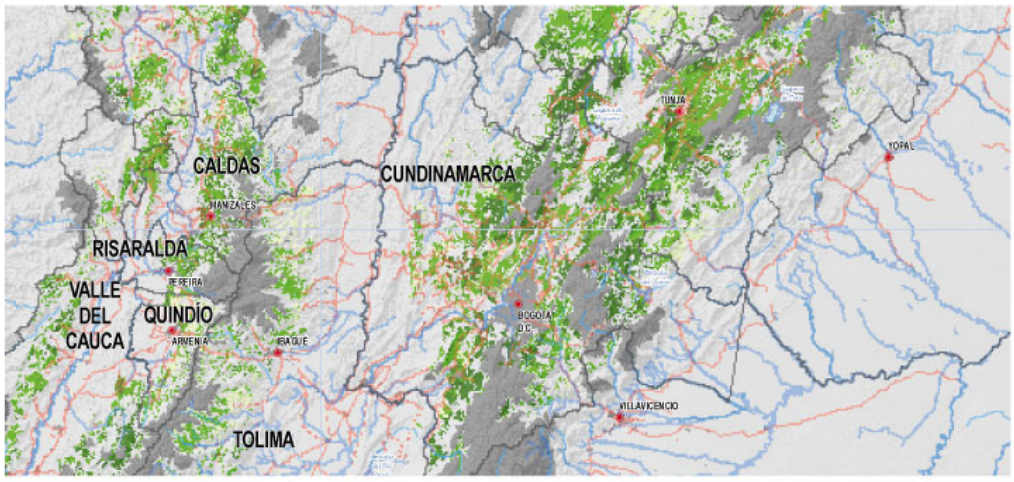
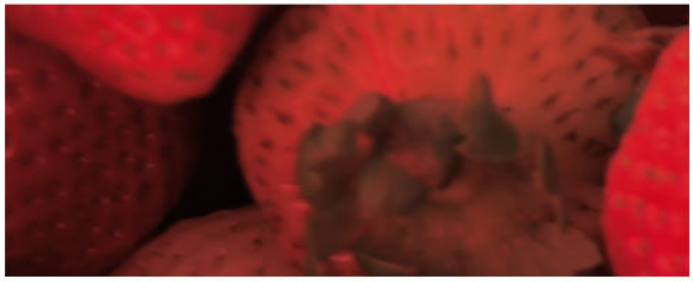
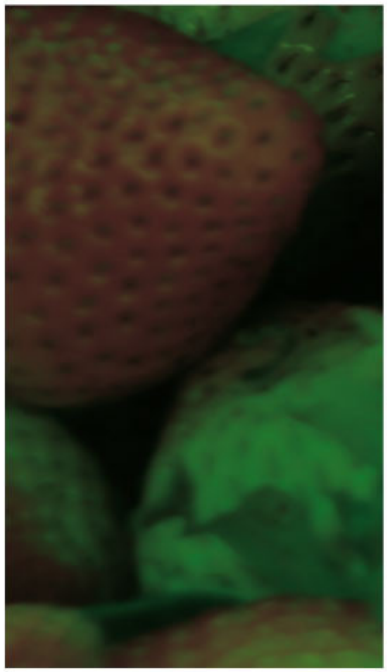
CULTIVO COMERCIAL DE FRESA

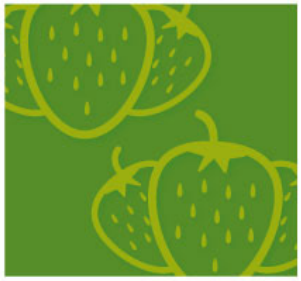
IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS EN COLOMBIA

A ESCALA 1:100.000









El campo es de todos | Minagricultura

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

Asohofrucol Asociación Hortifrutícola de Colombia

Programa de Transformación Productiva

BANCOLDEX

CRECE 30 Años

CULTIVO COMERCIAL DE FRESA

IDENTIFICACIÓN DE ZONAS APTAS EN COLOMBIA

A ESCALA 1:100.000

MEMORIA TÉCNICA

Iván Duque Márquez
Presidente de la República de Colombia

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

Javier Pérez Burgos
Viceministro de Desarrollo Rural

Marcela Urueña Gómez
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

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

Mercedes Vásquez de Gómez
Secretaria general

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

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

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

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

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
Carlos Humberto Escobar Torres
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

Equipo técnico
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Julio Hernando Urbina Ávila
Yesid Yucumá Castillo
Pedro David Porras Rodríguez
Javier Otero García
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Edwin René García Márquez
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Julio David Ramos Rodríguez
Carlos Humberto Escobar Torres
Adriana Marcela Porras Rey
Juan Ricardo Olmos Soler
Fabiola del Carmen Enciso Enciso
Claudia Patricia Acosta Latorre
Jaime Ernesto Lozano Martínez

Corrección de texto y estilo
Sandra Marcela Sepúlveda Ortega
Camila de Zubiría Rueda
Manuel Antonio Gómez Vega

Diseño y diagramación
Felipe Alejandro García Barbosa
Carlos Andrés Acero Rodríguez

Fotografías
Banco de imágenes de la UPRA

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

Elaborado en 2016.

ISBN: 978-958-5552-40-1

© UPRA, 2018

Tabla de contenido

Resumen 5

Índice de cuadros 6

Índice de figuras 8

Glosario 10

Lista de abreviaturas 12

Lista de símbolos 14

Introducción 16

1. Antecedentes 20

1.1. Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de fresa en Colombia 20

1.2. Contexto sectorial 20

1.2.1. El cultivo de fresa 20

1.2.2. Contexto mundial 26

1.2.3. Contexto nacional 30

1.3. Marco político 36

1.4. Marco normativo 36

1.5. Alcances y limitaciones 39

2. Marco conceptual 42

3. Metodología 46

3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 47

3.2. Criterios de análisis jerárquico 51

3.2.1. Criterios físicos 51

3.2.2. Criterios socioecosistémicos 56

3.2.3. Criterios socioeconómicos 59
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 64
3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales 70
3.5. Análisis multicriterio 76
3.5.1. Proceso analítico jerárquico (AHP) 76
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 77
3.6. Análisis espacial y modelos cartográficos 80
3.7. Proceso de validación del mapa 85
3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva de la fresa 86
3.7.2. Validación en campo 87
4. Resultados 90
5. Conclusiones y recomendaciones 96
6. Bibliografía 100

Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa (*Fragaria x ananassa* D.) 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 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, y la última parte presenta los resultados de la zonificación, plasmados en el mapa de aptitud para el cultivo comercial de fresa. 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.

Se identificaron 22 criterios (nueve físicos, cinco socioecosistémicos y ocho socioeconómicos), a partir de los cuales se obtuvo el mapa de zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa. En el mapa integrado se identificó que existen 3.848.787 ha aptas; 1.122.855 ha (1,0 %) tienen una aptitud alta (A1); 1.941.884 ha (1,7 %), a aptitud media (A2) y 784.048 ha (0,7 %), a aptitud baja (A3).

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

Índice de cuadros

Cuadro 1. Producción mundial de fresa y porcentaje de participación continental 26

Cuadro 2. Producción y crecimiento del área cosechada de fresa (2008-2013) 27

Cuadro 3. Producción, área y rendimiento del cultivo de fresa en los principales países productores (2013) 28

Cuadro 4. Principales países exportadores de fresa (2015) 28

Cuadro 5. Principales importaciones de fresa en el mundo (2015) 29

Cuadro 6. Empleo generado por el cultivo de fresa en Colombia (2012-2015) 30

Cuadro 7. Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de fresa en Colombia (2011-2015) 31

Cuadro 8. Balanza comercial de la fresa en Colombia (2011-2015) 31

Cuadro 9. Exportaciones colombianas de fresa por destino (miles de USD) 31

Cuadro 10. Producción nacional de fresa por departamento, periodo 2010-2015 (t) 34

Cuadro 11. Producción, área cosechada y rendimiento del cultivo de fresa por departamento (2015) 34

Cuadro 12. Zonas de producción de fresa en Colombia 35

Cuadro 13. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en Colombia 36

Cuadro 14. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en Colombia 37

Cuadro 15. Criterios y variables del subcomponente climático 53

Cuadro 16. Criterios y variables del subcomponente edáfico 54

Cuadro 17. Criterio y variables del subcomponente fitosanitario 56

Cuadro 18. Criterios y variables del componente socioecosistémico 58

Cuadro 19. Criterios y variables del componente socioeconómico 61

Cuadro 20. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales 64

Cuadro 21. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico 64

Cuadro 22. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico 66

Cuadro 23. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico 68

Cuadro 24. Exclusiones legales 71

Cuadro 25. Condicionantes legales 73

Cuadro 26. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico 76

Cuadro 27. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio 77

Cuadro 28. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa 78

Cuadro 29. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa 79

Cuadro 30. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de fresa 90

Cuadro 31. Resultados del mapa de zonificación para el cultivo comercial de fresa en Colombia, escala 1:100.000 92

Cuadro 32. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de fresa 93

Cuadro 33. Principales municipios con aptitud alta (A1) para cultivos comerciales de fresa en Colombia, escala 1:100.000 94

Índice de figuras

Figura 1. Zonificación de aptitud de la fresa en el departamento de Cauca . . . 21

Figura 2. Aspectos morfológicos de la planta de fresa . . . 22

Figura 3. Tendencia de las exportaciones e importaciones mundiales de fresa (t) . . . 29

Figura 4. Tendencia de las exportaciones e importaciones mundiales de fresa 2011-2015 (miles de USD) . . . 30

Figura 5. Exportaciones e importaciones colombianas de fresa (miles de USD) (2011-2015) . . . 31

Figura 6. Caracterización de las zonas de producción de fresa en Colombia . . . 35

Figura 7. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales . . . 42

Figura 8. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales . . . 46

Figura 9. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales . . . 47

Figura 10. Cadena de la fresa en Colombia . . . 51

Figura 11. Criterios y variables del componente físico . . . 52

Figura 12. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica . . . 57

Figura 13. Criterios y variables del componente socioecosistémico . . . 57

Figura 14. Criterios y variables del componente socioeconómico . . . 60

Figura 15. Mapa de exclusiones legales . . . 72

Figura 16. Mapa de condicionantes . . . 75

Figura 17. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud . . . 80

Figura 18. Modelo cartográfico integral . . . 82

Figura 19. Modelo cartográfico del componente físico . . . 83

Figura 20. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico . . . 83

Figura 21. Modelo cartográfico del componente socioeconómico . . . 84

Figura 22. Modelo cartográfico de exclusiones legales . . . 84

Figura 23. Modelo cartográfico de condicionantes . . . 85

Figura 24. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud . . . 85

Figura 25. Registro fotográfico de los recorridos de campo . . . 87

Figura 26. Mapa integrado del cultivo comercial de fresa, a escala 1:100.000 . . . 91

Figura 27. Principales departamentos con aptitud para el cultivo comercial de fresa 93

Figura 28. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de fresa 93

Figura 29. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de fresa 94

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.

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, 2014a).

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: se refiere a los producidos parcial o totalmente en condiciones ambientales modificadas respecto a las imperantes en el entorno.

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, Gómez y Montes, 2009, y MADS, 2012a, citados por UPRA, 2014a).

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 medio ambiente (FAO, 1976).

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

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

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.

Tipo de utilización de la tierra (TUT): se refiere a un uso específico que se describe a un nivel de detalle apropiado según la escala de evaluación de tierras, en términos de la producción, el contexto social y económico; sus principales características físicas, agronómicas y productivas, así como los costos y los ingresos generados por la actividad de producción (UPRA, 2014a).

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

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, 2014a). En tal sentido, la eficiencia está referida tanto a la sostenibilidad integral como a la competitividad de los sistemas productivos (UPRA, 2014a).

Lista de abreviaturas

AC Área crítica para especies migratorias en agroecosistemas

ACES Área de concentración de especies sensibles en el territorio

AICA Áreas de importancia para la conservación de aves

AHP Proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*)

ANH Agencia Nacional de Hidrocarburos

APC Área prioritaria de conservación

Asohofrucol Asociación Hortifrutícola de Colombia

Bancoldex Banco de Comercio Exterior de Colombia

CCB Cámara de Comercio de Bogotá

CECN Conectividad estructural de las coberturas naturales

CIC Capacidad de intercambio catiónico

CIF «Costo, seguro y flete, puerto convenido» (*Cost, Insurance and Freight*). Cláusula de comercio internacional

Conpes Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales

Corabastos Corporación de Abastos de Bogotá S.A.

Corpoica Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (desde 2018, Agrosavia)

DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DCS Distrito de conservación de suelos

DEM Modelo digital de elevación (*Digital Elevation Model*)

DH Disponibilidad hídrica

DHR Disponibilidad hídrica real

DMI Distrito de manejo integrado

DNP Departamento Nacional de Planeación

ENSO 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 (FAO por su sigla en inglés)

Finagro Fondo para el financiamiento del sector agropecuario

FOB «Libre a bordo, puerto de carga convenido» (*Free on Board*). 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
MADS Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MAVDT Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2002-2011)
Minagricultura Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Mincultura Ministerio de Cultura
Mineducación Ministerio de Educación Nacional
Minhacienda Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Minprotección Ministerio de la Protección Social
Minsalud Ministerio de Salud y Protección Social
Mintransporte Ministerio de Transporte
m s. n. m. Metros sobre el nivel del mar
OMM Organización Meteorológica Mundial
PEA Población económicamente activa
PET Población en edad de trabajar
pH Potencial de hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)
PIB Producto interno bruto
PNN Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PRAN Programa Nacional de Reactivación Agropecuaria
PSI Porcentaje de sodio intercambiable
Runap Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SENA Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC Servicio Geológico Colombiano
Sina Sistema Nacional Ambiental
SMMLV Salario mínimo mensual legal vigente
Sinap Sistema Nacional de Áreas Protegidas
Sioc Sistema de información de gestión y desempeño de organizaciones de cadenas
SIG Sistemas de información geográfica
SRTM Misión topográfica Shuttle Radar (SRTM por su sigla en inglés)
SZH Subzona hidrográfica
TLC Tratado de libre comercio
TUT Tipo de utilización de la tierra
UAF Unidad agrícola familiar
UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
Umata Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria
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
UARIV Unidad para la Atención y Reparación Integral de las Víctimas
USDA Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por su sigla en inglés)
WWF Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por su sigla en inglés)

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
bar	unidad de presión
cm	centímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
h	hora
ha	hectárea
kg	kilogramo
km	kilómetro
kPa	kilopascal (10^{3} Pa)
L	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
m^2	metro cuadrado
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

Introducción

Dentro de las bases del «Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018», se recalca el impulso a la competitividad rural «a través de la provisión de bienes y servicios sectoriales que permitan hacer de las actividades agropecuarias una fuente de riqueza para los productores del campo» (DNP, 2015), combinando arreglos institucionales y multisectoriales y atributos del territorio para brindar una mayor equidad de la población rural. Para lograr lo anterior, el Gobierno nacional requiere, entre otras directrices, promover el uso eficiente del suelo y los recursos naturales 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 las problemáticas de las zonas rurales y la definición de alternativas de manejo espacial a partir de la integración de múltiples factores ha sido limitado, dado que el énfasis se ha centrado en los aspectos climáticos y edáficos, dejando de lado 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, abordadas desde un enfoque interdisciplinario, partiendo de la premisa de que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas con una combinación de características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz Lozano *et al.*, 2009).

En 2014, la UPRA realizó la 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, lineamientos y criterios propuestos en el marco de las demás actividades. Por lo anterior, para

2015, la UPRA adelantó la zonificación de aptitud de seis cadenas productivas a escala 1:100.000, entre ellas, la del cultivo comercial de fresa. Esta contó, en sus diferentes fases, con la activa participación de los diferentes actores de la cadena productiva y sus 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 fresa a escala 1:100.000, mediante la definición de los criterios y variables que inciden en la delimitación de áreas con aptitud.
- La definición de los procesos de integración de los distintos criterios para la zonificación, así como la identificación y estandarización de la información geográfica disponible en las bases de datos asociadas.
- La elaboración, con base en la metodología propuesta, del mapa de zonas aptas para el cultivo comercial de fresa, 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 fresa, así como los marcos político y normativo asociados al cultivo. El segundo capítulo describe los fundamentos conceptuales en 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 fresa.

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

Fotografía: Archivo UPRA.

1. Antecedentes

1. Antecedentes

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa en Colombia, a escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y 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 fresa en Colombia

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

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

La Universidad del Cauca, en trabajo conjunto con la UPRA, determinó la zonificación de tierras con fines agropecuarios, a escala 1:100.000, en 29 municipios del departamento del Cauca para los cultivos de arroz secano, aguacate, cacao, café, caña panelera, plátano, chontaduro, coco, fique, fresa, fríjol, maíz, papa, quinua, pastos de corte de clima medio o cálido, arreglo silvopastoril de clima frío y sistemas silvopastoriles de clima medio o cálido. La figura 1 muestra que, para el cultivo de fresa, la aptitud alta (A1) se encontró en 23 municipios en el departamento, con un total de 66.476 ha. Se destacan los municipios de Totoró, Páez, Bolívar, Silvia, Inzá y Argelia.

1.2. Contexto sectorial

1.2.1. El cultivo de fresa

La fresa (*Fragaria x ananassa* D.) es uno de los principales cultivos hortofrutícolas en el mundo por su amplia demanda y por sus ventajas nutricionales, paliativas, formas de consumo y beneficios sobre la salud humana (Lantz *et al.*, 2010; Giampieri *et al.*, 2012).

Existe una gran cantidad de especies de fresa alrededor del mundo. Aunque no se conoce bien su origen, se indican dos posibles zonas de procedencia: una en los Alpes europeos y otra, en Chile (CCB, 2015).

Fragaria virginiana se cultiva en Ecuador, Bolivia y Perú, y se adapta a diferentes climas. *F. chiloensis* se cultiva en Chile, Argentina y EE. UU. y de esta se derivan variedades como Chandler, Douglas, Pájaro, Oso Grande, Ventana, Albión, Camarosa, Camino Real, Sweet Charlie, Gaviota y Diamante.

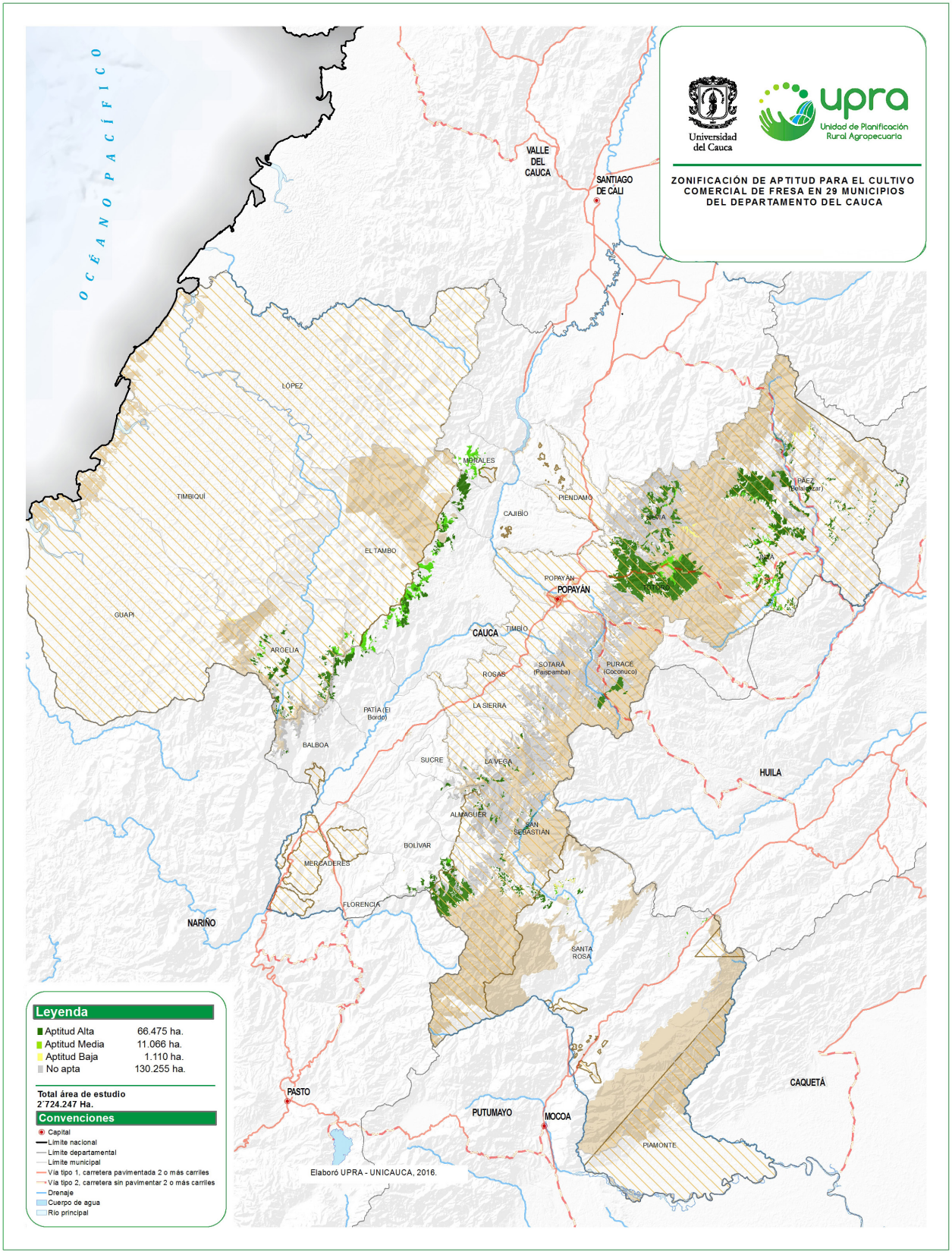
1.2.1.1. Clasificación taxonómica

La fresa o frutilla pertenece al orden Rosales, familia Rosaceae (Potentillae), subfamilia Rosoideae, género Fragaria con más de veinte especies y 1000 variedades.

