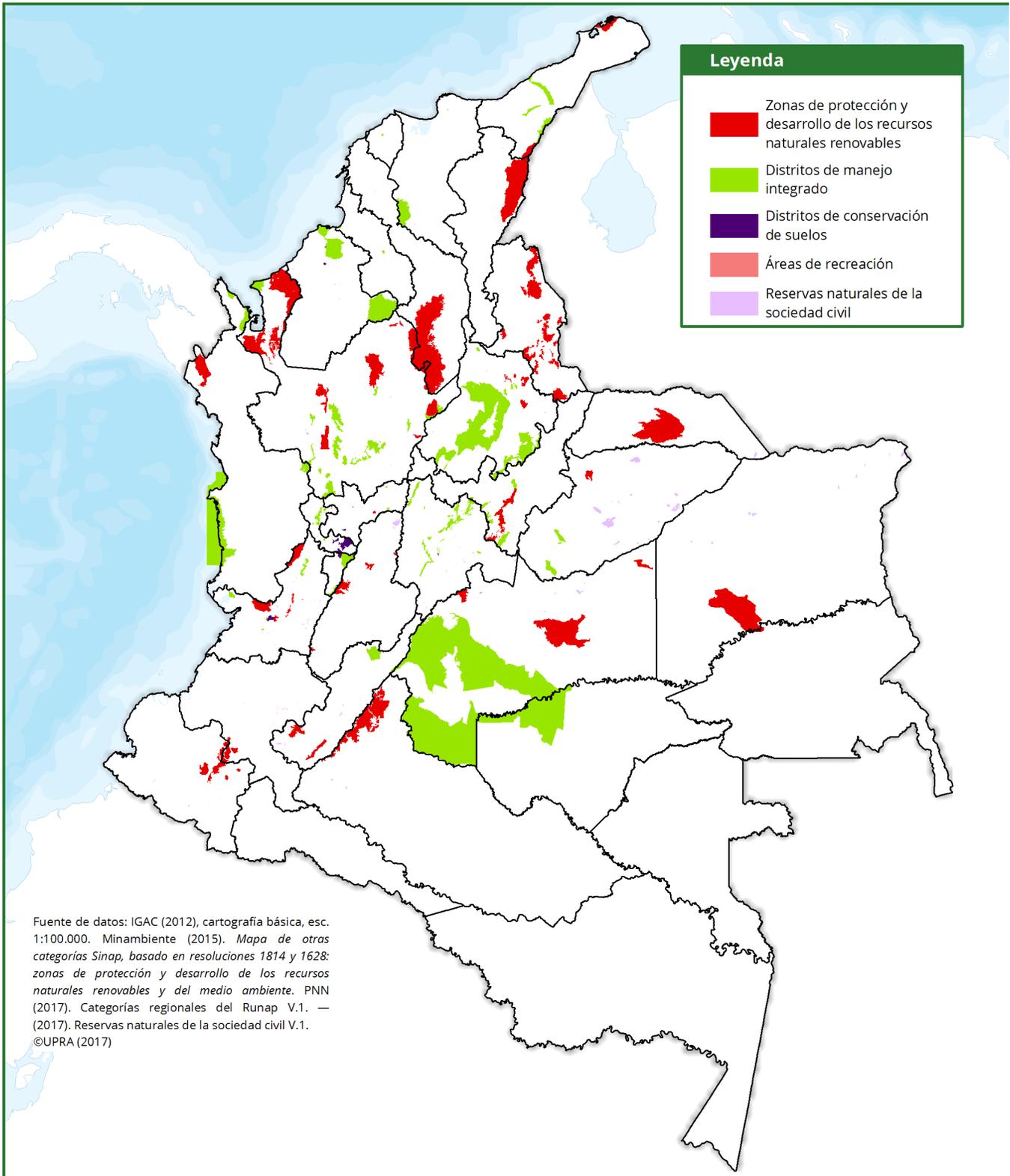
Existen categorías de áreas protegidas, como los distritos de manejo integrado, que, en un nivel marginal y de acuerdo con su plan de manejo ambiental, podrían permitir el establecimiento y desarrollo del cultivo de la cebolla de bulbo en la subzona de producción. No obstante, se requerirá una zonificación interna de cada área protegida para identificar rangos de compatibilidad marginal.