El género Fragaria tiene un número básico de cromosomas n = 7 y agrupa unas 20 especies que, según su número de ploidía, se dividen en diploides, tetraploides, hexaploides y octaploides (Flórez y Mora, 2010). Existen más de 160 especies del género Fragaria; el híbrido del cruce de *F. chiloensis* y *F. virginiana* originó *F. Ananassa*, nombre de las actuales variedades de fresa (CCB, 2015).

Las especies más difundidas son *Fragaria virginiana*, originaria de las praderas centrales de Norteamérica;

Figura 1. Zonificación de aptitud de la fresa en el departamento de Cauca



Fuente: Universidad del Cauca y UPRA (2017).

F. chiloensis, diseminada a lo largo de la costa pacífica, desde Chile hasta Alaska; y *F. vesca*, *F. moschata* y *F. viridis*, originarias de Europa y Asia (Flórez y Mora, 2010).

1.2.1.2. Descripción botánica y morfología

Es una especie herbácea cuyas hojas y otros órganos se forman en la parte leñosa del tallo. Se considera como una planta perenne de vida corta (CCB, 2015). El tallo, llamado también corona, es corto y rastrero. De allí surgen los estolones, que corresponden a ramificaciones laterales; en estos aparecen hojas y raíces adventicias que pueden originar una nueva planta.

Las hojas son compuestas y se disponen en roseta sobre la corona, de pecíolos largos, con dos estípulas rojizas y limbo dividido en tres foliolos de bordes aserrados. El envés de las hojas es pubescente. La raíz es fibrosa; las raíces principales se originan en la corona y sirven de soporte a la planta; las raíces secundarias y terciarias absorben agua y nutrientes del suelo. El 90 % de las raíces se desarrollan en los primeros 30 cm de profundidad (CCB, 2015).

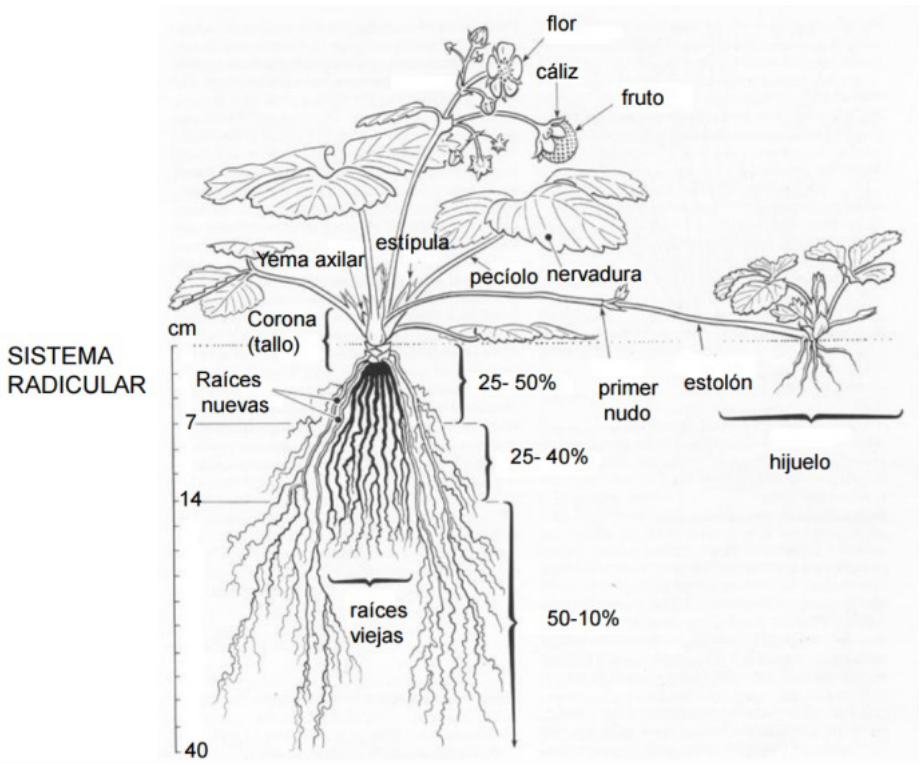
Las inflorescencias parten de las axilas de las hojas y se encuentran dispuestas sobre un pedúnculo de longitud variable; las flores tienen cinco y seis pétalos blancos y presentan polinización alógama y entomófila. El fruto es un poliaquenio cuya parte comestible es el receptáculo que aloja los aquenios. La forma del fruto es variable, entre globosa, cónica o de corazón y su coloración varía entre rosa y violeta. El peso del fruto puede variar entre 2 g y 60 g y el número de aquenios por infrutescencia varía entre 120 y 200 (CCB, 2015). La figura 2 describe las partes de la planta de fresa.

1.2.1.3. Variedades

Existen innumerables genotipos de fresa en el mercado. De acuerdo con los reportes de Flórez y Mora (2010) y CCB (2015), las siguientes son las características de las variedades de fresa sembradas en Colombia:

Camino Real: originaria de California (EE. UU.), es una variedad compacta de alta productividad y excelente calidad de frutos, tolerante a *Colletotrichum* sp., *Verticillium* sp. y *Phytophthora* sp. El fruto es firme, de color rojo oscuro.

Figura 2. Aspectos morfológicos de la planta de fresa



Fuente: Universidad de Córdoba (s. f.).

Camarosa: originaria de California y, en la actualidad, la más cultivada en el mundo. Planta de porte exuberante, de buen follaje, con alta productividad y buen comportamiento poscosecha; es resistente a ácaros, pero sensible a antracnosis. Los frutos son de forma cónica, con buena coloración interna y externa.

Albión: de hojas gruesas y buena producción de frutos, es susceptible al ataque de los géneros *Phytophthora*, *Verticillium* y *Colletotrichum*, así como a bacterias, especialmente *Xanthomonas* sp. En Colombia se adapta bien en el rango de 2500 a 2800 m s. n. m. y presenta una producción constante durante todo el año. Los frutos son de color rojo intenso y de una calidad excepcional en tamaño, sabor y firmeza.

Palomar: variedad temprana de rendimiento moderado y excelente calidad de fruto, pero muy sensible a *P. cactorum*. Por el porte pequeño de las plantas, se recomienda sembrar en alta densidad. Los frutos son firmes y con tendencia a tener cálices secos al inicio de la cosecha.

Ventana: procedente California. Es muy productiva en el ciclo de 18 meses. Se caracteriza por tener frutos muy bien formados debido a su excelente polinización. Es una variedad susceptible a patógenos del suelo.

Sweet Charlie: la fruta es muy dulce y grande; genotipo muy susceptible al ataque de *Oidium* sp. y al ataque de *Xanthomonas* sp., tolerante a *Colletotrichum* sp. y muy exigente en fertilización.

Gaviota: presenta buen color de fruto y sabor, tamaño medio, tolera alta densidad de siembra, presenta altos requerimientos de agua, es tolerante al ataque de *Colletotrichum* sp., pero susceptible al ataque de *Phytophthora* sp. y *Verticillium* sp.

1.2.1.4. Aspectos fitosanitarios

El cultivo de la fresa es susceptible de ataques de plagas y enfermedades de importancia económica con una alta incidencia y proliferación, especialmente por condiciones ambientales y endémicas. Se destacan *Phytophthora fragarie*, *P. cactorium* y *Pythium* spp., causantes de problemas del sistema radical; *Botrytis cinerea*, que afecta el fruto, y la arañita roja (*Tetranychus urticae*), que afecta la parte foliar de las plantas.

A continuación se hace una breve descripción de las principales plagas que, según reporte de la Universidad Nacional de Colombia (2014), la CCB (2015) y otros autores, atacan el cultivo de fresa en Colombia:

Arañita roja (*Tetranychus urticae*): las hojas atacadas por el ácaro adquieren manchas difusas de coloración roja al inicio, que posteriormente cubren toda la superficie foliar. Las hojas se tornan pálidas, se marchitan, se arrugan y se secan. Es usual también observar este daño en el cáliz.

Trips (*Frankliniella occidentalis*): las hembras ovipositan bajo la epidermis de las hojas, frutos, flores, pedúnculos o estructuras en desarrollo, siempre protegidos de la luz directa. Las ninfas son de color blanquecino y con el tiempo toman una coloración amarilla; se localizan en el suelo a pocos centímetros de profundidad, entre los residuos vegetales o incluso en la propia flor. Las sequías prolongadas y altas temperaturas favorecen el desarrollo de la plaga. Igualmente, son vectores de virus y altas poblaciones pueden llegar a inducir la pérdida prematura de flores que afectan la producción (CCB, 2015).

Chisas (*Phyllophaga* sp.): las larvas se alimentan de las raíces de la planta. También pueden destruir la corteza de las raíces, lo que ocasiona marchitamientos y retraso en el crecimiento. Esto se traduce en pérdidas considerables o hasta la muerte de las plantas.

Ácaro blanco (*Phytonemus pallidus, Steneotarsonemus pallidus*): los daños en los brotes originan poco desarrollo, bronceamiento y deformaciones en el envés de la hoja. En flores, se presenta succión de la savia, lo que genera daños en la superficie de los futuros aquenios. Según la severidad del ataque, las flores pueden continuar con el desarrollo de frutos, pero deformes y cuarteados. Los pistilos atacados se tornan bronceados y retorcidos, mientras que los pétalos se tornan rosados y deformes. En frutos recién formados, los aquenios empiezan a crecer y a separarse, lo que brinda acceso a la infestación de los ácaros en la superficie de

la futura pulpa. Los frutos levemente atacados pueden tener cuarteaduras imperceptibles a simple vista, que favorecen el ingreso de hongos como *Botrytis cinerea*.

Trozadores (*Agrotis ipsilon* y *Spodoptera* sp.): las larvas de estos insectos hacen raspaduras en las partes tiernas de las hojas, que posteriormente se manifiestan en pequeñas áreas translúcidas; una vez la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje, a perforar las coronas o a barrenar frutos.

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): los adultos y ninfas causan daños directos por la succión de savia del floema, lo que reduce el vigor de la planta, disminuye la calidad del fruto y afecta la producción. También causan daños indirectos por la excreción de una sustancia azucarada que recubre las hojas y sirve de sustrato de crecimiento del hongo fumagina (*Capnodium elaeophilum*), por lo que se afecta la fotosíntesis y, por consiguiente, impacta en el rendimiento.

Babosas (*Molusca: Gastropoda-Limacidae*): se alimentan de tejido vegetal tierno, por raspaduras realizadas en hojas jóvenes, y también de las raíces, las cuales son cortadas y masticadas. Una etapa crítica del cultivo es en el trasplante.

Igualmente, en la fresa se presentan enfermedades de importancia económica que atacan el cultivo en Colombia, según reporte de la Universidad Nacional de Colombia (2014), la CCB (2015) y otros autores, así:

Pudrición radical o de la corona (*Phytophthora* sp.): los síntomas iniciales son marchitamiento de hojas jóvenes que se extiende a hojas maduras que, en ocasiones, puede presentar coloración rojiza. En las raíces y en la corona, se presenta necrosamiento y pudrición. Estos órganos pueden tornarse marrón o rojo cobrizo que avanza gradualmente y al final lleva al colapso de la planta.

Pudrición o moho gris (*Botrytis cinerea*): produce lesiones húmedas e irregulares en la superficie del fruto, con crecimiento micelial de apariencia algodonosa de color grisáceo claro a negro. *B. cinerea* puede causar pudrición de flores y afecta los frutos tanto en campo como en poscosecha. En campo, los síntomas suelen confundirse con los producidos por *Colletotrichum* fragariae; sin embargo, este último produce una pudrición seca en los frutos.

Antracnosis (*Colletotrichum* spp.): genera lesiones irregulares hundidas de color marrón que posteriormente se tornan negras. En los frutos se presentan lesiones de consistencia seca que tienden a momificarse. Cuando la infección es severa o compromete los tallos o la corona, se puede generar daño del sistema vascular que interrumpe el transporte de nutrientes y agua, con lo que la planta colapsa y muere. El patógeno sobrevive hasta por unos nueve meses en el suelo sin plantas hospederas (CCB, 2015).

Mancha púrpura o viruela (*Mycosphaerella fragariae*): los síntomas de la enfermedad inician con la aparición de lesiones circulares de color rojo a violeta tanto en el haz como en el envés de la hoja; posteriormente, estas se tornan blanquecinas a grises en el centro, producto de la necrosis del tejido. La enfermedad puede afectar adicionalmente estolones, peciolos y la infrutescencia. El patógeno puede verse favorecido por alta humedad relativa.

Mancha angular (*Xanthomonas* sp.): la infección inicial aparece como manchas diminutas de agua en el envés de la hoja que luego crecen, se tornan traslúcidas y escurren una lama viscosa de bacterias. Al desarrollarse la enfermedad, aparecen manchas de color café rojizo en la parte superior de las hojas que terminan secándolas. La bacteria vive en el suelo y se propaga al salpicar agua al follaje (CCB, 2015).

Existen también nematodos de los géneros Meloidogyne, Pratylenchus y Helicotylenchus que causan lesiones en la raíz y, en el caso de nematodos del género Meloidogyne, la formación de agallas que afectan directamente la absorción de agua y nutrientes, lo que se traduce en la disminución de la vida útil del cultivo y favorece también la entrada de otros organismos fitopatógenos. Los síntomas se manifiestan en amarillamiento de las hojas, disminución del vigor, reducción de la producción y hasta la muerte de la planta.

1.2.1.5. Recomendaciones de manejo

La decisión de siembra de un cultivo de fresa debe considerar la planeación integral de las diferentes

actividades que permitan minimizar los riesgos de pérdidas por efectos ambientales, así como tener en cuenta las necesidades de recursos que respondan a los requerimientos de sostenibilidad ambiental, competitividad y productividad.

1.2.1.5.1. Previo a la siembra

El productor deberá contar con suficiente información acerca de las características de la zona y el historial del predio a cultivar con el fin de disminuir las pérdidas por el ataque de plagas y enfermedades, así como el efecto negativo de algunos elementos del clima o de condiciones adversas del suelo. Con este fin, el proceso de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa se constituye en un importante insumo que la UPRA deja a disposición de los productores para una correcta decisión de siembra con base en la determinación de aptitud de las tierras.

Se recomienda considerar el mercado objetivo de la fruta a partir de un plan de negocios, prever las condiciones de oferta en términos de oportunidad, calidad y precio, así como la posible competencia bajo diferentes escenarios de comercialización. Se prefiere el establecimiento de cultivos de fresa en zonas que cuenten con disponibilidad de agua con suficiente infraestructura para riego, vías, servicios, mano de obra y mercados que le permitan al productor mejorar la rentabilidad del negocio.

Un adecuado plan de fertilización debe tener en cuenta los requerimientos del cultivar seleccionado, 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 realizar determinación de sus propiedades y el balance de minerales, de materia orgánica y demás parámetros. Así mismo, considerar la eficiencia del sistema de riego que permita, igualmente, la aplicación de los nutrientes para el cultivo.

Los productores que deseen implementar mecanismos de certificación en buenas prácticas agrícolas (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 medio ambiente y el bienestar de los trabajadores vinculados a la producción comercial de fresa.

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, preferiblemente que tenga respaldo de la certificación oficial del ICA. En el caso de establecer programas de producción vegetativa (siembra de estolones), será necesario seleccionar plantas de excelente calidad en términos de sanidad y productividad que garanticen el éxito del cultivo a establecer.

La época de siembra, así como la correcta implementación de las labores de plantulación, trasplante, podas, limpiezas, drenajes, manejo fitosanitario, fertilización y cosecha, será determinante para optimizar la productividad del cultivo de fresa.

Para el control de problemas fitosanitarios, se recomienda la ejecución de medidas de manejo integrado, partiendo de una acertada identificación del origen de los daños o síntomas, así como la evaluación de 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 que podrá utilizarse como una opción adicional, observando las recomendaciones de etiqueta donde se destacan las dosis, frecuencias de aplicación, mezclas, rotación de grupos químicos y periodos de carencia.

El suministro de agua a través de sistemas de riego suplementario por el sistema de goteo se constituye en una herramienta de manejo que, aparte de suplir las demandas hídricas en las etapas críticas del cultivo, favorecen el aumento en el rendimiento. En general, los sistemas de riego permiten adicionalmente la aplicación de fertilizantes como medio de manejo de una nutrición balanceada.

Las coberturas plásticas o acolchados junto al riego por goteo se constituyen en una tecnología que impide el contacto de la fruta con el suelo y permite adicionalmente un control eficiente de arvenses, mantener la temperatura del suelo que evite la excesiva pérdida del agua y generar un microclima ideal para acelerar la maduración del cultivo. Igualmente, los sistemas hidropónicos o semihidropónicos son opciones tecnológicas que buscan

una mayor eficiencia de la producción en la búsqueda de mayor sanidad y control en la fertilización. No obstante, es necesario evaluar su costo frente a los sistemas tradicionales de producción.

Las aplicaciones foliares de plaguicidas y fertilizantes solubles y otras sustancias que permitan proteger y cuidar el cultivo deberán atender las recomendaciones de uso eficiente del agua. Para el riego, el sistema a aplicar deberá contemplar un análisis de la calidad del agua y, en lo posible, impedir que se acumulen sales en el suelo como resultado del uso de sales de los fertilizantes.

1.2.1.5.3. En la poscosecha

La fase de recolección del fruto es el punto determinante de la producción de los cultivos comerciales de fresa. Para una óptima cosecha, es necesario determinar los parámetros de grado de maduración, color y calidad exigidos por el mercado en relación con consistencia, tamaño, forma, contenido de humedad y niveles máximos de daños permitidos. Por su naturaleza perecedera, en el fruto de fresa se debe considerar una mínima manipulación, así como condiciones ideales de empaque y transporte que conserven la calidad en las diferentes etapas de comercialización.

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

Se recomienda, después de cumplir la vida útil de un cultivo de fresa, considerar programas de rotación de cultivos con especies que permitan romper los ciclos de plagas y enfermedades y que sean alternativas para el monocultivo de fresa.

1.2.2. Contexto mundial

La fresa es uno de los principales cultivos hortofrutícolas en el mundo gracias a su amplia demanda y a las ventajas nutricionales, paliativas, formas de consumo y beneficios sobre la salud humana que representa (Lantz *et al.*, 2010; Giampieri *et al.*, 2012).

1.2.2.1. Dinámica de los mercados globales

Entre los años 2005 y 2013, la producción mundial de fresa creció de 5,73 a 7,74 millones de t. Parte de este crecimiento se explica por la producción de Asia y Oceanía, que aumentaron su participación en el total global al pasar del 47 % al 50 %, mientras que la producción europea presentó una pérdida de participación del 26 % al 19 %. América se mantuvo en alrededor del 25 % y África en un 5 % (cuadro 1).

Según la FAO (2016), en el mismo periodo China continental y EE. UU. concentraron el 54 % de la producción mundial de fresa, seguido de Turquía, España y México. Colombia, por su parte, ocupó el puesto 19, con menos del 1 % de la producción mundial (cuadro 2).

Cuadro 1. Producción mundial de fresa y porcentaje de participación continental

Año	Producción (t)	Asia y Oceanía (%)	América (%)	Europa (%)	África (%)
2005	5.728.681	47	23	26	4
2006	5.840.485	45	24	27	4
2007	5.869.201	45	25	25	5
2008	6.009.759	44	26	25	6
2009	6.614.836	42	25	23	9
2010	6.593.377	46	26	22	6
2011	6.758.581	48	26	20	5
2012	7.294.535	49	26	19	5
2013	7.739.623	50	25	19	5

Fuente: FAO (2016).

Cuadro 2. Producción y crecimiento del área cosechada de fresa (2008-2013)

Puesto	País	Producción (t)	Participación (%)	Crecimiento del área cosechada (%)
1	China, continental	14.326.936	35	38
2	EE. UU.	7.757.359	19	7
3	Turquía	1.881.101	5	20
4	España	1.689.397	4	-2
5	México	1.635.973	4	38
6	Egipto	1.418.964	3	15
7	Corea	1.208.333	3	8
8	Rusia	1.076.000	3	3
9	Polonia	1.061.997	3	2
10	Japón	1.053.637	3	-17
11	Marruecos	1.021.252	2	20
12	Alemania	926.254	2	19
13	Reino Unido	608.775	1	-6
14	Italia	599.476	1	-64
15	Ucrania	354.700	1	4
16	Francia	307.283	1	6
17	Belarús	302.400	1	0
18	Países Bajos	275.600	1	10
19	Colombia	266.801	1	9
20	Chile	264.064	1	5
	Resto de países	2.974.407	7	7
Total	**41.010.709**	**100**	**11**	

Fuente: FAO (2016).

En 2013, el área cosechada de fresa en el mundo llegó a 361.661 ha. Los principales países productores fueron China, Polonia, la Federación de Rusia y EE. UU.; Colombia registró 1199 ha cosechadas en el mismo año. Los países productores de fresa que tuvieron los mayores rendimientos corresponden a EE. UU. (57,8 t/ha), México (44,7 t/ha), Grecia (44,3 t/ha) Egipto (42,3 t/ha) y Marruecos (41,2 t/ha). Por su parte, Colombia reportó un rendimiento de 35,4 t/ha, por encima del promedio mundial de 21,4 t/ha (cuadro 3).

Fotografía: Archivo UPRA.

Cuadro 3. Producción, área y rendimiento del cultivo de fresa en los principales países productores (2013)

País	Producción (t)		Área cosechada (ha)		Rendimiento (t/ha)
	2013	Participación (%)	2013	Participación (%)	2013
China (continental)	2.997.504	38,73	109.940	30,40	27,3
EE. UU.	1.360.869	17,58	23.549	6,51	57,8
México	379.464	4,90	8496	2,35	44,7
Turquía	372.498	4,81	13.549	3,75	27,5
España	312.500	4,04	8000	2,21	39,1
Egipto	254.921	3,29	6029	1,67	42,3
República de Corea	216.803	2,80	6890	1,91	31,5
Polonia	192.647	2,49	55.020	15,21	3,5
Federación de Rusia	188.000	2,43	27.000	7,47	7,0
Japón	160.237	2,07	5374	1,49	29,8
Alemania	149.680	1,93	15.577	4,31	9,6
Marruecos	145.233	1,88	3526	0,97	41,2
Reino Unido	94.373	1,22	4606	1,27	20,5
Grecia	79.700	1,03	1800	0,50	44,3
Ucrania	70.700	0,91	8600	2,38	8,2
Francia	55.754	0,72	3235	0,89	17,2
Países Bajos	51.000	0,66	1765	0,49	28,9
Chile	45.819	0,59	1685	0,47	27,2
Belarús	45.000	0,58	6000	1,66	7,5
Colombia	42.448	0,55	1199	0,33	35,4
Total	**7.739.621**	**100**	**361.661**	**100**	**21,4**

Fuente: FAO (2016).

En relación con las importaciones de fresa en el mundo, en 2013 Canadá y EE. UU. lideraron este mercado con fresa procedente de México. En Europa, los principales países importadores son Francia, Reino Unido y Holanda, con fresa procedente de España (cuadro 4).

Cuadro 4. Principales países exportadores de fresa (2013)

Países destino	Toneladas	USD
Canadá	123.616	319.463
EE. UU.	110.457	242.984
Francia	90.587	267.669
Reino Unido	47.700	192.559
Holanda	28.937	132.451

Fuente: FAO (2015a), citado por CCB (2015).

Respecto a las importaciones de la fruta para el año 2015, EE. UU. las lideró con USD 413,1 millones, correspondientes al 17 % del valor total mundial. Los países de la Unión Europea que se encuentran dentro de los diez primeros importadores compraron USD 872,666 en fresa, es decir, el 36 % del mercado mundial (cuadro 5).

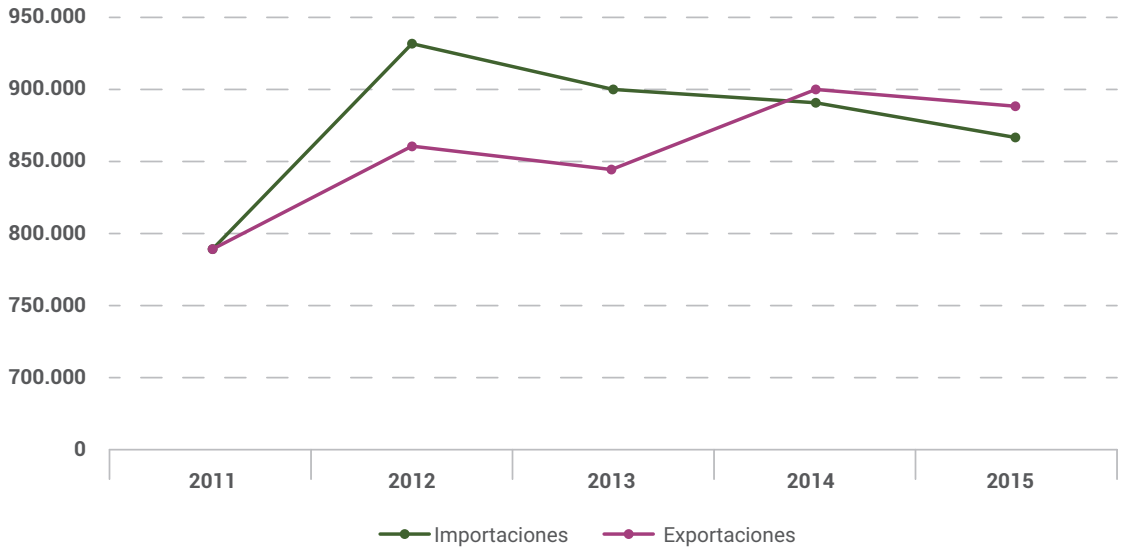
Cuadro 5. Principales importaciones de fresa en el mundo (2015)

Países	Valor (Miles de US$)	Valor (%)	Toneladas (t)	Cantidad (%)
EE. UU.	413.171	17	142.440	16
Canadá	316.184	13	100.319	12
Alemania	228.065	9	100.035	11
Reino Unido	221.579	9	54.274	6
Francia	178.318	7	76.927	9
Países Bajos	85.541	4	23.516	3
Bélgica	81.080	3	28.407	3
Italia	78.083	3	32.758	4
Belarús	72.005	3	37.242	4
Noruega	53.638	2	10.571	1
Hong Kong	50.501	2	6.379	1
Rusia	50.293	2	38.994	4
Total	**2.418.898**	**100**	**870.602**	**100**

Fuente: FAO (2016).

Entre 2011 y 2015 el volumen total de exportaciones de fresa creció 13 %, al pasar de 786.609 a 888.034 t. El ritmo de crecimiento anual de las exportaciones fue del 3 %. El año de mayor crecimiento fue 2012, con una tasa del 10 %, y el pico máximo, en 2014, con 901.171 t (figura 3).

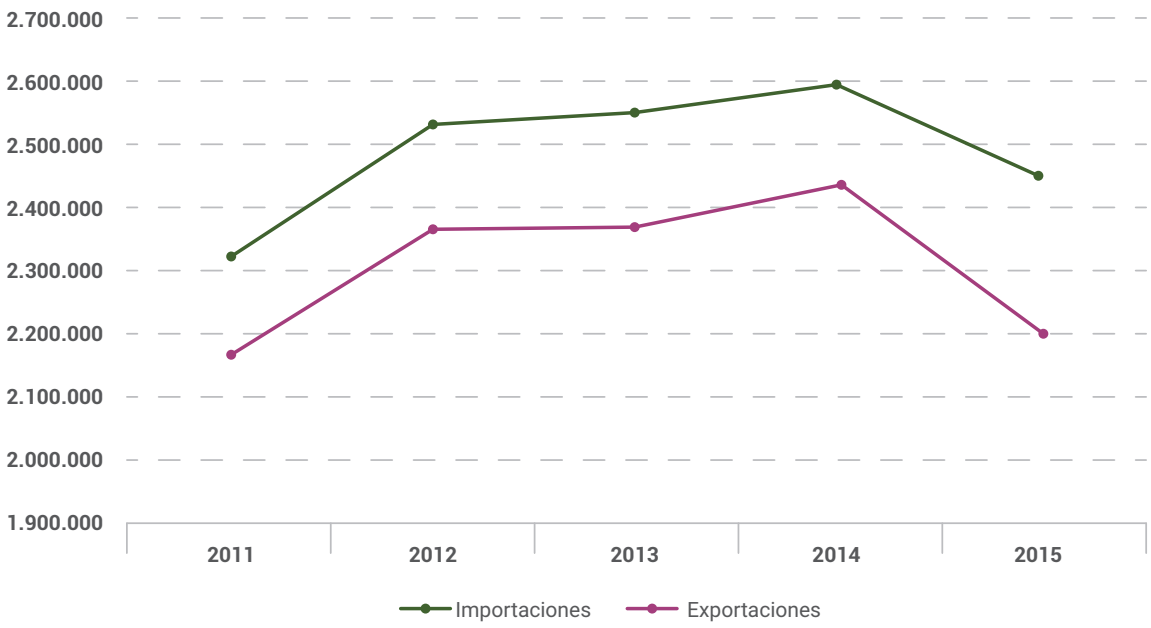
Figura 3. Tendencia de las exportaciones e importaciones mundiales de fresa (t)



Fuente de datos: TradeMap (s. f.).

El comportamiento histórico del valor de las importaciones y las exportaciones de fresa en el mundo es muy similar al del volumen transado. Por su parte, las importaciones tuvieron un ascenso significativo entre 2011 y 2014, con un descenso en 2015 (figura 4).

Figura 4. Tendencia de las exportaciones e importaciones mundiales de fresa 2011-2015 (miles de USD)



Fuente de datos: TradeMap (s. f.).

1.2.3. Contexto nacional

1.2.3.1. Importancia económica

En Colombia, unas seis mil seiscientas familias derivan sus ingresos del cultivo de la fresa. De acuerdo con Minagricultura (2016), en 2015 se generaron 5061 empleos directos y 1687 indirectos en todo el país. La fresa genera un promedio de 3,9 empleos/ha (2,9 empleos directos y 1,0 indirecto).

Por su parte, el cultivo de frutales genera en promedio 0,64 empleos directos/ha y 2,3 indirectos para 2,94 empleos/ha. El subsector fresa participa con aproximadamente un 0,4 % de los empleos generados en el sector de la agricultura, silvicultura y pesca (Minagricultura, 2016).

El cuadro 6 permite observar el aumento del empleo generado por el cultivo de fresa, con un crecimiento promedio anual del 17 %.

Cuadro 6. Empleo generado por el cultivo de fresa en Colombia (2012-2015)

Tipo de empleo	2012	2013	2014	2015
Directo	3225	3597	4956	5061
Indirecto	1075	1199	1652	1687
Total empleo	4300	4796	6608	6748
Total empleo agrícola	3435	3807	5166	5271
Participación en el empleo agrícola total (%)	79,9	79,4	78,2	78,1

Fuente: Minagricultura (2016).

Así mismo, entre 2011 y 2015 la producción de fresa en el país presentó algunas variaciones poco significativas, con un importante aumento en ese último año, debido fundamentalmente al crecimiento promedio del 4 % anual en las áreas cosechadas. El rendimiento disminuyó entre 2013 y 2015 en relación con los años 2011 y 2012 (cuadro 7).

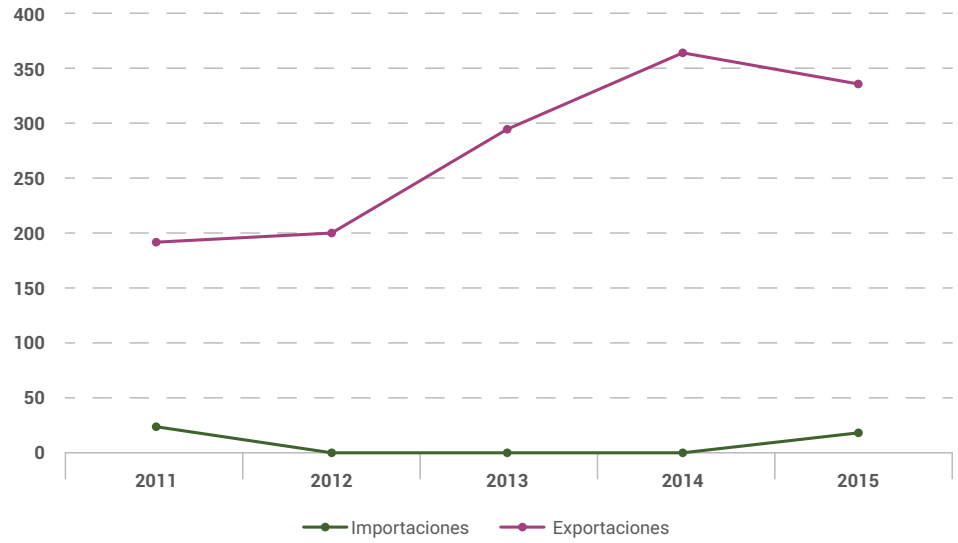
Cuadro 7. Área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de fresa en Colombia (2011-2015)

Total fresa	2011	2012	2013	2014	2015
Área sembrada	1419	1508	1604	1620	1785
Área cosechada (ha)	1133	1074	1199	1310	1543
Producción (t)	45.023	43.537	42.451	44.843	52.993
Rendimiento (t/ha)	39,7	40,5	35,4	34,2	34,3

Fuente: Minagricultura (2016).

Entre 2011 y 2014 el superávit de la balanza comercial colombiana se duplicó. En 2014 el superávit alcanzó su pico más alto debido al incremento de 32,9 % que tuvieron las exportaciones (figura 5). Entre 2012 y 2015, si bien hay un mayor volumen exportado de fresa, la balanza comercial es deficitaria (cuadro 8).

Figura 5. Exportaciones e importaciones colombianas de fresa (miles de USD) (2011-2015)



Nota: datos a julio de 2016.
Fuente: Minagricultura (2016).

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

Países origen	2012	2013	2014	2015	2016*
Exportaciones totales					
Toneladas (t)	153,27	232,00	209,89	222,88	19,98
Valor miles USD FOB	401.165	954.118	655.276	698.489	54.872
Importaciones totales					
Toneladas (t)	12.9	27.7	34.5	80.8	3.9
Valor miles USD CIF	48.570	118.407	146.889	217.053	14.936
Balanza comercial	**-352**	**-835**	**-508**	**-676**	**10.0**

Fuente de datos: Minagricultura (2016a).

Para el año 2013, los principales destinos de la fresa colombiana fueron EE. UU. y Panamá, que representaron 38,5 % del total del valor exportado por el país (cuadro 9).

Cuadro 9. Exportaciones colombianas de fresa por destino para año 2013

Países destino	USD
EE. UU.	187.978
Panamá	179.686
México	178.086
Alemania	163.265
Antillas Holandesas	94.911
Otros países	150.192
Total	**954.118**

Fuente: DANE (2014), citado CCB (2015).

1.2.3.2. Importancia ambiental

En los últimos años en Colombia, la hortofruticultura ha tenido un fuerte crecimiento derivado de la prioridad de fomentar un aumento de la competitividad agrícola frente a las tendencias internacionales. De ésta manera, se ha identificado una oportunidad productiva de corto plazo aprovechando las ventajas comparativas que ofrece la geografía y las condiciones físicas para su implementación.

Sin embargo, este proceso ha subordinado en gran parte aspectos fundamentales basados en la sostenibilidad territorial a largo plazo, un desarrollo social más equitativo del sector agrícola y un manejo adecuado de los recursos naturales. Ante estos hechos, 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, y los aspectos puramente competitivos, que llevan 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 (Figueroa, 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 y de materias primas potenciales y actuales, desplazamiento de especies, fragmentación de hábitats, pérdida de la diversidad biológica y transformación acelerada de los hábitats naturales (Figueroa, 2000).

Según lo reportado en la guía ambiental (MAVDT y Asohofrucol, 2009), las actividades desarrolladas por el subsector hortofrutícola generan impactos ambientales como contaminación de las fuentes de agua con plaguicidas, sedimentos y materia orgánica, contaminación y deterioro de la calidad del suelo, disminución de la fauna y flora y deterioro de la salud de las personas por 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 Nolwalk12 (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 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 muy importante el efecto negativo causado por la contaminación del suelo por el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, lo cual no sólo afecta la salud de las personas y la inocuidad de los productos agrícolas, sino también la productividad del suelo.

Otro aspecto tiene que ver con la afectación de los recursos hídricos. El agua es un factor determinante para el sector agroalimentario; aguas de riego con 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 destacar la inadecuada disposición de residuos de cosecha, que genera malos olores y se constituye en el sustrato ideal para la proliferación de enfermedades para los cultivos y las personas, así como la alta generación de residuos sólidos no biodegradables y altamente contaminantes, como el plástico utilizado para los acolchados y las cintas de riego, entre otros.

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 300 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 y 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, así como una exigencia creciente de los consumidores en los mercados nacionales e internacionales; por tanto, las autoridades deben contar con la capacidad suficiente para ofrecer la seguridad que los consumidores y el comercio requieren.

Para los productos hortofrutícolas aún no se ha evaluado ni caracterizado la situación de la detección y evaluación de niveles máximos de residuos de plaguicidas, contaminantes químicos y microbiológicos que son, un requisito para el ingreso de alimentos frescos y procesados de origen agropecuario desde Colombia a los países interesados. De Por otro lado, bajo el enfoque de buenas prácticas agrícolas (BPA), se requiere garantizar aspectos fitosanitarios y de inocuidad de las condiciones del transporte de frutas y otros vegetales, 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 con 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 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, la degradación de suelos, la salud y la 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 CH_4 y NO_2 y, en menor cantidad, de CO y NO_x. En Colombia, el sector agrícola es el de mayor importancia en lo relacionado con la emisión de óxido nitroso: 72,4 % del total nacional. Las quemas de praderas y residuos de cosecha son fuente de emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno, considerados gases de efecto invernadero, y la quema de bosques que acompañan el proceso de deforestación es la responsable del 23 % de las emisiones de CO_2 del total nacional.

1.2.3.3. Principales zonas de producción de fresa en Colombia

La producción de fresa se encuentra dispersa en Colombia en zonas de clima frío y frío moderado. En 2015, de 52.994 t, de 31.492 t (59 %) se sembraron en Cundinamarca y 11.292 t (21 %), en Antioquia. Estos dos departamentos aportaron el 80 % del total de la fresa del país, mientras el restante 20 % se repartió entre Norte de Santander (8 %), Cauca (7,6 %), Boyacá (1,8 %), Caldas (0,8 %) y otros departamentos como Valle del Cauca, Nariño, Caquetá, Quindío, Tolima y Risaralda (cuadro 10).

Cuadro 10. Producción nacional de fresa por departamento, periodo 2010-2015 (t)

Departamento/año	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cundinamarca	23.937	28.545	22.783	22.563	25.658	31.492
Antioquia	11.611	10.731	14.658	12.545	10.011	11.292
Norte de Santander	4255	3144	3543	3360	3733	4176
Cauca	2212	1636	1840	2808	3885	4017
Boyacá	1048	734	504	542	677	936
Caldas	-	-	-	180	250	398
Valle del Cauca	-	-	1	246	348	352
Nariño	81	105	106	166	162	185
Caquetá	60	60	49	-	100	120
Quindío	9	-	-	36	13	13
Tolima	-	-	-	5	9	11
Risaralda	-	24	0	0	0	3
Santander	42	45	54	-	-	-
Total general	43.254	45.023	43.537	42.451	44.844	52.994

Fuente: Minagricultura (2016).

En 2015, casi la mitad (46,9 %) de los cultivos de fresa en el país se sembraron en Cundinamarca. Antioquia ocupó el segundo lugar en área cosechada (23,2 %). Los rendimientos más altos se registraron en los departamentos con mayor producción (cuadro 11); se destacan Cundinamarca (43,5 t/ha), Antioquia (31,6 t/ha), Norte de Santander (28 t/ha) y Cauca (27,3 t/ha).

Cuadro 11. Producción, área cosechada y rendimiento del cultivo de fresa por departamento (2015)

Departamento	Producción		Área cosechada		Rendimiento
	(t)	Participación (%)	(ha)	Participación (%)	(t/ha)
Cundinamarca	31.492	39,5	724	46,9	43,5
Antioquia	11.292	14,2	358	23,2	31,6
Norte de Santander	4176	5,2	149	9,7	28,0
Cauca	4017	5,0	147	9,5	27,3
Boyacá	936	1,2	77	5,0	12,2
Caldas	398	0,5	14	0,9	29,5
Valle del Cauca	352	0,4	27	1,7	13,1
Nariño	185	0,2	32	2,1	5,7
Caquetá	120	0,2	12	0,8	10,0
Quindío	13	0,02	2	0,13	6,5
Tolima	11	0,01	2	0,14	5,0
Risaralda	3	0,00	0	0,01	15,0
Total general	52.994	100	1.543	100	34,3

Fuente: Minagricultura (2016).

Por otra parte, Minagricultura (2016) identificó siete zonas de producción de fresa en Colombia (cuadro 12).