Fuentes de información

- IGAC. (2012). 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.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016b). *Límites de reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1 de 2016.*



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)

Condicionantes legales
Áreas protegidas

6.3. Variable zonas de reserva forestal nacional

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: zonas de reserva forestal nacional		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

Definición

Esta variable está conformada por las zonas de reserva forestal, de acuerdo con la Ley 2 de 1959, y por las sustracciones de las zonas de reserva forestal de la misma.

Las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia. Si «por razones de utilidad pública e interés social, es necesario realizar actividades económicas que impliquen remoción de bosques o cambio en el uso de los suelos o cualquiera otra actividad distinta del aprovechamiento racional de bosques, la zona afectada deberá, debidamente delimitada, ser previamente sustraída de la reserva» (Decreto Ley 2811 de 1974).

Hay que tener en cuenta que también existen actividades exentas de sustracción, de acuerdo con la Resolución 1274 de 2014 del Minambiente, y que los requisitos y procedimientos de solicitud de sustracción están establecidos en la Resolución 1526 de 2012 del Minambiente.

En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, se facultó al Minambiente para reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada; 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 la cebolla de

bulbo; tal es el caso de las zonas de reserva forestal, de acuerdo con la Ley 2 de 1959.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

No existen limitantes para la evaluación de la variable en razón a que la normatividad permite realizar cultivos comerciales y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o líneas de política determinados en cada caso.

Fuentes de información

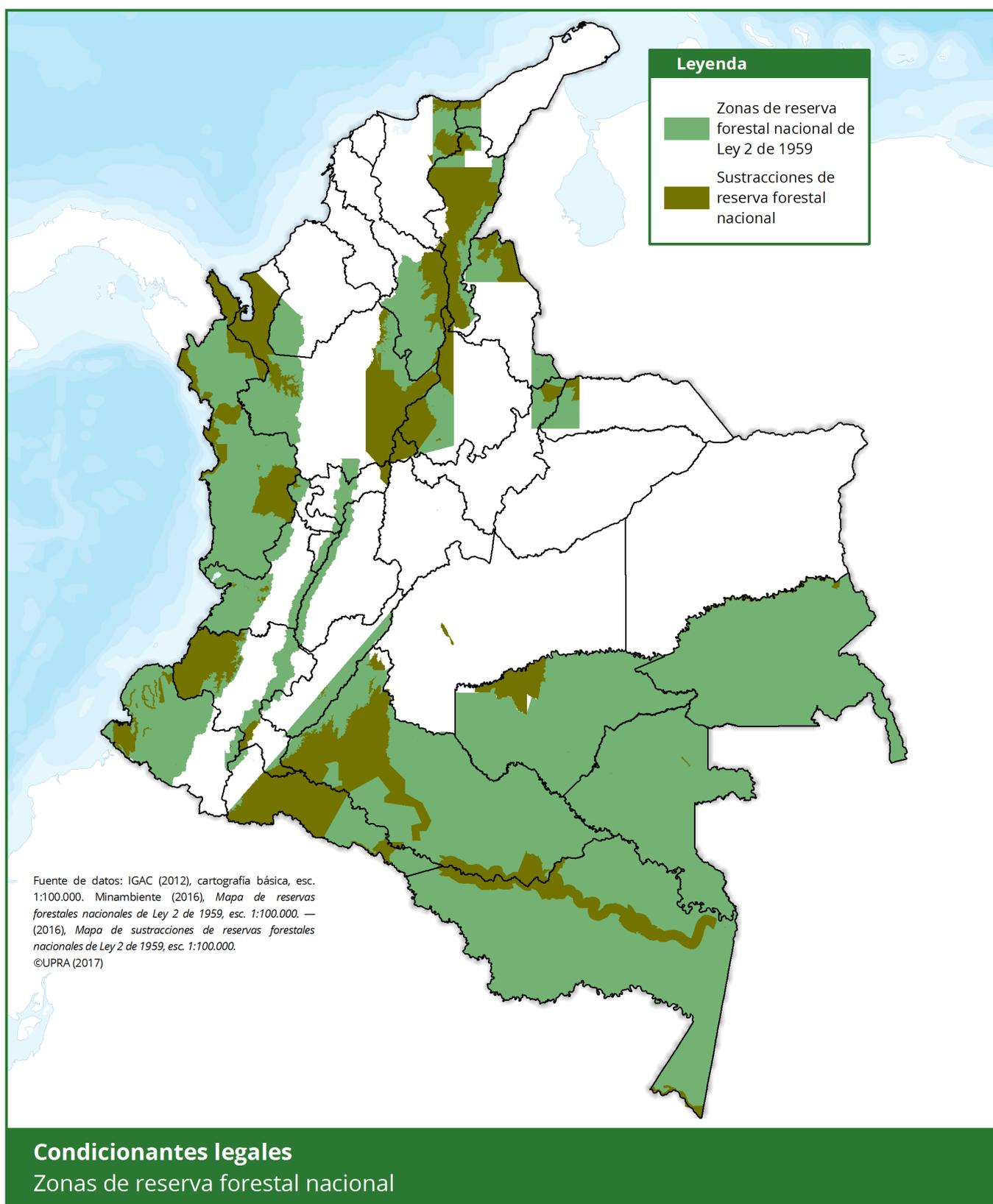
IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