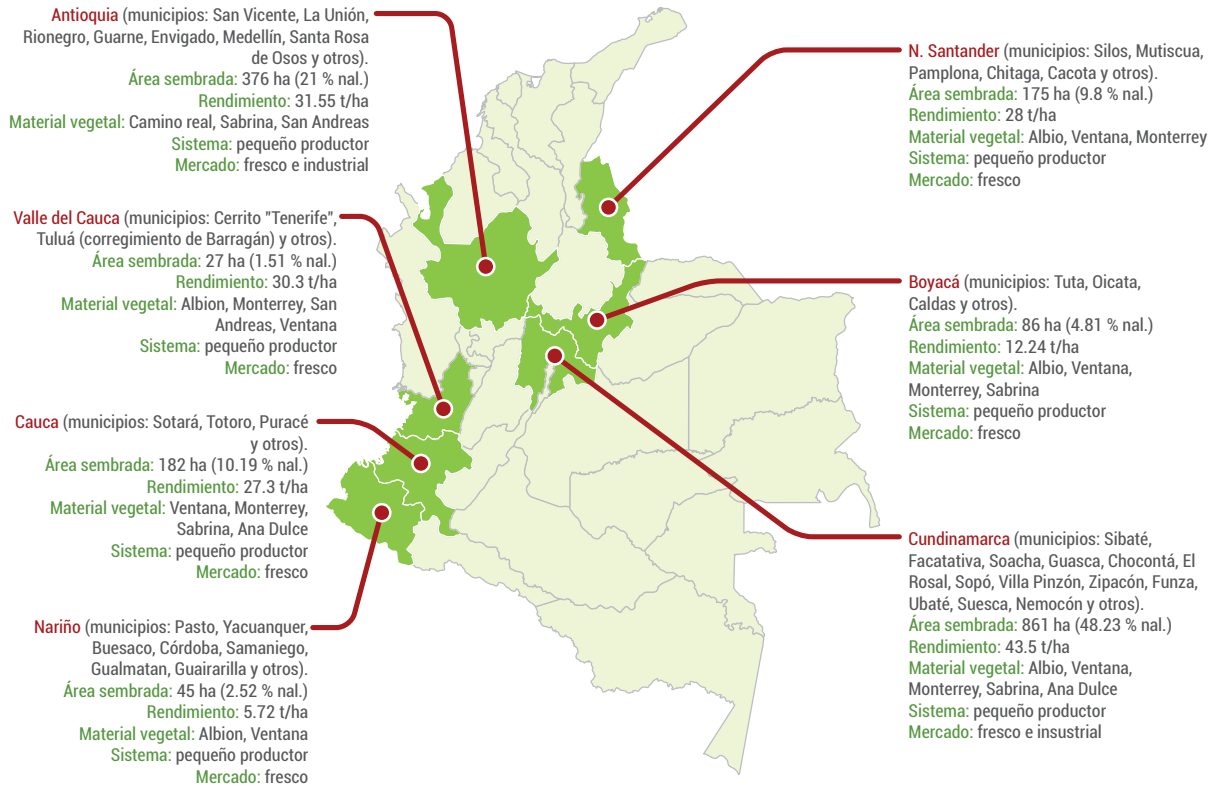
Cuadro 12. Zonas de producción de fresa en Colombia

Departamento	Municipios	Área sembrada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Variedades	Sistema productivo	Mercado
Cundinamarca	Sibaté, Facatativá, Soacha, Guasca, Chocontá, El Rosal, Sopó, Villapinzón, Zipacón, Funza, Ubaté, Suesca, Nemocón	1180	55,0	Albión, Ventana, Monterrey, Sabrina, Ana Dulce	Pequeño y mediano productor	Fresco e industrial
Antioquia	San Vicente, La Unión, Rionegro, Guarne, Envigado, Medellín, Santa Rosa de Osos	260	36,0	Camino real, Sabrina, San Andreas	Pequeño productor	Fresco e industrial
Cauca	Sotará, Totoró, Puracé	85	49,5	Ventana, Monterrey, Sabrina, Ana Dulce	Pequeño productor	Fresco
Norte de Santander	Silos, Mutiscua, Pamplona, Chitagá, Cácota	50	30,0	Albión, Ventana, Monterrey	Pequeño productor	Fresco
Boyacá	Tuta, Oicatá, Caldas	31	49,5	Albión, Ventana, Monterrey, Sabrina	Pequeño productor	Fresco
Valle del Cauca	Cerrito (Tenerife), Tuluá (Barragán)	22	30,3	Albión, Monterrey, San Andreas, Ventana	Pequeño productor	Fresco
Nariño	Pasto, Yacuanquer, Buesaco, Córdoba, Samaniego, Gualmatán, Guaitarilla	10	38,5	Albión, Ventana	Pequeño productor	Fresco

Fuente: Minagricultura (2016).

De acuerdo con la Secretaría Técnica Cadena de la Fresa de Minagricultura (2016), la figura 6 presenta la distribución de la producción del cultivo en Colombia por zonas de producción.

Figura 6. Caracterización de las zonas de producción de fresa en Colombia



Fuente: Minagricultura (2016).

1.2.3.4. Dinámica del mercado nacional

La principal característica de la oferta de la fresa en Colombia es que su abastecimiento tiene un origen regional, es decir, la mayoría proviene del mismo departamento en el que se encuentra localizado el mercado mayorista. Los dos principales mercados mayoristas de la fresa son la Central de Abastos de Bogotá S. A. (Corabastos) y la Central Mayorista de Antioquia (CMA). Por otra parte, la demanda de la fresa se concentra en el mercado fresco y en el procesamiento industrial. La exportación de fruta fue un reglón con un ritmo ascendente en los años 2014 y 2015.

1.3. Marco político

La política pública, en lo relacionado con el cultivo de fresa, ha tenido algunos desarrollos que se concretan en los instrumentos de política, entre los cuales se dispone de los relacionados en el cuadro 13.

Cuadro 13. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa 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, dirigida a «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 Comisión Nacional de Crédito Agropecuario 05 de 2011	Reglamenta la línea especial de crédito (LEC), instrumento orientado a mejorar las condiciones de financiamiento de proyectos agrícolas asociados con la siembra y mantenimiento de cultivos comerciales de ciclo corto, especialmente aquellos de la canasta básica, de alimentos sensibles a las importaciones o de interés exportador.

1.4. Marco normativo

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

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, determinantes en las relaciones entre las dinámicas poblacionales y el territorio.

El cuadro 14 muestra el normograma para el subsector de fresa, que se identifica pertinente para la zonificación de aptitud del cultivo comercial en Colombia, a escala 1:100.000.

Cuadro 14. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en Colombia

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Resolución Minsalud 14712 de 1984	Reglamenta lo relacionado con producción, procesamiento, transporte, almacenamiento y comercialización de vegetales como frutas y hortalizas elaboradas.
Resolución Minsalud 7992 de 1991	Reglamenta parcialmente el Título V de la Ley O9 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, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y dicta 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 agropecuarias del país.
Ley 160 de 1994, artículo 69	Establece zonas de sabanas comunales y playones, zonas con riesgo de inundaciones, islas, playones y madreviejas desecadas de los ríos, lagos y ciénagas de propiedad nacional.
Ley 160 de 1994, capítulo XIV - Decreto 2164 de 1995	Reglamenta dotación y titulación de tierras a comunidades indígenas y la constitución de resguardos indígenas.
Resolución Minsalud 599 de 1998	Adopta el formulario único para solicitud, modificación y renovación del registro sanitario para los productos alimenticios y establece la nomenclatura para la expedición de registro sanitario de los alimentos de fabricación nacional y de los importados.
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 dicta 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 dicta otras disposiciones.
Generales	
Decisión CAN 182 de 1983	Crea el Sistema Andino «José Celestino Mutis» sobre agricultura, seguridad alimentaria y conservación del ambiente.
Resolución ICA 431 de 1996	Establece requisitos fitosanitarios de aplicación al comercio de productos agrícolas bajo norma andina.
Resolución MADS 1442 de 2008	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 toma otras determinaciones.
Resolución ICA 3593 de 2015	Crea el mecanismo para establecer, mantener, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas de Colombia
Reglamentación ICA en semillas (ICA, 2015)	
Resolución ICA 1226 de 1976	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 ICA 1880 de 1992	Establece los requisitos para el control de la calidad de las semillas que se produzcan, importen, exporten o distribuyan para siembra en el país y dicta otras disposiciones.
Resolución ICA 3034 de 1999	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas en el país y dicta otras disposiciones.
Resolución ICA 2046 de 2003	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y dicta otras disposiciones.
Resolución ICA 0148 de 2005	Expide normas para la producción, importación, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país, su control, y dicta otras disposiciones.

Continúa »

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Resolución ICA 3168 de 2015	Reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y dicta otras disposiciones.
Resolución ICA 20009 de 2016	Establece los requisitos para la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano.
Regulación en insumos agrícolas (ICA, 2016)	
Decisión 436 de 1998 de la CAN	Establece normas sobre el registro y control de plaguicidas químicos de uso agrícola bajo 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 Minprotección 2906 de 2007	Establece los límites máximos de residuos de plaguicidas (LMR) en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes.
Resolución ICA 4754 de 2011	Establece los requisitos para la ampliación de uso de bioinsumos y plaguicidas de uso agrícola en cultivos menores y dicta otras disposiciones.
Reglamentación relacionada con estatus sanitario (ICA, 2016)	
Decisión CAN 253 de 1989	Establece el Programa Andino de prevención, control y erradicación de las moscas de la fruta.
Resolución ICA 2697 de 2008	Declara la República de Colombia como país libre de especies del género Bactrocera y establece las medidas necesarias para su mantenimiento.
Resolución ICA 001 de 2011	Establece medidas fitosanitarias para el control de mosca de las frutas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones.
Reglamentación ICA sobre exportaciones (ICA, 2016)	
Resolución ICA 3761 de 2014	Autoriza terminales marítimos, aeropuertos, puertos fluviales y pasos terrestres de frontera como puntos de ingreso, salida y tránsito autorizado para el comercio internacional de plantas, animales, sus productos y artículos reglamentados.
Resolución ICA 448 de 2016	Establece los requisitos para el registro ante el ICA de los predios de producción de vegetales para exportación en fresco, el registro de los exportadores y el registro de las plantas empacadoras de vegetales para la exportación en fresco.
Normatividad ambiental	
Ley 2.ª de 1959	Por la cual se dictan normas «sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables», donde «para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se establecen con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General"» siete zonas de reserva forestal.
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.
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, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados.
Decreto 1076 único del sector ambiental de 2015	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 MADS de 2015 y Resolución 1814 MADS de 2015	Declaran las zonas de protección como medida de precaución de carácter nacional (áreas protegidas nacionales en proceso de declaratoria por parte de parques nacionales naturales) y de carácter regional (áreas protegidas regionales en proceso de declaratoria por parte de las corporaciones autónomas regionales).
Ley general de cultura	Establece que las áreas arqueológicas protegidas, contiene un plan de manejo arqueológico definido por el Icanh, donde permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

1.5. Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa en Colombia, a escala 1:100.000, contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA y fortalece el desarrollo de políticas para el subsector hortofrutícola, desde su planificación hasta su ordenamiento territorial.

La zonificación considera todo el territorio continental colombiano y es un instrumento de carácter indicativo de tipo general, teniendo en cuenta su escala, 1:100.000. 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 remplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales, los cuales requieren de análisis e información más detallados, donde sean avalados en el nivel local los requerimientos específicos de acuerdo con las especies, variedades o híbridos y las condiciones de competitividad relacionadas con la ubicación del proyecto, los objetivos 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:

- Prioriza las áreas más competitivas para el cultivo comercial de fresa, 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 en que se 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 fresa 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, el mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa 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.

Fotografía: Archivo UPRA.

2. Marco conceptual

2. Marco conceptual

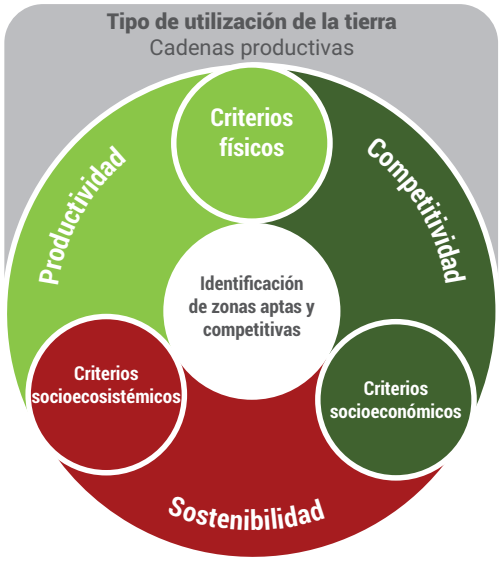
La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en tema central para el diseño de las políticas y las decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para una planificación efectiva del uso del suelo con fines productivos, los gobiernos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

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

Adicionalmente, la zonificación integra un proceso analítico jerárquico como técnica de análisis multicriterio, el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas de uso del suelo, donde se incluye la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan pesos a cada uno de los criterios. De esta forma, la zonificación apoya la planeación del uso del suelo necesaria para el diseño de estrategias y prioridades en materia de un desarrollo rural sostenible (figura 7).

La evaluación de tierras es un proceso que permite identificar y valorar usos específicos que se adaptan a condiciones específicas de las tierras evaluadas (FAO, 2007), cuya finalidad es proponer sistemas de uso apropiados, sostenibles a largo plazo. Aun cuando el marco de la FAO presenta limitaciones por centrarse 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.

Figura 7. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014a).

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 específico y sus

requerimientos climáticos, de suelos y fitosanitarios, se han precisado las principales características que inciden en su producción comercial. Este análisis permite identificar los criterios y variables de mayor incidencia en el desarrollo óptimo de las plantas.

El enfoque socioecosistémico reconoce los vínculos existentes entre los ecosistemas y el bienestar humano, donde cambios de uso del suelo están determinados por decisiones en el sistema social, que afectan directamente el estado de los ecosistemas y, por 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 funcionamiento tanto de los ecosistemas como de los sistemas sociales (Martín-López et al., 2009). Este enfoque 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 socioecosistémicos, la aptitud representa el potencial del territorio para el establecimiento y permanencia de una cadena productiva; las áreas con mayor aptitud son aquellas donde la actividad productiva genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o contribuyen 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).

Con relación a la zonificación, la competitividad se expresa en 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 familias dedicadas al negocio; es decir, la competitividad implica un proceso mediante el cual un cultivo necesita requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción.

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

- Considerar un enfoque multidisciplinario y sectorial para la zonificación de una cadena productiva.
- Usar un enfoque paralelo, 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

3. Metodología

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa 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 fundamenta en el análisis de tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, los cuales son 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 (figura 8).

- 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 fresa.
- 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 fresa.
- 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.

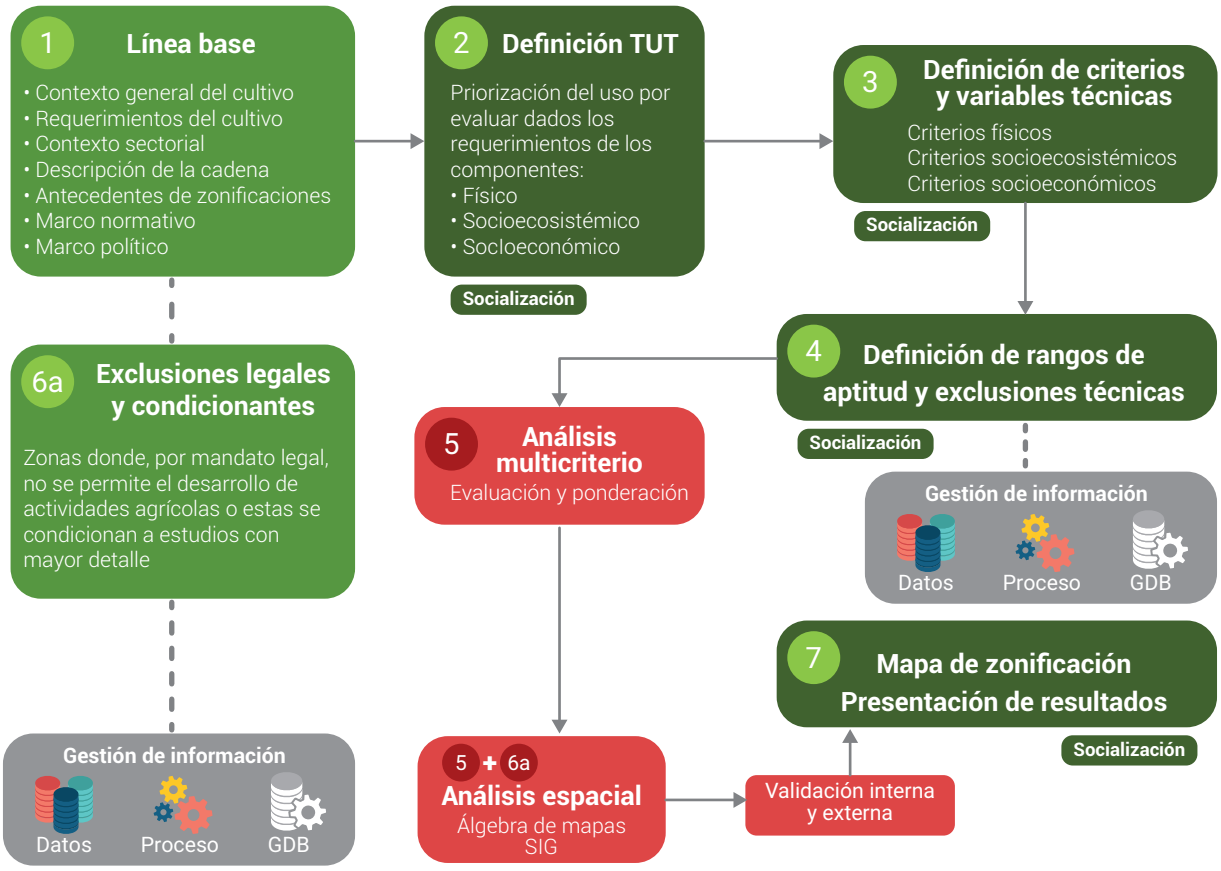
Por su parte, las variables son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y que son utilizadas como un medio para describir las cualidades de la misma (criterios).

Con base en el esquema metodológico propuesto para la zonificación de plantaciones forestales con fines comerciales (UPRA, 2014a), la figura 9 muestra el esquema metodológico de la zonificación de aptitud para cultivos comerciales en Colombia.

Figura 8. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Fuente: UPRA (2014a).

Figura 9. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2014a).

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 fresa 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 fresa (*Fragaria* × *ananassa*), 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 tienen en cuenta los requerimientos del cultivo, la caracterización de los sistemas de producción y la descripción de la cadena:

• Requerimientos del cultivo

La fresa es un cultivo que se adapta bien a muchos climas en el mundo, entre 0 y 3000 m s. n. m., aunque en Colombia su cultivo comercial se concentra en clima frío y frío moderado. La altitud óptima para este cultivo está entre 1800 y 2600 m s. n. m. (FAO, 1997; Ruiz y Piedrahita, 2012).

Los valores óptimos de temperatura se sitúan entre 14 °C y 20 °C, promedio anual. Temperaturas por debajo de 14 °C generan frutos deformes por frío, en tanto que un tiempo muy caluroso superior o igual a 20 °C puede originar una maduración acelerada y coloración muy rápida del fruto, en detrimento de un tamaño adecuado para su comercialización (Miranda, 2001; Pimentel y

Velázquez, 2010; Fischer y Orduz, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012; Guerrero *et al.*, 2014).

Para la fresa se recomienda una alta diferencia de temperatura entre día y la noche, dado que esta variación permite un balance entre el desarrollo de las hojas y el desarrollo floral (CCB, 2015).

La maduración de frutos se ve favorecida con temperaturas diurnas entre 18 °C y 25 ºC y en la noche entre 10 °C y 13 ºC. Sin embargo, aunque la fresa se considera altamente resistente al frío (heladas), para proteger la corona de la planta es importante que no alcance el punto de congelamiento durante la brotación.

Por su parte, la precipitación pluvial tiene un rango óptimo para este cultivo entre 900 mm/año y 1800 mm/año. El exceso de agua genera pudriciones en la raíz y promueve el desarrollo de enfermedades, que fácilmente infectan las hojas de mediana edad. Un exceso de agua en el momento de la maduración del fruto puede hacer que este se agriete y promueve el desarrollo de enfermedades (Miranda, 2001; Fischer y Orduz, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

El requerimiento hídrico del cultivo de fresa se encuentra entre 400 y 600 mm/año. En condiciones de exceso de agua, los rendimientos, la producción de masa seca y el área foliar disminuyen, se genera asfixia radicular y, si la planta sobrevive, aumenta su susceptibilidad a fitopatógenos del suelo (CCB, 2015). El promedio de consumo por planta es de 250 cm3 diarios, equivalente a 12 m^3/ha/día. Este valor puede fluctuar entre 12 y 16 m^3/ha/día (Flórez y Mora, 2010).

El número de horas brillo de solar óptimo para este cultivo se encuentra entre 3,5 y 6,0 horas/día. De acuerdo con Bonilla (2011), citado por CCB (2015), la fresa se divide en grupos de acuerdo con las horas de luz requeridas para cada variedad: de día largo, neutro o corto. Para Colombia la duración del día es muy similar durante el año, por lo que las variedades de día corto pueden presentar dos periodos de cosecha por temporada.

La planta de fresa es termoperiódica y fotoperiódica, es decir, su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. Las altas temperaturas y los días largos (más de doce horas de luz) provocan crecimiento vegetativo excesivo; las bajas temperaturas y días cortos inducen la floración (Miranda, 2001; Fischer y Orduz, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

El cultivo de fresa requiere humedad relativa menor de 80 % para un buen desarrollo. Humedades superiores ocasionan alta presión por enfermedades que limitan su productividad (Ruiz *et al.,* 1997; Miranda, 2001; Fischer y Orduz, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

Respecto al suelo, la planta de fresa requiere profundidad superior de 20 cm para el normal desarrollo del sistema de raíces; se comporta bien en texturas francas y en texturas arcillosas se dificulta el buen desarrollo de las raíces. El cultivo exige suelos muy bien drenados, de no ser así, puede inducir pudriciones radicales e impedimentos para la profundización del sistema de raíces. Se debe evitar el encharcamiento prolongado de los suelos para evitar la muerte de la planta por asfixia (FAO, 1997; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

Las pendientes planas o ligeras facilitan la mecanización y disminuyen el riesgo de erosión y degradación de los terrenos; también permite la mejora de la infraestructura de caminos, riego y drenajes (FAO, 1997; Ruiz y Piedrahita, 2012); se recomiendan pendientes menores de 12 %, dado que, para pendientes mayores, la mayor dificultad en la ejecución de prácticas de manejo puede llegar a afectar la rentabilidad del cultivo.

Los regímenes ústico y údico implican humedad limitada para las plantas cultivadas en la zona ecuatorial, pero para la fresa se consideran favorables para su desarrollo (FAO, 1997; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

El pH ideal para cultivo de fresa se encuentra en suelos ligeramente ácidos hasta neutros, entre 5,5 y 7,0, donde no se encuentran limitaciones para la absorción de nutrientes; la fresa soporta un bajo porcentaje de saturación de aluminio, menor a 1,1 % (FAO, 1997; FAO, 1999; Agüero, 2002; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012). Es un cultivo muy sensible a la salinidad, por lo que se recomiendan suelos con conductividades menores de 0,5 dS/m (Agüero, 2002; FAO, 1997; FAO, 1999; Ruiz y Piedrahita, 2012).

La demanda general de nutrientes por parte del cultivo es alta, por lo que se deben considerar, entre otros factores, la variedad seleccionada, la época de siembra, la fertilidad natural del suelo, el contenido de materia orgánica, el tipo de riego, la calidad del agua, el clima y el vigor de la planta (FAO, 1997; FAO, 1999; Agüero, 2002; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

Los suelos ideales para el crecimiento de la fresa tienen alto contenido de materia orgánica (superiores a 1,2 %), factor que genera un excelente drenaje interno, buena aeración y le permite proveer cantidades óptimas de agua, oxígeno y nutrientes a las raíces de las plantas; la materia orgánica del suelo también aporta nitrógeno (N) y puede variar de acuerdo con el tipo de suelo, desde 0,01 hasta 0,8 %. El N en un nutriente esencial durante el desarrollo vegetativo del cultivo. El fósforo (P) es necesario para el desarrollo de raíces, la síntesis energética, el proceso de intercambio de iones y síntesis de enzimas, entre otros. El P tiene una demanda intermedia durante la vida de la planta; su óptimo está alrededor de 100 mg de P_2O_5/kg (FAO, 1997; FAO, 1999; Agüero, 2002; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

A partir de los primeros meses del establecimiento del cultivo, se incrementan las necesidades de potasio (K), elemento indispensable para la floración, el llenado y la calidad de la fruta. A medida que la planta crece, la concentración de K en la hoja disminuye, con un valor óptimo de 0,3 me/100 g para este elemento. La deficiencia de carbono (Ca) está relacionada con la deformación de frutos y afecta la calidad del producto comercial; el requerimiento óptimo de Ca es de 0,36 me/100 g. Por su parte, el magnesio (Mg) tiene un requerimiento óptimo de 0,11 me/100 g. Las plantas con deficiencia de Ca presentan hojas pequeñas, con moteados y necrosis interna de la planta, en tanto que la falta de Mg se refleja en hojas inferiores cloróticas y necróticas en las puntas (FAO, 1997; FAO, 1999; Agüero, 2002; Miranda, 2012; Ruiz y Piedrahita, 2012).

• Caracterización de los sistemas de producción

El cultivo de la fresa en Colombia se realiza principalmente a campo abierto, lo que genera algunas limitaciones relacionadas con el ataque de plagas y enfermedades, sumadas a las causadas por otros factores relacionados con la exposición a condiciones climáticas adversas.

También se desarrolla, en menor proporción, bajo condiciones protegidas con un elevado costo de estructuras como invernaderos. Por otra parte, se ha venido implementando la tecnología de los macrotúneles para contrarrestar los efectos adversos del clima y el suelo. De estos últimos, se pueden distinguir dos tipos diferentes. Por un lado, los túneles o microtúneles, que cubren una sola era, y constan de una estructura formada por arquillos de 6 a 8 mm de diámetro, en hierro galvanizado y de unos 2 m de longitud; la otra estructura es el macrotúnel, que llega a cubrir de 7 a 9 eras de fresa. Los arcos son de 3 a 4 m de altura, que ofrece un espacio de trabajo cómodo y una mejor protección.

Por otra parte, en Colombia se presentan dos sistemas de producción de fresa: el primero, con siembra sobre suelo en eras, con acolchado plástico y riego por goteo; en cada era se disponen dos hileras de plantas, separadas 40 cm entre sí y con 30 cm entre planta y planta. Con este sistema se obtiene una densidad entre 50.000 y 55.000 plantas/ha. La planta debe sembrarse a una profundidad tal que el cuello de la raíz quede a nivel de suelo, de manera que no queden raíces expuestas, ni la corona enterrada.

El segundo sistema es semihidropónico o hidropónico sobre estructuras levantadas del suelo sobre un sustrato (cualquier material sólido natural, de síntesis, residual, mineral u orgánico, puro o mezclado, diferente al suelo que sirve de anclaje de la planta que puede intervenir o no en el proceso de aporte de nutrientes). El cultivo en sustratos permite el desarrollo de la planta con el aporte de una solución nutritiva.

La producción de fresa, como cultivo de autoconsumo, se lleva a cabo en sistema tradicional de pequeños productores o, como actividad comercial, en unidades agrícolas de pequeña extensión, dado el alto costo de producción que tiene el cultivo. A continuación se presenta una breve descripción de las prácticas agronómicas que se realizan a lo largo del cultivo, con base en lo reportado por Flórez y Mora (2010).

Para la producción comercial, la fresa se propaga por estolones, estructuras vegetativas provenientes de zona templada, especialmente de Chile o de EE. UU., que producen plantas registradas y certificadas, o suministran plantas registradas para su multiplicación en viveros comerciales que, a su vez, obtienen plantas certificadas. Por lo anterior, la multiplicación repetida de estolones a partir de plantas certificadas hecha por parte de los agricultores afecta paulatinamente los rendimientos, porque estas descendencias tienen menor vigor, presentan retraso en la floración y se constituyen en el principal medio de dispersión de plagas y enfermedades.

Una vez preparado el suelo, se levantan camas trapezoidales con la base mayor de 70 cm y base menor de 50 cm. La distancia aproximada entre camas está entre 40 cm a 50 cm. Después de armadas las camas, se aplica fertilización de fondo y se instala y prueba la línea o líneas de goteo. Se aplica riego para compactar la cama y evitar que se desarme durante la instalación del plástico de acolchado que tienen diferentes colores y calibres. El acolchado tiene como objetivos el aumento de la temperatura del suelo, el estímulo del desarrollo del sistema de raíces, la precocidad, el vigor y una mayor producción, el control de arvenses, la protección contra la erosión, la reducción de las pérdidas de agua por evaporación, el aumento del CO_2 bajo el polietileno, que facilita la disolución de P y K, la disminución de las pérdidas de N y el incremento de la asimilación y la disponibilidad de nitratos y sulfatos.

La densidad de siembra está entre 40.000 y 69.000 plantas/ha, en función de la variedad, la duración del cultivo, la fertilidad y la textura del suelo y la utilización de estructuras de forzado como invernaderos, microtúneles o macrotúneles.

Luego de la siembra, semanas después aparecen unas flores pequeñas que deben ser retiradas si la planta presenta poco desarrollo, con el fin de estimular el desarrollo vegetativo; si la planta presenta un buen desarrollo, esta labor no es necesaria.

Cuando la planta presenta excesivo desarrollo vegetativo florece débilmente, por lo que se requiere realizar poda de hojas para inducir la floración y promover la renovación de la planta. Los estolones se remueven a medida que aparecen para evitar pérdidas de energía y retraso en la fructificación. En un cultivo dedicado a la producción de fruta se deben eliminar todos los estolones para promover el desarrollo de coronas laterales, aumentar la superficie foliar y mejorar la fotosíntesis. A lo largo del cultivo hojas viejas, pecíolos y pedúnculos marchitos se deben eliminar, sin desprender las coronas; después de los ciclos fuertes de producción, es conveniente realizar podas de limpieza o sanitarias.

Durante el desarrollo del cultivo es necesario aplicar riego suplementario mediante cinta de goteo que se renueva en cada ciclo de cultivo. La fertirrigación debe considerar los requerimientos hídricos y nutricionales del cultivo, la fenología, los contenidos de nutrientes del suelo y del agua de riego, la solubilidad y compatibilidad de los fertilizantes, la tasa de inyección y el monitoreo de la solución, así como el tiempo y duración del riego.

El cultivo presenta diferentes plagas y enfermedades que causan daños en producción y calidad de la fruta. Para su manejo se implementan diferentes prácticas de control, con énfasis en la aplicación de plaguicidas de síntesis.

El fruto es muy perecedero no climatérico y, por lo tanto, la madurez fisiológica se alcanza solamente en la planta, por lo que requiere de una recolección manual con intervalos de dos a tres días. La fruta para consumo fresco se cosecha con el cáliz, sin que haya humedad sobre los frutos; para la agroindustria se cosecha sin cáliz para evitar manipulación adicional que genere daños. En Colombia los requisitos de madurez comercial permiten aproximadamente el 35 % de la superficie coloreada de rojo para el consumo de fruta fresca.

En poscosecha, la fresa aumenta ligeramente de tamaño y, como sucede en los frutos climatéricos, el color y la firmeza cambian, pero no presenta el aumento en la tasa de respiración característica del climaterio.

• Descripción de la cadena

La actividad productiva de la fresa es adelantada por la mayoría de agricultores con áreas relativamente pequeñas. Debido a la dispersión de las unidades de

producción y el tamaño de las explotaciones, dado por el alto costo por unidad de superficie, el acopio de la fruta se realiza generalmente a través de algún intermediario que los transporta hacia un mercado o comerciante mayorista. En esta fase, los agentes mayoristas fijan los precios para toda la cadena comercial, tanto a los productores como a los consumidores. A medida que el acopio es mayor, el número de agentes que interviene es menor.

La fase de distribución comienza en el eslabón mayorista, dado que a él acuden diferentes tipos de distribuidores minoristas: tenderos, supermercados, vendedores ambulantes, entre otros, para adquirir el producto y posteriormente venderlo a los consumidores finales, entre ellos hogares, restaurantes, hoteles, batallones, instituciones educativas y establecimientos industriales.

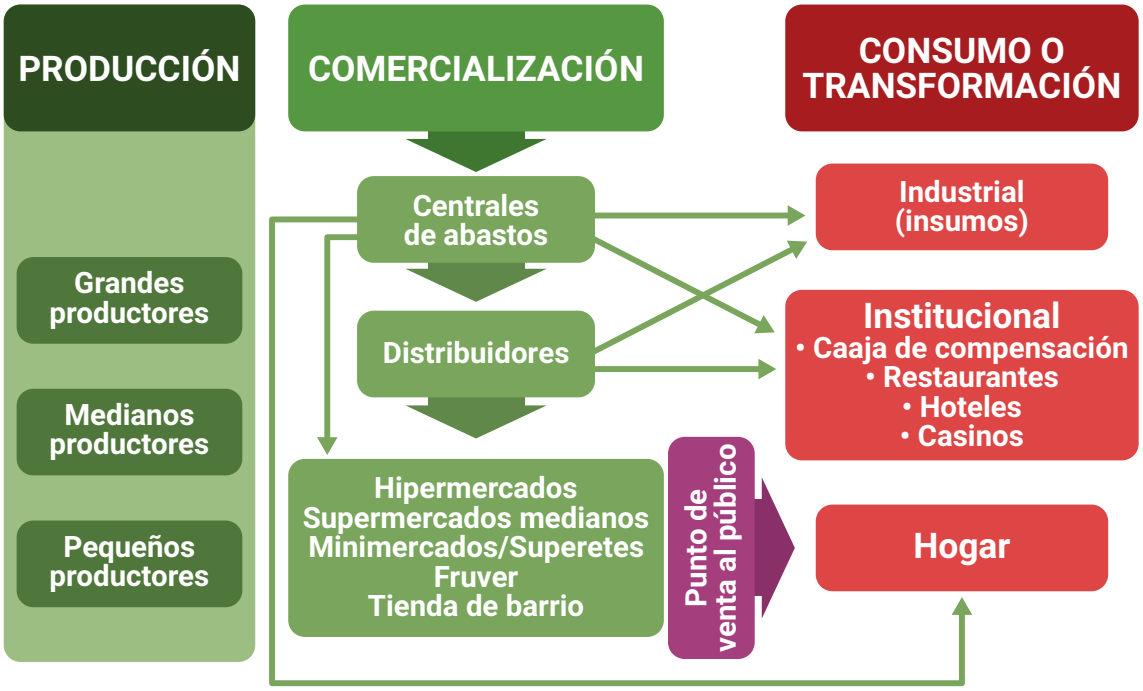
La figura 10 presenta la cadena de la fresa en Colombia, de acuerdo con el reporte de la CCB (2015).

3.2. Criterios de análisis jerárquico

3.2.1. Criterios físicos

A través del análisis de los elementos de este componente 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 fresa, se han precisado algunas características que identifican criterios y variables para su aplicación, agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico o del suelo y fitosanitario (figura 11).

Figura 10. Cadena de la fresa en Colombia



Fuente: CCB (2015).

Figura 11. Criterios y variables del componente físico

• **Subcomponente climático:** el conjunto cambiante de las condiciones atmosféricas propias de un lugar o región se caracteriza por los estados y evoluciones de las variables climáticas (precipitación, temperatura y humedad del aire, radiación, insolación, viento) durante un periodo largo de tiempo. Para la zonificación, se tomaron como criterio de evaluación las condiciones climáticas; según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo de fresa, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en las fases de desarrollo del cultivo, tales como la temperatura, la precipitación o lluvia y el brillo solar (cuadro 15).

Cuadro 15. Criterios y variables del subcomponente climático

Criterio	Definición	Descripción de variables
Condiciones climáticas	Conjunto de las condiciones meteorológicas correspondientes a un espacio geográfico específico, caracterizado por las estadísticas basadas en un periodo cronológico extenso de las variables o elementos climáticos referentes al estado de la atmósfera en dicho espacio. Cuando se hace referencia al clima se hace énfasis en los tres elementos climáticos más representativos e importantes desde el punto de vista de la producción del cultivo de fresa: la temperatura, la precipitación y el brillo solar.	**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.
		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 fresa. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un (1) litro de agua por metro cuadrado de superficie (10 m³ de agua/ha). El análisis de la información para la variable se realiza como lluvia anual, teniendo en cuenta su ciclo vegetativo.
		Brillo solar: cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre; también se denomina insolación.

• **Subcomponente edáfico:** el suelo, como cuerpo natural y complejo, tiene vital importancia en el desarrollo de los cultivos, porque la supervivencia de las especies vegetales depende de las características de este. El cultivo de la fresa requiere de condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento y desarrollo, donde las principales cualidades están referidas a la capacidad de laboreo, las condiciones de enraizamiento, la toxicidad por sales, sodio y aluminio, y la disponibilidad de nutrientes, entre otros (cuadro 16).

Fotografía: Archivo UPRA.

Cuadro 16. Criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Definición	Definición de la variable
Capacidad de laboreo	Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo de fresa implica la preparación del terreno y, en la mayoría de los casos, el uso de maquinaria. La capacidad para laborear el suelo depende de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil.	**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.
		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, 1990).
		Pedregosidad: 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 de 35 %). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas.
Condiciones de enraizamiento	Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas. Tienen relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, la profundidad hasta donde penetran las raíces sin obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes.	**Profundidad efectiva:** 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.
		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, 1990).
		Pedregosidad: 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 que 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.
Disponibilidad de humedad	Capacidad de 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.	**Régimen de humedad:** presencia o ausencia ya sea de un manto freático o del agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos, por periodos del año. Para el cultivo de fresa, los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. El régimen de humedad údico es el óptimo para este cultivo, debido a que se asocia con el régimen de lluvias bimodal. Sin embargo, la mayoría de los cultivos de fresa hoy en día utilizan sistemas de riego. En ese sentido, el régimen ústico llega a ser favorable.
		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, 1990).
Disponibilidad de oxígeno	Cualidad del suelo que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros del suelo permiten la libre circulación del CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.	**Susceptibilidad a inundaciones:** la inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento 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).
		Drenaje natural: tiempo 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).

Continúa »

Criterio	Definición	Definición de la variable
Disponibilidad de nutrientes	Capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y menores, esenciales para el desarrollo de las plantas.	**Acidez (pH):** logaritmo negativo de la actividad de iones H+ en la solución o suspensión del suelo (IGAC, 1979).
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC): capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, hierro, manganeso y amonio), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y la regularización de la disponibilidad de nutrientes. Se expresa en cmol/kg suelo.
		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).
		Carbono orgánico: principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, razón por la que 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).
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (hierro, manganeso, cloro, zinc y níquel), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, 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.	**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 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).
		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+++), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos y de movimientos en masa; integra las variables que causan o que originan dichos procesos. De acuerdo con los diferentes sistemas productivos y, en particular, con la cobertura del suelo, el cultivo de fresa puede prevenir la erosión si es manejado adecuadamente.	**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; 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. 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 fresa.

• **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 (temperatura, precipitación y humedad relativa) y algunas condiciones físicas del suelo (textura y drenaje natural) que inciden directamente en el proceso epidemiológico (aparición, inoculación, propagación e infección) de los agentes patógenos de mayor impacto en el cultivo de fresa. En función de este propósito, se consideraron como las más importantes para el cultivo comercial de fresa: *Phytophthora cactorum, Botrytis cinerea y Tetranychus urticae* (cuadro 17).

Cuadro 17. Criterio y variables del subcomponente fitosanitario

Criterio	Definición	Descripción de la variable
Riesgo fitosanitario	Conjunto de las principales condiciones climáticas (precipitación, temperatura y humedad relativa) junto a las condiciones edáficas (nivel de drenaje y textura) que explican el riesgo de inoculación, infección, propagación y daños causado por *P. cactorum*, *B. cinerea* y *T. urticae* en cultivos comerciales de fresa	***Phytophthora cactorum* asociada a temperatura, precipitación, drenaje natural y textura:** condiciones climáticas (temperatura y precipitación) y edáficas (drenaje natural y textura) que influyen sobre el establecimiento y desarrollo de la enfermedad causada por *Phytophthora cactorum*, patógeno causante de la pudrición de la raíz en el cultivo de fresa.
		***Tetranychus urticae* asociada a 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. Para el riesgo fitosanitario, es la medida del estado térmico del aire que condiciona la aparición, infección y desarrollo de las limitantes fitopatogénicas.
		***B. cinerea* asociada a temperatura y humedad relativa:** condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) que influyen sobre el desarrollo de la enfermedad producida por *Botritis cinerea* en el cultivo comercial de fresa.

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 en el que 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 MADS, 2012, citados por UPRA, 2014a).

Este enfoque, dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa, 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 a la sociedad, la economía y la cultura, sin sesgar el desarrollo de nuevas actividades por una conservación a ultranza o por puntos de vista totalmente desarrollistas, 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 de orden 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, función y dinámica ecológica (figura 12).

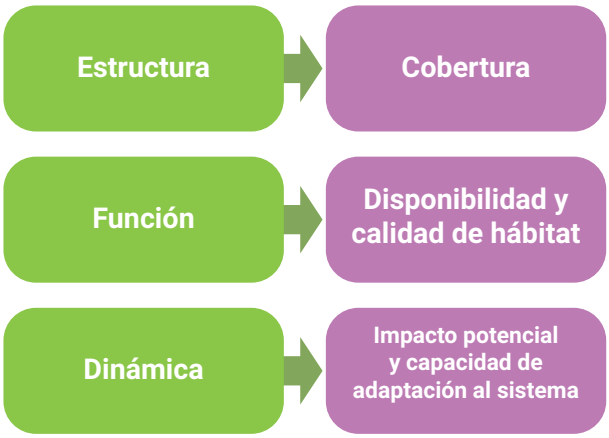
Estos atributos se evaluaron a partir de los siguientes criterios: cobertura de la tierra (estructura), integridad ecológica (función), huella ecológica y transformación (dinámica).

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

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

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 fresa (figura 13 y cuadro 18).

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



Fuente: UPRA (2014a).

Figura 13. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Cuadro 18. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Definición	Descripción de la variable
Cambio de cobertura	Determina la 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.	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 fresa, bajo una visión integral del territorio. Así mismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas de menor impacto socioecosistémico como producto del cambio para el establecimiento del cultivo.
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.	**Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN):** 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.
		Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica: 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.
		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 de importancia para la conservación de aves (AICA); así, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor es la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de fresa, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento y desarrollo de cultivo de fresa es mayor.
Apropiación de agua	Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie de fresa, para su crecimiento como materia prima, para el sustento del cultivo y para la producción de fresa.	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 fresa. 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 fresa.	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 de la cobertura vegetal	Permite medir la 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 fresa establecidas en una zona determinada.	Los incendios de la cobertura vegetal son uno de los mayores peligros para cualquier tipo de cultivo, dado que estos eventos pueden llegar a afectar desde unos pocos individuos hasta destruir un cultivo por completo, y generan 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; Porter, 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 fresa 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 los cultivos de fresa con fines comerciales; con esto, permiten mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los empresarios y familias dedicadas al negocio de la fresa.