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

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



Representación cartográfica de la variable



6.4. Variable distinciones internacionales

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)		Cultivo comercial de cebolla de bulbo
Criterio: condicionantes legales		
Variable: distinciones internacionales		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

Definición

Las distinciones internacionales agrupan los lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción 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:

Convenio Ramsar: este convenio está referido a la protección de humedales; en él se define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994).

Lista de humedales Ramsar en Colombia

ID	Nombre	Departamento	Fecha	Tamaño (ha)	Ubicación
951	Sistema delta estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta	Magdalena	18 de junio de 1998	400.000	10° 45' N 74° 29' W
1047	Laguna de la Cocha	Nariño	8 de enero de 2001	39.000	01° 03' N 77° 12' W
1387	Delta del río Baudó	Chocó	5 de junio de 2004	8888	04° 53' N 77° 22' W
1781	Complejo de humedales laguna del Otún	Risaralda	25 de junio de 2008	6579	04° 46' N 75° 25' W
1782	Sistema lacustre de Chingaza	Cundinamarca	25 de junio de 2008	4058	04° 30' N 73° 45' W

Respecto al Convenio Ramsar, es importante resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona, en el párrafo 1.º 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. Asimismo, en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades, no obstante, las limitaciones de estas áreas deben obedecer a su respectivo plan de manejo, donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.

Reservas de la biósfera: son áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Ya sean ecosistemas terrestres o marítimos, estas áreas se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva es reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados, quienes deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación.

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 áreas en donde el establecimiento y desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle para identificar la compatibilidad de estos ecosistemas de importancia internacional.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

La delimitación de las reservas de la biósfera no representa una identidad ecosistémica, sino los vértices de polígonos, por lo cual se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos. Teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse más en detalle.