Con base en la definición planteada, la competitividad del cultivo de fresa con fines comerciales implica un proceso que tiene en cuenta los requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción. Estos requerimientos y condiciones son los criterios o variables estructurales que conducen hacia la competitividad, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades relacionadas con el cultivo comercial de la fresa. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso, del cultivo comercial de fresa.

Un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, acceso a mercado laboral, disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros, entre otros aspectos; todo lo anterior redundará en beneficio del productor de fresa y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista en el cultivo comercial de fresa 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 de fresa 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:

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

Donde:

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

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

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

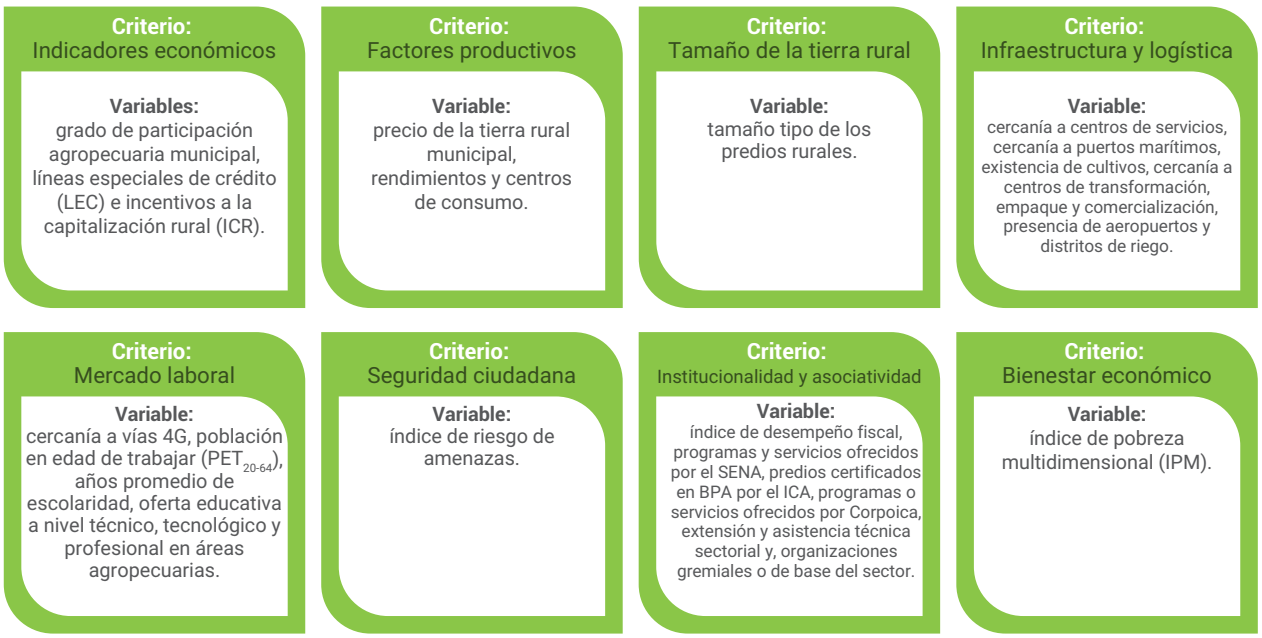
El IC calculado generó una puntuación de 0 a 1; este resultado corresponde a la posición o puesto que ocupó este municipio en la aptitud competitiva, para la variable en consideración, con respecto a los demás municipios del país.

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 de las categorías calculadas anteriormente.

En la figura 14 y en el cuadro 19, se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 14. Criterios y variables del componente socioeconómico



Cuadro 19. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Definición	Descripción de la variable
Indicadores económicos	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, mide 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
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, la distancia a los centros de consumo de la fruta.	**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.
		Rendimientos: peso por unidad de superficie cosechada de un producto vegetal. En general, se representa como t/ha.
		Centros de consumo: centros poblados donde normalmente existe demanda de consumo para la cadena productiva.
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 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 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 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.

Continúa »

Criterio	Definición	Descripción de la variable
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 relacionados con la obtención de insumos básicos requeridos en el proceso productivo (por ejemplo: soldadores, ferreterías, mangueras, agroquímicos, entre otros).
		Cercanía a puertos marítimos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (en este caso, un puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional.
		Existencia de cultivos: área sembrada con fresa 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.
		Presencia de aeropuertos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto aéreo internacional) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo, con miras a la exportación.
		Distritos de riego: presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según su tamaño (Incoder, 2015).
Mercado laboral	Condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de fresa en el nivel municipal.	**Cercanía a vías 4G:** área geográfica donde se lleva a cabo la construcción del nuevo plan de vías soportados por el Ministerio de Hacienda Nacional y el Instituto Nacional de Vías en la geografía nacional. 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 (PET_{20-64}): personas de determinada edad a partir de la cual se consideran en capacidad de trabajar. Por la información disponible en un municipio, a esta variable se incorporó la población entre los 20 y 64 años de edad, en capacidad de trabajar.
		Años promedio de escolaridad: número de años promedio de estudios cursados y aprobados por la población de 15 años o más en un nivel municipal.
		Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias: oferta educativa de nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias, existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, 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 principalmente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014).

Continúa »

Criterio	Definición	Descripción de la variable
Institucionalidad y asociatividad	Condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del subsector de la fresa. Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, porque su apoyo a los procesos productivos y comerciales se constituye en un elemento central para la competitividad.	**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.
		Programas y servicios que ofrece el SENA: facilidad con la que se puede alcanzar desde un sitio en el territorio el centro más cercano del Servicio Nacional de Aprendizaje, que ofrece programas de formación profesional integral para la incorporación, el cual ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos que intervienen 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 ofrece programas y servicios especializados como Jóvenes Rurales Emprendedores, Escuelas Líderes Cedagro-SER, SENA Emprende Rural, Jóvenes en Acción, y otros relacionados con modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimiento de frutas y hortalizas, 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.
		Predios certificados BPA por el ICA: número de predios certificados en buenas prácticas agrícolas (BPA) por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.
		Programas o servicios ofrecidos por Corpoica: facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica, el cual 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. 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.
		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. En término sectorial, está referido tanto al sector agropecuario en general como al sector de la fresa.
		Organizaciones gremiales o de base del sector: sedes de Asohofrucol que hacen presencia en los municipios.
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 con el concepto de competitividad.	**Índice de pobreza multidimensional (IPM):** grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres (DNP, 2010). 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.

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa, 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, 2014a), las cuales corresponden a cuatro categorías de aptitud, una categoría de exclusiones legales y una categoría de condicionantes legales (cuadro 20).

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

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 fresa.
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 fresa.

Fuente: UPRA (2014a).

Desde el componente físico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1), donde, dados los requerimientos específicos del cultivo en términos de clima y suelos, se presentaron unas restricciones que imposibilitan el desarrollo de la actividad de la producción comercial de fresa. En el cuadro 21 se registran los rangos de aptitud desde el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas (N1).

Cuadro 21. Rangos de aptitud definidos desde el componente físico

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad	Aptitud			
				A1	A2	A3	N1
Climático	Condiciones climáticas	Precipitación total	mm/ año	≥ 1000 - ≤ 2000	≥ 500 - ≤ 1000 y > 2000 - ≤ 2500	> 2500 - ≤ 3000	< 500 y > 3000
		Temperatura media	°C/año	≥ 12 - ≤ 16	≥ 8 - < 12 y > 16 - ≤ 18	> 18 - ≤ 20	< 8 y > 20
		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	Cualitativo	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, L, ArA, ArL	A, AF, Ar	-
		Pedregosidad	Cualitativo	No pedregoso	-	-	Pedregoso
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	Cm	> 50	≥ 25 - ≤ 50	-	< 25
		Textura	Cualitativo	F, FL, FA, FArA, L, A, AF	FAr, FArL, ArA, ArL	Ar	-
		Pedregosidad	Cualitativo	No pedregoso	-	-	Pedregoso

Continúa »

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad	Aptitud			
				A1	A2	A3	N1
Edáfico	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Cualitativo	Údico y ústico	-	Ácuico	Arídico y perácuico
		Textura	Cualitativo	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL	FA, L, F, FL	A, AF	-
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Cualitativo	No hay	Ocasionales	-	Frecuentes y muy frecuentes
		Drenaje natural	Cualitativo	Bueno y excesivo	Moderado	Imperfecto y pobre	Muy pobre
	Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)	pH	5,5-6,5	5,1-5,4 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	≥ 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	% sodio intercambiable (PSI)	≤ 5	> 5 - ≤ 10	> 10 - ≤ 15	> 15
			dS/m	≤ 2	-	> 2 - ≤ 4	> 4
		Saturación de aluminio	Porcentaje %	≤ 30	> 30 - ≤ 60	> 60	-
	Susceptibilidad a pérdida de suelos	Pendiente	Porcentaje %	< 25	≥ 25 - < 50	≥ 50 - < 75	≥ 75
		Erosión actual	Cualitativo	No hay y ligera	Moderada	-	Severa y muy severa
		Susceptibilidad a movimientos en masa	Cualitativo	Muy baja; baja	Media	Alta; muy alta	-
Fitosanitario	Riesgo fitosanitario	*Phytophthora cactorum* asociado a temperatura, precipitación, drenaje natural y textura	°C	≤ 12	> 12 - < 16	≥ 16	
			mm/anual	< 500	≥ 500 - ≤ 1500	> 1500	-
			Clase de drenaje	Excesivo, bien drenado y moderado	Imperfecto	Pobre y muy pobremente drenado	-
			Clase textural	A, AF, FA	L, F FL,	Ar, ArA, ArL,FAr, FArA, FArL	-
		Tetranychus urticae asociado a temperatura	°C	< 16	≥ 16 - ≤ 24	> 24	-
		B. cinerea asociada a temperatura y humedad relativa	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 16	> 16	-
			Porcentaje %	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85	-

Desde el componente socioecosistémico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1), las cuales están referidas a dos categorías. La primera hace referencia al criterio de cambio de cobertura, donde las áreas de exclusión corresponden a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, superficies de aguas y territorios artificializados. Estas áreas se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido, deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual, por lo tanto no puede establecerse el cultivo comercial de fresa.

La segunda categoría involucra aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después de 2010, 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, 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 medio ambiente y la economía del país.

La exclusión en áreas deforestadas después del 2010 se enmarca en los siguientes documentos:

- «Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono» (MADS, s. f.);
- «Estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo» (MADS, s. f.).

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

Cuadro 22. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico

Criterio	Variable	Aptitud			
		A1	A2	A3	N1
Cambio de cobertura	Cobertura de la tierra	Aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas donde predominan las áreas de cultivos permanentes, de materias primas industriales.	Aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos enmalezados y los cultivos permanentes herbáceos, y cultivos permanentes arbustivos.	Aquellas coberturas donde predominan los cultivos de ciclo corto o permanentes dedicados a la producción de alimentos humanos, también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para cultivos de fresa, mosaicos de cultivos, pastos limpios, cultivos agroforestales, adicionalmente incluye algunos herbazales densos de tierra firme.	Coberturas no favorables para el establecimiento de cultivos de fresa son aquellas excluidas técnicamente. 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.

Continúa »

Criterio	Variable	Aptitud			
		A1	A2	A3	N1
Integridad ecológica	IE = a(CECN) + b(INAT) + c(ACES) Donde: a = 0,6175, b = 0,2968 y c = 0,0856				
	Conectividad estructural de las coberturas naturales	0,13-0,49	≥ 0,49 - ≤ 0,82	0,82-1,00	No aplica
	Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica (%)	(0-50) Inat muy baja (vital) Baja (estratégica y moderada)	(≥ 50 - ≤ 75) Inat alta	(75-100) Inat muy alta	No aplica
	Áreas de concentración de especies sensibles	Áreas prioritarias de conservación (APC)			
		(< -10,02) ln D Áreas sin identificación de APC	(-10,02 a -2,77) ln D APC con baja y muy baja densidad de especies sensibles	(-2,76 a 6,42) ln D APC con moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles	No aplica
		Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)			
		(< -8,085) ln D Áreas sin AICA	(-8,085 a -4,189) ln D AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles	(-4,189 a 1,67) ln D AICA con densidad moderada de especies sensibles	No aplica
		Áreas Críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios			
		Valoración cualitativa de riqueza mediante la reclasificación de aptitud para el cultivo de fresa de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque. Se tienen en cuenta los períodos estacionario y migratorio.			No aplica
Apropiación de agua	A1 = IUA A1 - USO A1 A2 = IUA A2 - USO A1, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A2 A3 = IUA A3 - USO A1, IUA A3 - USO A2, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A3, IUA A3 - USO A3				
	Apropiación de agua	Uso consuntivo (USO)			No aplica
		< 8500	≥ 8500 - ≤ 11.900	> 11.900	
		Índice de uso del agua (IUA)			
		> 15.715,28	≤ 15.715,28 - ≥ 3545,11	< 3545,11	
Variación del contenido estimado de carbono	Variación del contenido estimado de carbono	< -20	> 0 ≥ -20	≥ 0	No aplica
Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	Amenaza de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	No aplica

A partir del componente socioeconómico, los municipios se clasificaron solamente en tres categorías de aptitud competitiva (A1, A2 y A3). Ningún municipio se clasificó como no apto (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos cuya variación responde a factores exógenos. En el cuadro 23 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.

Cuadro 23. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico

Criterio	Variables	Unidad dimensional de la variable	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 créditos otorgados ≥ $ 3 millones	Municipios con líneas especiales de créditos otorgados < $108.000 hasta $ 3 millones	Municipios sin historial
		Índice de competividad (IC)	IC ≥ 0,072	IC < 0,072	
	Incentivo a la capitalización rural (ICR)	Pesos	Municipios con ICR otorgados ≥ $ 5,5 millones	Municipios con ICR otorgados < $ 723.000 hasta $ 5,5 millones	Municipios sin historial
		Índice de competividad (IC)	IC ≥ 0,0836	IC < 0,0836	
Tamaño de la tierra rural	Tamaño tipo de los predios rurales	Unidad Agrícola Familiar (UAF)	Predios < 2 UAF	Predios entre 2 y 5 UAF	Predios ≥ 5 UAF
Factores productivos	Precio de la tierra rural	Pesos	Municipios < $ 2 millones	Municipios entre $ 2 y $ 10 millones	Municipios > $ 10 millones
	Rendimientos	t/ha	Municipios > 35,50 t/ha	Municipios entre 26 t/ha y 35,50 t/ha	Municipios < 26 t/ha
	Centros de consumo	Kilogramos	Municipios > 162.157 kg	Municipios entre 29.038 kg y 162.157 kg	Municipios < 29.038 kg
Infraestructura y logística	Cercanía a centros de servicios	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 horas y 4 horas	Municipios > 4 horas
	Cercanía a puertos marítimos	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 horas y 4 horas	Municipios > 4 horas
	Existencia de cultivos	Hectáreas	Municipios > 35 ha	Municipio entre 12 ha y 35 ha	Municipios < 12 ha
	Presencia de aeropuertos	Categorías	Categoría A	Categoría B	Categoría C
	Cercanía a centros transformación, empaque y comercialización	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 horas y 4 horas	Municipios > 4 horas
	Distritos de riego	Tamaño	Municipios con distritos de riego de gran tamaño	Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	Municipios sin distrito de riego

Continúa »

Criterio	Variables	Unidad dimensional de la variable	Aptitud		
			A1	A2	A3
	Población en edad de trabajar (PET_{20-64})	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,01015	IC ≥ 0,00419 y ≤ 0,01015)	IC < 0,00419
		Personas	Municipios > 50.000 personas	Municipios entre 20.000 y 50.000 personas	Municipios < 20.000 personas
	Años promedio de escolaridad	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,6510	IC ≥ 0,3835 y ≤ 0,6510	IC < 0,3835
		Años	Municipios > 5 años	Municipios entre 3 años y 5 años	Municipios < 3 años
	Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Número de programas	4 o más	2 o 3	1 o ninguno
	Cercanía a vías 4G	Horas	Municipios > 2 horas	Municipios entre 1 horas y 2 horas	Municipios <1 hora
Seguridad ciudadana	Índice de riesgo de amenazas	Índice de competitividad (IC)	≤ 0,42	> 0,42 y ≤ 0,58	> 0,58
			IC ≥ 0,720	0,519 ≤ IC ≤ 0,720	IC < 0,519
Institucionalidad y asociatividad	Índice de desempeño fiscal	Índice de competitividad (IC)	IC ≥ 0,655	0,476 ≤ IC < 0,655	IC<0,476
		Índice	≥ 70,02 y ≤ 90,73	≥ 60,00 y < 70,02	≥ 33,23 y < 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 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
Bienestar económico	Índice de pobreza multidimensional (IPM)	Índice de competitividad (IC)	< 64	Entre 64 y 83	> 83
			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 fresa 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 identifica la normatividad que regula la realización de actividades productivas agrícolas, en este caso en particular para el cultivo de fresa, 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 que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial debe proceder a través de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana.

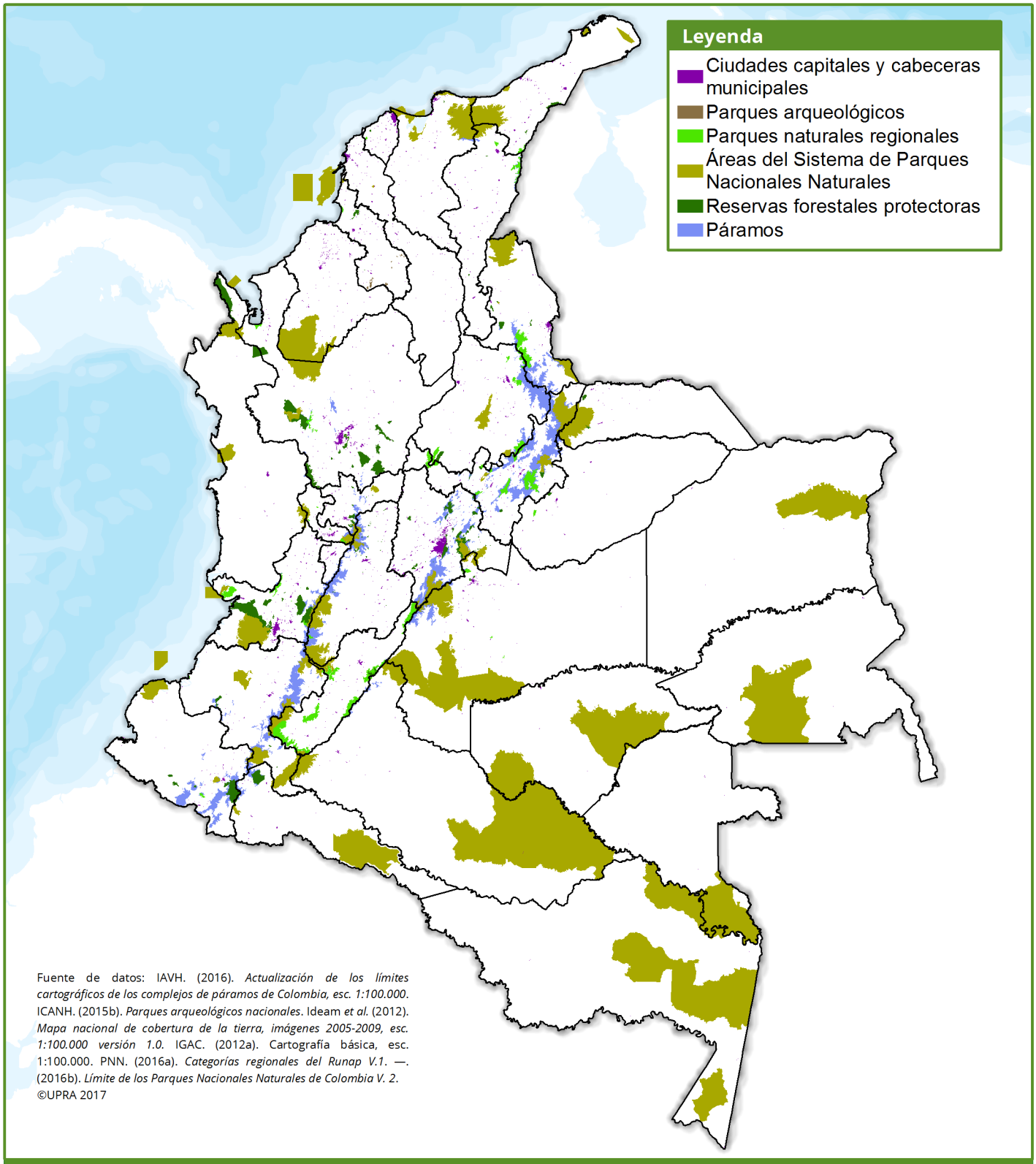
El cuadro 24 presenta las exclusiones legales, en tanto que el cuadro 25 los condicionantes legales definidos para la zonificación de aptitud del cultivo de fresa.

Fotografía: Archivo UPRA.

Cuadro 24. Exclusiones legales

Variable	Áreas de exclusión
Ecosistemas estratégicos (páramos)	**Páramos:** en lo referente a los ecosistemas de páramo, es necesario referirse a la Ley 1753 de 2015, por la cual se expide el «Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país"», establece en su artículo 173 que en las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias. Así mismo, define que es responsabilidad de la autoridad ambiental regional elaborar los estudios técnicos que permitan caracterizar el contexto ambiental, social y económico de las áreas de páramos (Ley 1753 de 2015). La Sentencia C-035 de 2016, proferida por la Corte Constitucional, establece que ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema. 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.
Áreas protegidas	**Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales:** forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de: los parques nacionales naturales, el área natural única, las reservas naturales, los santuarios de fauna, los santuarios de fauna y flora y la vía parque. De conformidad con el artículo 30 de Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.
	Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada, 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.
	Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada, y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.
Áreas urbanas y suburbanas	**Tejido urbano continuo y discontinuo:** 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.
Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)	**Parques arqueológicos:** están a cargo del Instituto Colombiano de Antropología e Historia y se crean como espacios de conservación, divulgación e investigación en torno al patrimonio arqueológico y cultural de la nación y como patrimonio de la humanidad, por lo cual deben ser salvaguardados, protegidos y conservados por el Estado con el propósito de que sirva de testimonio de la identidad cultural nacional, 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).

Figura 15. Mapa de exclusiones legales



Fuente de datos: IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, esc. 1:100.000*. ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos nacionales*. Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1*. —. (2016b). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V. 2*.
©UPRA 2017

Exclusiones legales

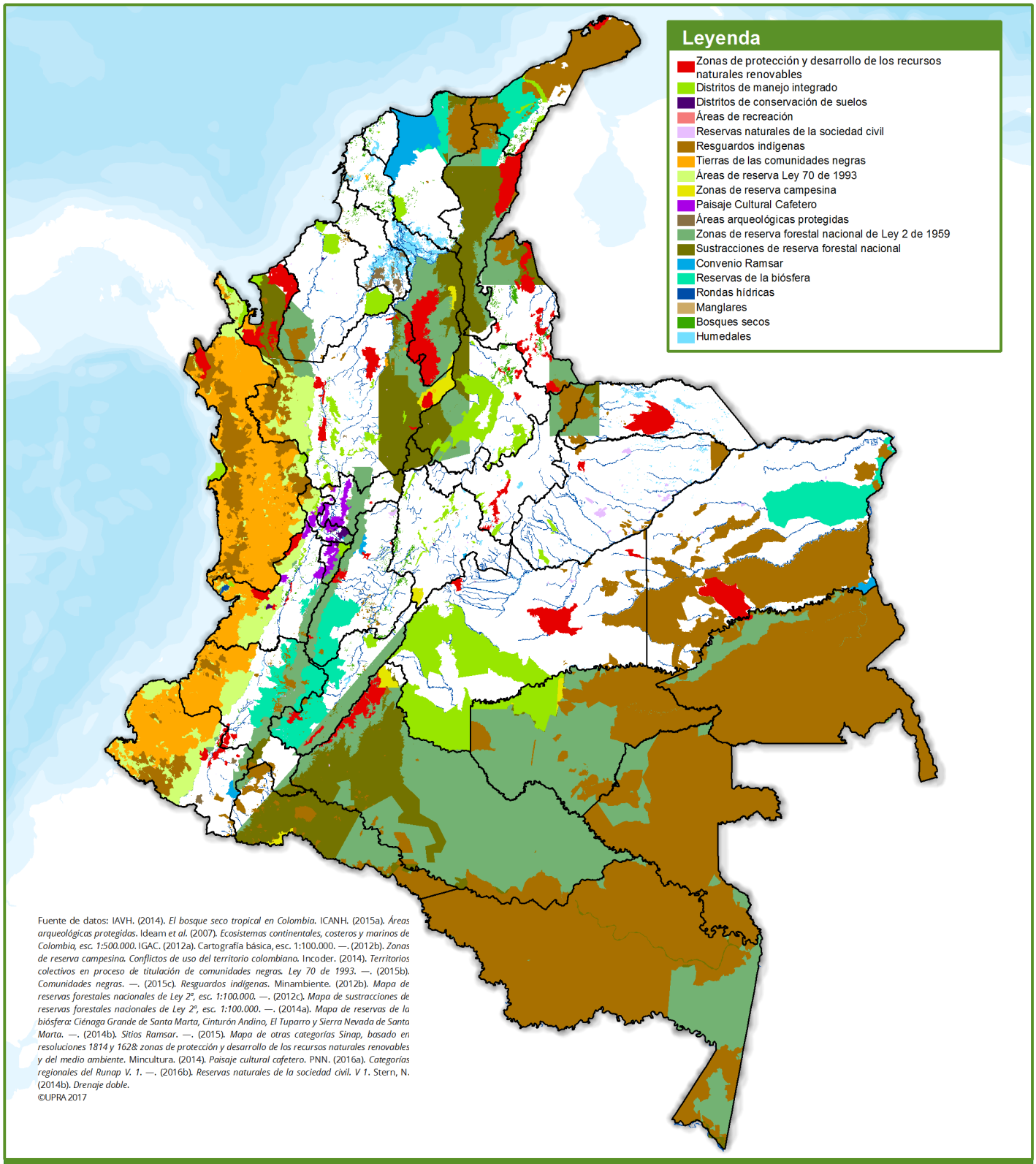
Cuadro 25. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	**Humedales:** el Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, 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. El artículo 172 de la Ley 1753 de 2016 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. Cuando sea efectuado el deslinde y delimitación de un humedal que no pertenezca al Convenio Ramsar, se determina un plan de manejo especial, precave una serie de usos a saber como usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos. De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa respectiva de humedales estará supeditada a ser considerada una vez: 1) sea delimitada; 2) zonificada 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.
	Manglares: ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del MADS). Para su conservación, el MADS desarrolló el Programa Nacional para el Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar, en 2002. En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área del manglar y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995 del MADS).
	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 número 135 de 1961 y el Decreto-ley número 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 ancha, paralela a las líneas de marea máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua». De esta manera, considerando el principio de precaución y las disposiciones planteadas, la capa de rondas hídricas estará supeditada a ser considerada como exclusión legal para las actividades agropecuarias, una vez: 1) sea delimitada; 2) zonificada y 3) sean determinados sus respectivos usos, expedido por la autoridad ambiental competente y, por ende, será una capa flotante cuya estimación de condicionante pende de la determinación de los usos compatibles y prohibidos.
	Bosques secos: forman parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo 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 MADS desarrolló un Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (PAN) 2005, a través del cual se buscan 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.
Áreas protegidas	**Distritos de manejo integrado (DMI):** de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.
	Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.
	Áreas de recreación: conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.
	Reservas naturales de la sociedad civil: conforme al artículo 1 del Decreto 1996 de 1999, corresponde a la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales.
	Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del 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).

Continúa »

Condicionante	Descripción
Zonas de reserva forestal nacional	**Zonas de reserva forestal nacional de ley 2.ª:** 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.
	Sustracciones de las reservas forestales de ley 2.ª: 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 MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción, por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede dar otro uso.
Distinciones internacionales	**Reservas de la biósfera:** de acuerdo con la «Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural» (Unesco, 1972), los Estados parte se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (artículo 6) y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (las reservas de la biósfera son el cinturón andino, el Tuparro, sierra nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, Seaflower).
	Ramsar: la «Convención sobre los Humedales de Importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos. Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, aprueba la «Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas»; como parte contratante de la convención, se obliga 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).
Áreas de interés cultural y social	**Tierras de las comunidades negras:** 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: según el artículo 80 de la Ley 160 de 1994, «son Zonas de Reserva Campesina, las áreas geográficas seleccionadas por la Junta Directiva del Incora, teniendo en cuenta las características agroecológicas y socioeconómicas regionales. En los reglamentos respectivos se indicarán las extensiones mínimas y máximas que podrán adjudicarse, determinadas en Unidades Agrícolas Familiares, el número de estas que podrá darse o tenerse en propiedad, los requisitos, condiciones y obligaciones que deberán acreditar y cumplir los ocupantes de los terrenos. En las Zonas de Reserva Campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción».
	Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen y, conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una o más comunidades indígenas que, con un título de propiedad colectiva que goza de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (artículo 21, Decreto 2164 de 1995). El condicionante se fundamenta en lo establecido por la «Constitución Política de Colombia» (artículos 63 a 329), la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989.
	Paisaje cultural cafetero: está inscrito en la lista de patrimonio mundial desde el 25 de junio de 2011 y ratificado por el Gobierno nacional mediante la Resolución 2079 del Ministerio de Cultura, del 7 de octubre de 2011, cuyo artículo 3 dice: «Velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del paisaje cultural cafetero en la Lista de patrimonio mundial de la Unesco» (Resolución 2079 de 2011).
	Áreas arqueológicas protegidas: las 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 Instituto Colombiano de Antropología e Historia, que permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Figura 16. Mapa de condicionantes



Fuente de datos: IAVH. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia.* ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas.* Ideam *et al.* (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, esc. 1:500.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (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.* —. (2015b). *Comunidades negras.* —. (2015c). *Resguardos indígenas.* Minambiente. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000.* —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000.* —. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.* —. (2014b). *Sitios Ramsar.* —. (2015). *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.* Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero.* PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V. 1.* —. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. V 1.* Stern, N. (2014b). *Drenaje doble.*
©UPRA 2017

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 emplea en la definición de opciones estratégicas de tipo físico, socioecosistémico y socioeconómico, en función de identificar los sitios donde es más adecuado establecer y desarrollar cultivos comerciales.

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

3.5.1. Proceso analítico jerárquico (AHP)

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; así mismo, 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 atribuyeron valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas y se entregó 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 logró medir cómo contribuyó cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprendió. Para estas comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (cuadro 26).

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

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

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

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

Se tiene que A es una matriz de comparaciones pareadas de n criterios (cuadro 27); 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 está comparando el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia aij automáticamente es el valor recíproco de a_{ij}, es decir $1/a_{ij}$.

Cuadro 27. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

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

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

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

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

$$(P_1 * criterio_1) + (P_2 * criterio_2) + \ldots + (P_n * criterio_n)$$

Donde:

n = número de criterios

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

El cuadro 28 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa. El cuadro 29 contiene los pesos relativos de cada criterio que resultan de la corrida de la matriz con el *software* PriEsT.

Fotografía: Archivo UPRA.

Cuadro 28. Matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa

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 29. Ponderación de criterios para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa

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

Total físico	**53,1 %**
Total socioeconómico	**23,7 %**
Total socioecosistémico	**23,2 %**

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

$$S = \sum W_i * X_i$$

Donde:

S = mapa con categorías de aptitud
Wi = peso del criterio i
Xi = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud)

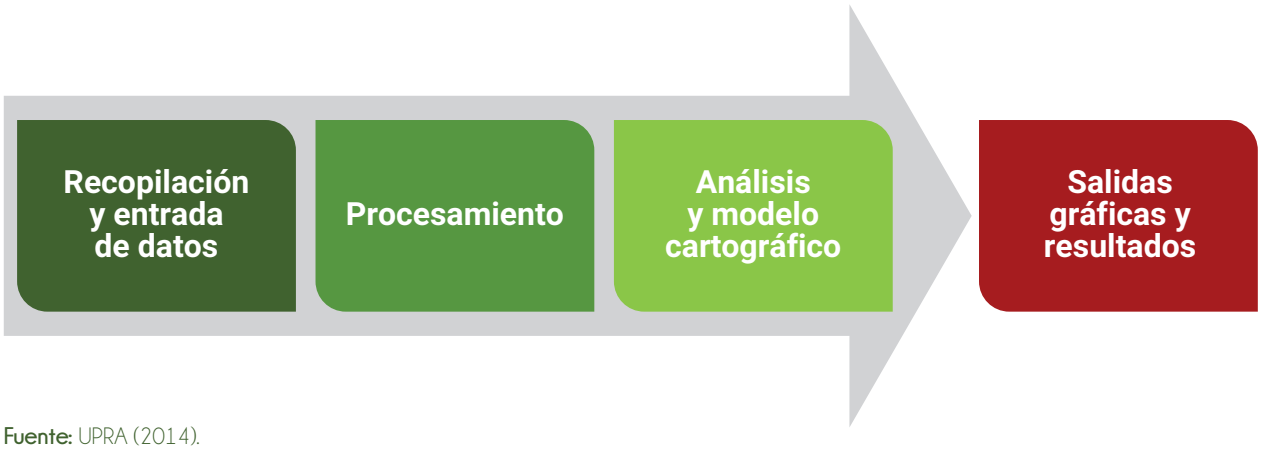
El análisis estadístico utilizando el software PriEsT indicó una consistencia del 98,4 %.

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 incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información (generalmente ráster), con el propósito de producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso de zonificación de aptitud, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención de los mapas de aptitud del cultivo comercial de fresa. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 17.

Figura 17. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

- **Recopilación de información:** consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) usada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de la misma.
- **Procesamiento de la información:** abarcó una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplearon para la estandarización o reescalamiento de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para la zonificación.
- **Análisis de la información:** consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio de acuerdo con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos entre 0 y 3, que indicaban la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran conformados por variables continuas, el análisis se realizó mediante algunas estadísticas de la variable, asignando directamente la calificación de la categoría de aptitud. Esta etapa del proceso también abarcó el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas de variables y criterios generados por cada componente, la integración de estas capas, ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio, y la integración de las exclusiones legales y condicionantes.

  Uno de los procedimientos de mayor uso en esta fase fue el álgebra de mapas, una serie de procedimientos que, operando sobre una o varias capas en información –en este caso, los mapas generados de cada criterio–, permitían obtener

información derivada cuyo resultado fue el mapa de zonificación de aptitud.

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

En la figura 18 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa, a escala 1:100.000. En las figuras 19 a 21 se identifican los modelos cartográficos por cada componente (físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente), así como las exclusiones legales y los condicionantes (figuras 22 y 23).

Fotografía: Archivo UPRA.