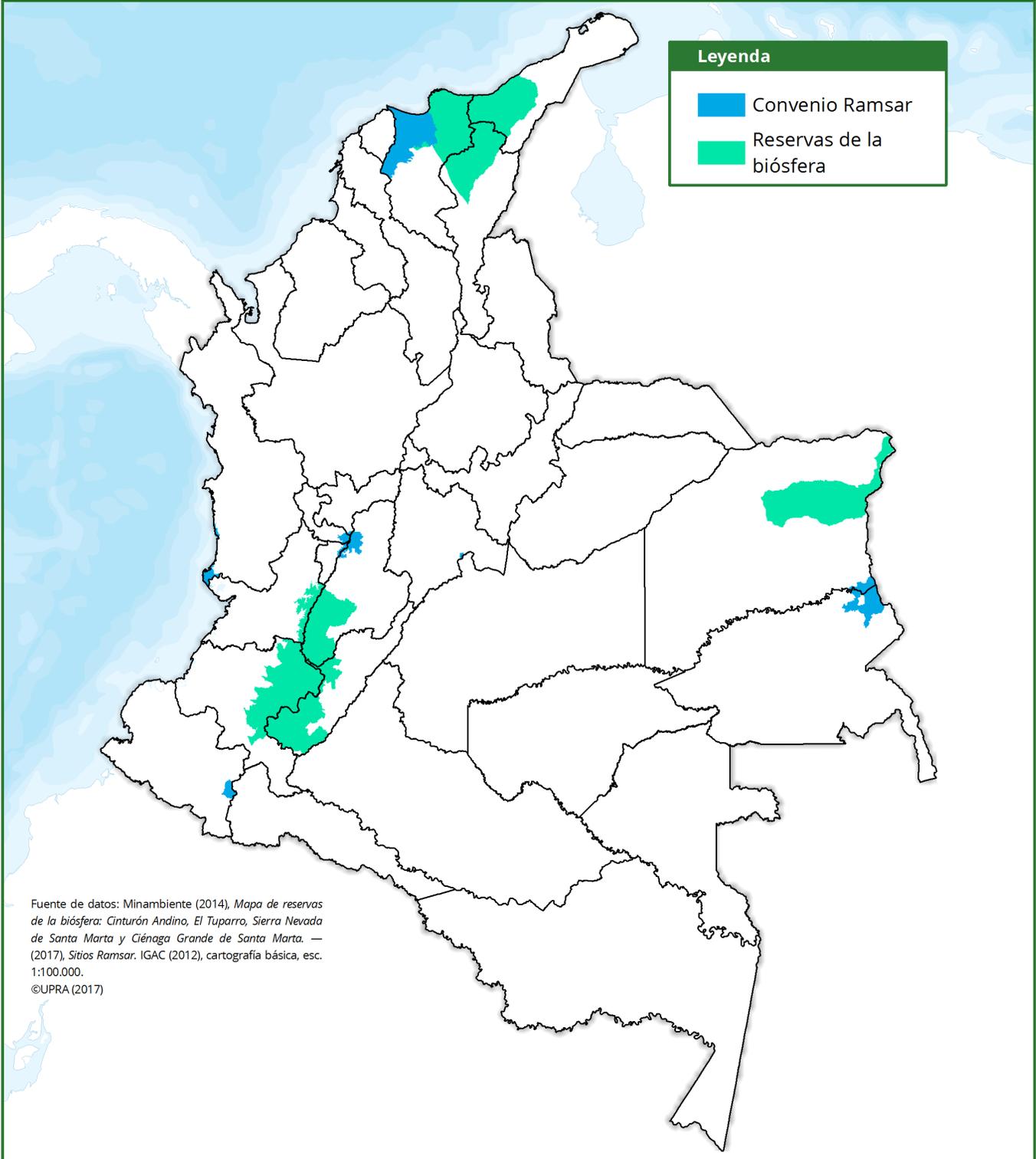
Fuentes de información

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2014). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá: Minambiente.
- —. (2014). *Sitios Ramsar*. Bogotá: Minambiente.

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). París: Unesco. Recuperado de <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf>.



Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Minambiente (2014), *Mapa de reservas de la biósfera: Cinturón Andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta y Ciénaga Grande de Santa Marta.* — (2017), *Sitios Ramsar.* IGAC (2012), cartografía básica, esc. 1:100.000.
©UPRA (2017)

Condicionantes legales
Distinciones internacionales

6.5. Variable áreas de interés cultural y social

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	Cultivo comercial de cebolla de bulbo	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: áreas de interés cultural y social		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	✓

Definición

Zonas delimitadas por el Estado para la protección de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan. Estas áreas reconocen la importancia de la diversidad étnica y cultural, así como los derechos sociales, económicos y culturales de los habitantes de las regiones que figuran bajo las siguientes categorías.

Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios.

Esta variable está conformada por las siguientes áreas:

Tierras de las comunidades negras: son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5.º de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».

Áreas de reserva Ley 70: de acuerdo con el artículo primero de la Ley 70 de 1993, «la presente Ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y el derecho a la propiedad colectiva. Asimismo, tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana».

Zonas de reserva campesina: el artículo 80 de la Ley 160 de 1994 define: «Son Zonas de Reserva Campesina, las áreas geográficas seleccionadas por la Junta Directiva del Incora, teniendo en cuenta las características agroecológicas y socioeconómicas regionales. En

los reglamentos respectivos se indicarán las extensiones mínimas y máximas que podrán adjudicarse, determinadas en Unidades Agrícolas Familiares, el número de éstas que podrá darse o tenerse en propiedad, los requisitos, condiciones y obligaciones que deberán acreditar y cumplir los ocupantes de los terrenos.

En las zonas de reserva campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción».

Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen y, conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una o más comunidades indígenas que, con un título de propiedad colectiva que goza de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (artículo 21, Decreto 2164 de 1995).

Paisaje cultural cafetero: de acuerdo con la Resolución 2079 del 7 de octubre de 2011 del Mincultura se define «artículo 1. Reconocer el Paisaje Cultural Cafetero como Patrimonio Cultural de la Nación y como bien inscrito en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco, que consiste en un territorio compuesto por zonas de especial interés arqueológico, histórico y cultural. Artículo 2. Delimitar como área reconocida como patrimonio cultural de la nación el área principal y el área de influencia del paisaje cultural cafetero de acuerdo con el plano y las coordenadas que se indican en el documento que hace parte de la presente resolución. Artículo 3. Velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del paisaje cultural cafetero en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco».

Áreas arqueológicas protegidas: en concordancia con lo establecido en el artículo 6 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3 de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 56 del Decreto Nacional 763 de 2009, el ICANH podrá declarar áreas protegidas aquellas 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 catalogadas como de interés cultural y social, en zonas con aptitud para el cultivo.

De acuerdo con el Decreto 1320 de 1998 del Mininterior, se deberá surtir un proceso de consulta previa antes de la formulación de proyectos de inversión; conforme lo cual, es necesario revisar la necesidad de consulta previa para el desarrollo de actividades productivas en aquellas zonas que se identifiquen aptas para el cultivo y coincidan con áreas donde existan resguardos indígenas y consejos comunitarios. Para el caso de las zonas de reserva campesina, los proyectos deberán ser agrosostenibles, contribuir al cumplimiento del plan de desarrollo sostenible de la zona o ser socializados con la comunidad y demás entes territoriales competentes en el marco de una audiencia pública, según lo establecido en el Acuerdo 021 de 1996 del Incora.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

No se contemplan resguardos indígenas ni zonas de reserva campesina que no han sido reconocidos ni espacializados por el Incoder.

El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de consulta ante la pretensión de implementar desarrollos productivos futuros en territorios donde existan zonas de reserva campesina en proceso de constitución, ampliaciones de resguardos indígenas en curso o áreas con ocupación ancestral por parte de comunidades negras.

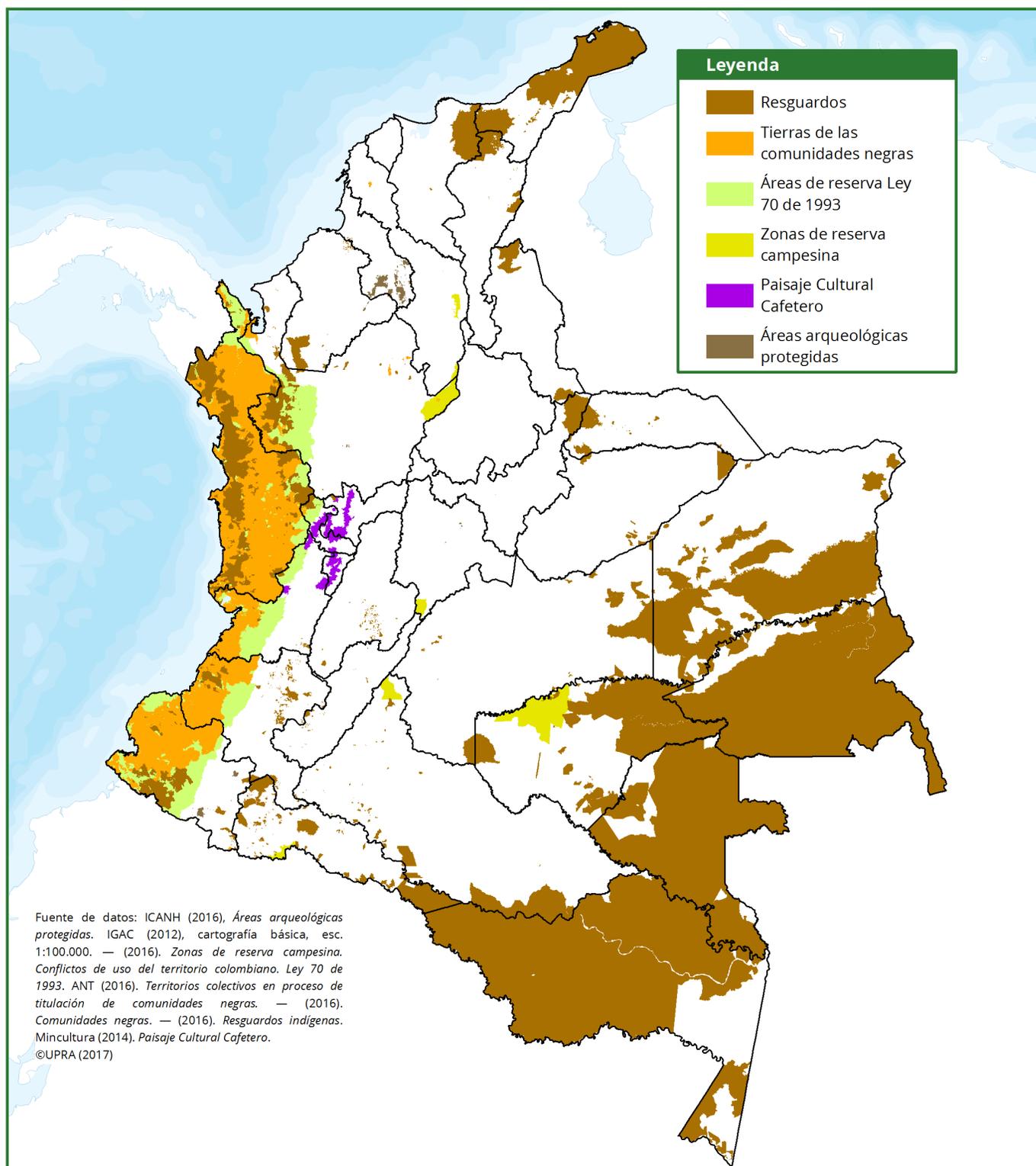
Fuentes de información

- ICANH. (2015). *Áreas arqueológicas protegidas* [capa].
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993*.
- —. (2015). *Comunidades negras*.
- —. (2015). *Resguardos indígenas*.
- 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*.



Representación cartográfica de la variable



Condicionantes legales

Áreas de interés cultural y social