Figura 18. Modelo cartográfico integral

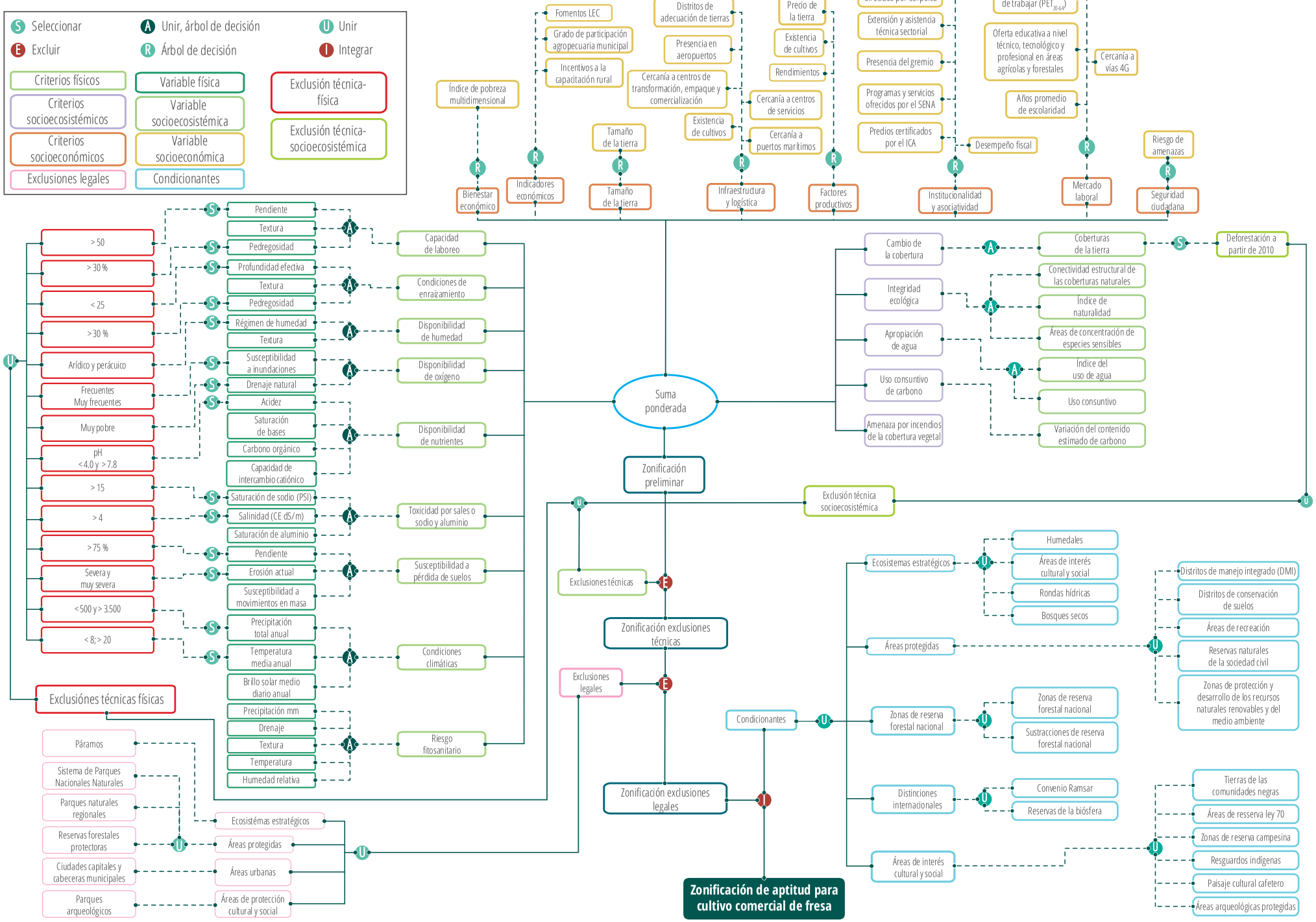


Figura 19. Modelo cartográfico del componente físico

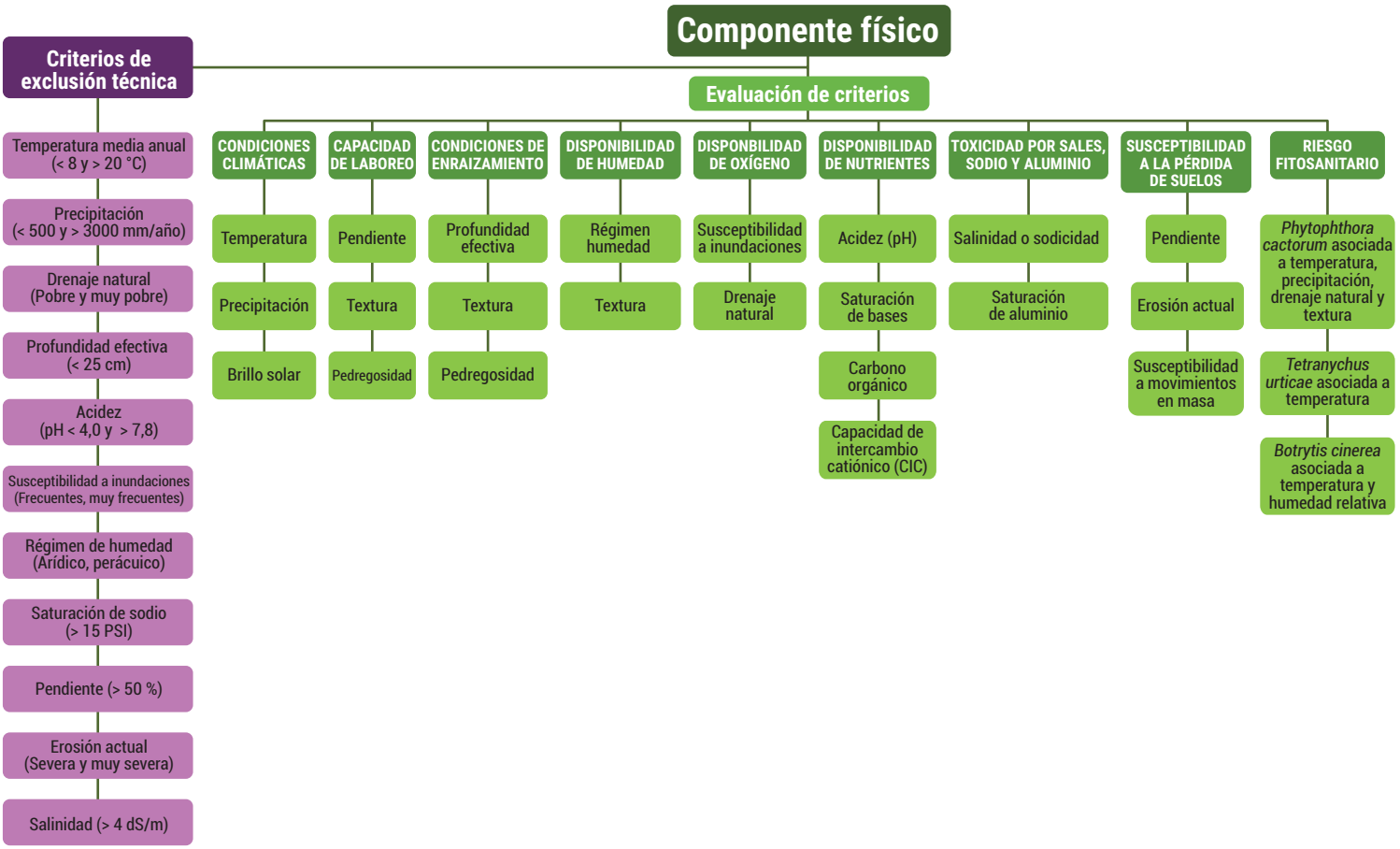


Figura 20. Modelo cartográfico del componente socioecosistémico

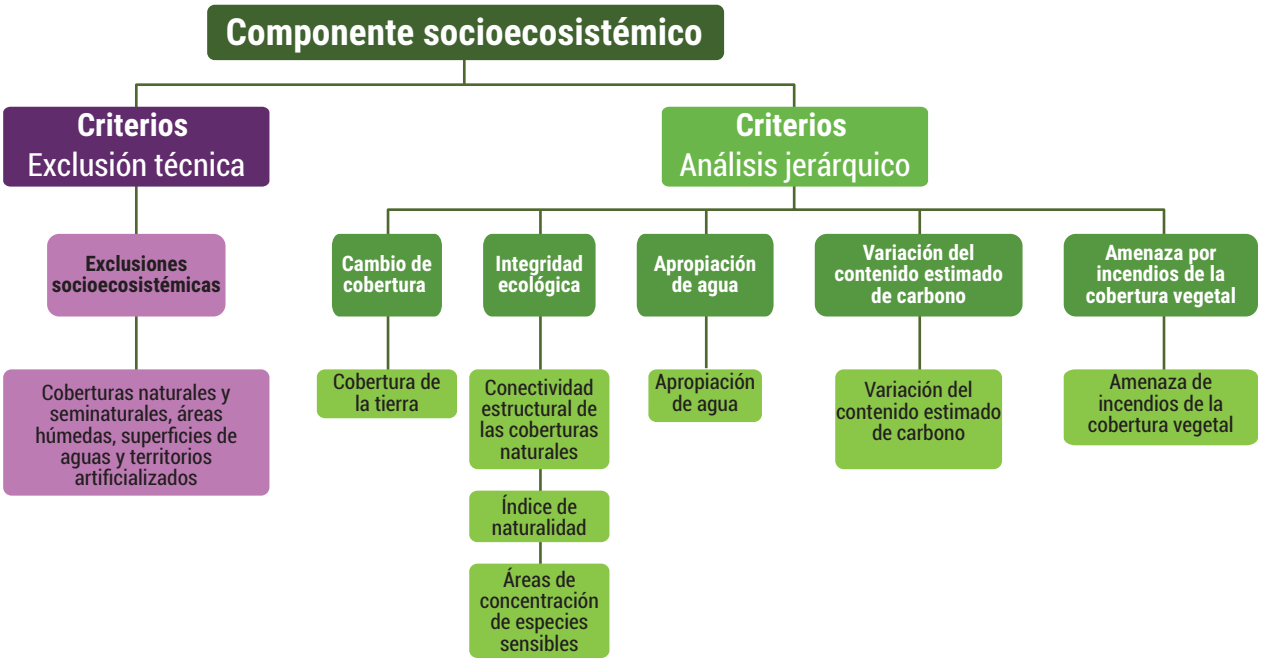


Figura 21. Modelo cartográfico del componente socioeconómico

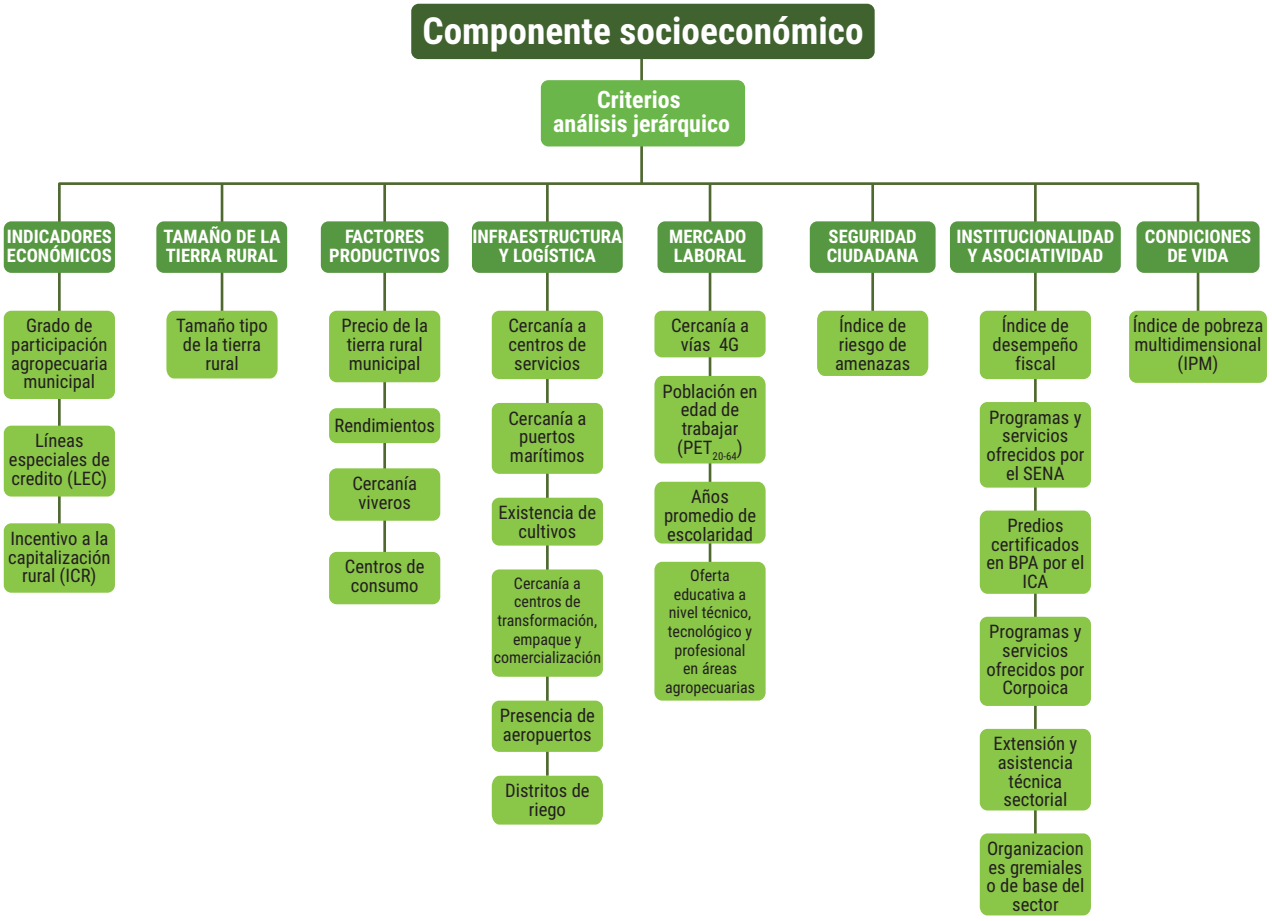
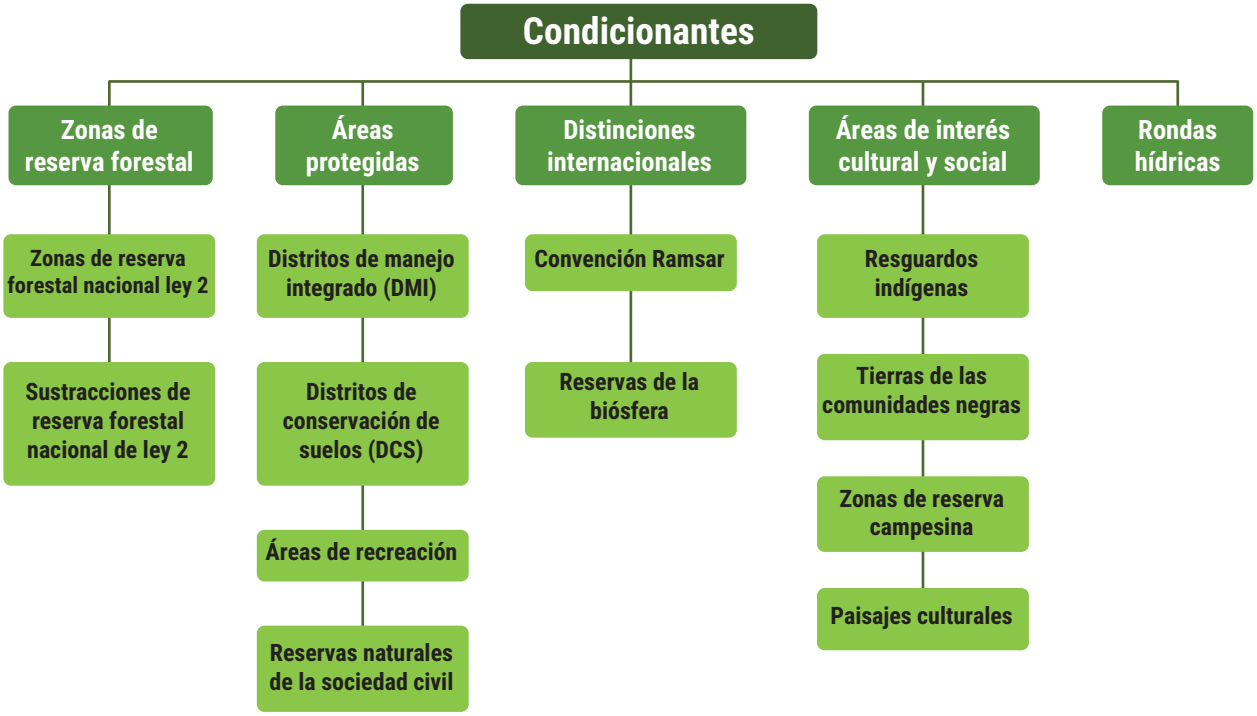


Figura 22. Modelo cartográfico de exclusiones legales

Figura 23. Modelo cartográfico de condicionantes



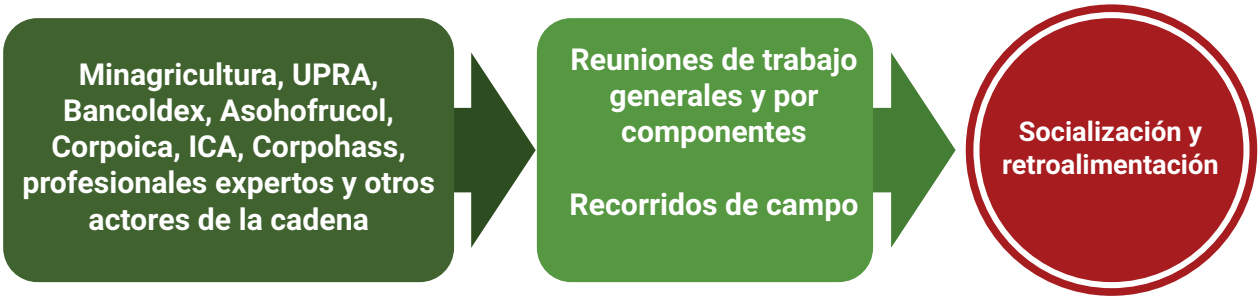
3.7. Proceso de validación del mapa

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

- Trabajo conjunto con representantes de Asohofrucol, Bancoldex y otros actores de la cadena productiva de la fresa, mediante talleres de discusión para realimentar el proceso.
- Recorridos de campo para validar los criterios, variables, rangos y 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 figura 24 se presenta la estrategia adelantada para la socialización y validación del proyecto de zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en Colombia, a escala 1:100.000.

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



Fuente: UPRA (2014a).

3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva de la fresa

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 vinculados a las administraciones municipales y otros actores de la cadena productiva de la fresa de las principales zonas productoras de la fruta. En estas actividades, realizadas en el año 2016 se logró identificar información relevante y realimentar el trabajo desarrollado.

Esta etapa inició el día 18 de mayo con una reunión en el municipio de Chocontá (Cundinamarca) con el ingeniero agrónomo David Pinzón, director de UMATA. El objeto fue exponer la metodología desarrollada por la UPRA para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en Colombia, a escala 1:100.000, según rangos de aptitud, y exponer los criterios y las variables identificadas desde los tres componentes (físico, socioecosistémico y socioeconómico). En esta oportunidad se logró capturar información acerca del sistema productivo de la fresa, así como las principales limitantes y fortalezas en el municipio.

Una segunda reunión se adelantó el día 20 de julio en la Secretaría de Fomento Agropecuario de Sibaté (Cundinamarca), con presencia del técnico de UMATA Wilson Rodríguez, el ingeniero Rodrigo Mejía, funcionario de Asohofrucol para la zona, y los productores Camilo Prieto Carrillo y Javier Prieto Carrillo, a quienes se les presentó la metodología, los criterios y las variables de los tres componentes como avance del proyecto de zonificación del cultivo comercial de fresa.

El día 25 de julio, en las instalaciones del centro de investigación de Corpoica en Palmira (departamento del Valle del Cauca), se realizó presentación institucional de la UPRA sobre la metodología para la zonificación de aptitud para cultivos comerciales, con funcionarios y productores de mango, aguacate, piña, papaya, fresa, ají tabasco y pimentón.

El día 19 de diciembre se presentó el mapa integrado de aptitud del cultivo comercial de fresa, a escala 1:100.000, a los funcionarios del PTP-Bancoldex, doctores Giovanni Zambrano y Dania Palacio, con quienes se revisaron y validaron los resultados de la zonificación de aptitud.

Fotografía: Archivo UPRA.

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 fresa en las principales zonas de producción, 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 comercial de fresa, durante el año 2016 se realizaron recorridos en dos zonas representativas de la producción comercial de fresa en el país (Cundinamarca y Cauca).

En el departamento de Cundinamarca se visitaron cultivos comerciales de fresa en los municipios de Chocontá, Sibaté, Cogua, Facatativá y El Rosal. Se confrontó el resultado del mapa integrado frente a la presencia de cultivos en campo para corroborar la aptitud (figura 26).

En el departamento de Cauca, el recorrido llegó hasta el municipio de Silvia, donde se logró corroborar la aptitud frente a la existencia de cultivos de fresa en la zona.

Figura 25. Registro fotográfico de los recorridos de campo

4. Resultados

4. Resultados

El mapa de zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa, escala 1:100.000, mostró que en Colombia se disponen de 3.848.787 ha aptas para el establecimiento y desarrollo del cultivo, lo cual equivale al 3,4 % del territorio continental del país. De las áreas aptas, el 1,0 % tiene una aptitud alta (A1); el 1,7 %, aptitud media (A2); y el 0,7 %, aptitud baja (A3) (cuadro 30).

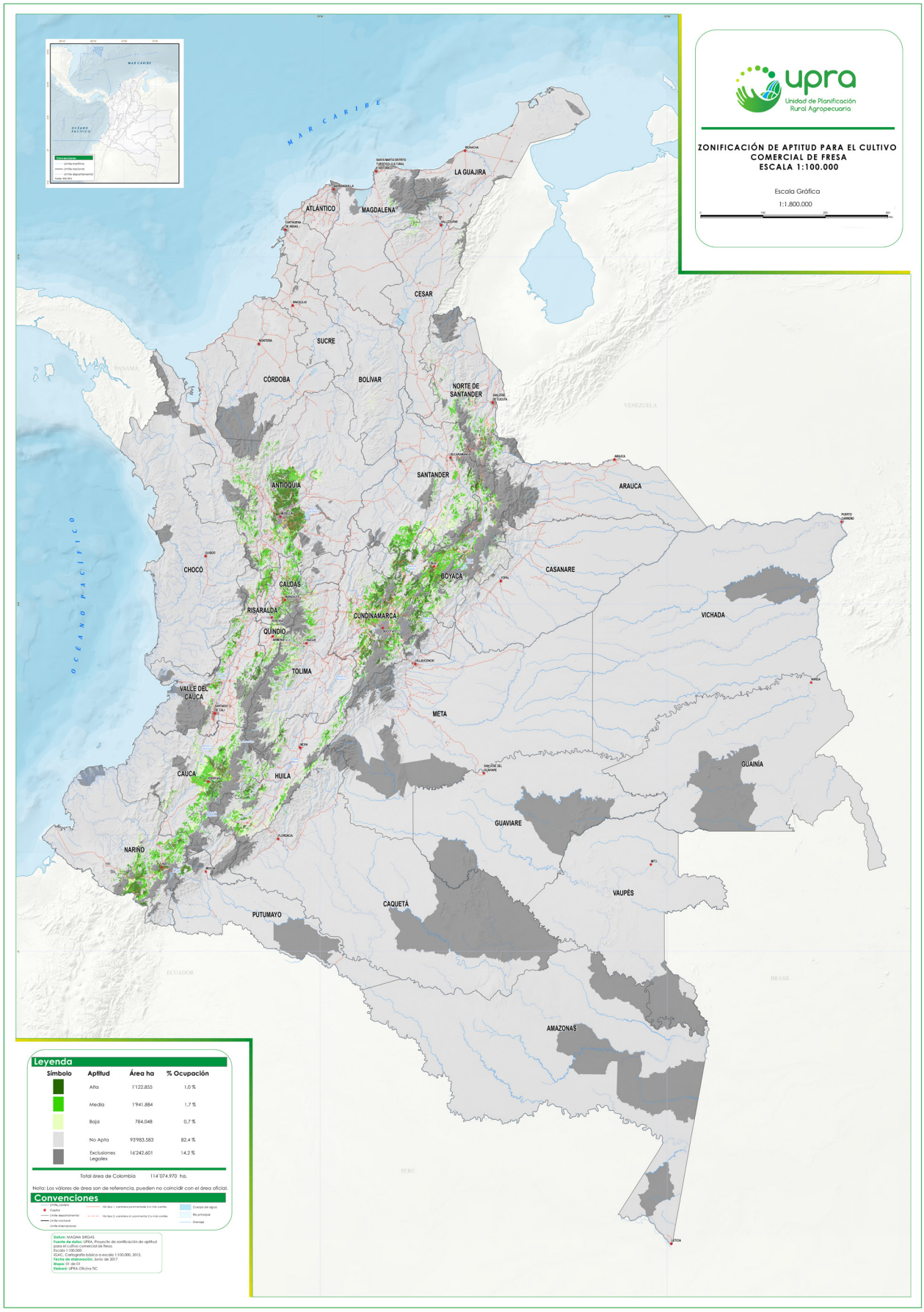
En el país se cuenta con 1.122.855 ha con condiciones de alta aptitud (A1) para la producción de fresa (figura 27). Respecto a la aptitud media (A2), en Colombia se tienen 1.941.884 ha aptas y 784.048 ha con aptitud baja (A3).

Cuadro 30. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo del cultivo comercial de fresa

Categoría	Área (ha)	Ocupación (%)
Aptitud alta (A1)	1.122.855	1,0
Aptitud media (A2)	1.941.884	1,7
Aptitud baja (A3)	784.048	0,7
Total área apta	**3.848.787**	**3,4**
No apto técnico (N1)	93.983.583	82,4
Restricciones legales	16.242.601	14,2
Total área Colombia	**114.074.970**	**100**

Fotografía: Archivo UPRA.

Figura 26. Mapa integrado del cultivo comercial de fresa, a escala 1:100.000

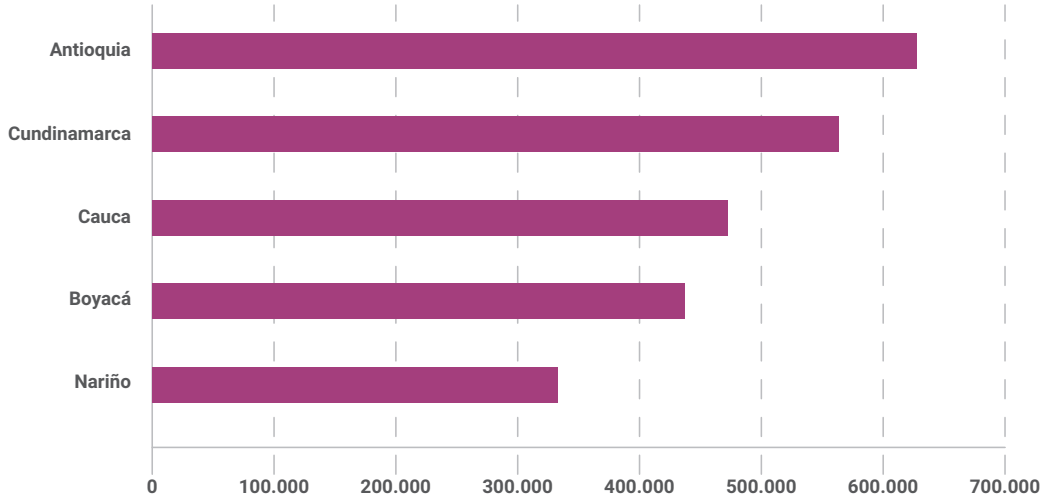


Los departamentos con mayores áreas aptas son Antioquia (635.676 ha), Cundinamarca (563.452 ha), Cauca (474.247 ha), Boyacá (431.781 ha) y Nariño (334.090 ha). Estos cinco departamentos cuentan con 2.439.247 ha aptas, es decir, concentran un 63,4 % de las zonas aptas (cuadro 31 y figura 27).

Cuadro 31. Resultados del mapa de zonificación para el cultivo comercial de fresa en Colombia, escala 1:100.000

Departamento	Aptitud alta (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud baja (ha)	Total apto (ha)
Antioquia	284.825	266.775	84.076	635.676
Cundinamarca	243.193	275.979	44.281	563.452
Cauca	95.353	246.747	132.147	474.247
Boyacá	141.768	232.563	57.450	431.781
Nariño	96.621	178.875	58.594	334.090
Santander	56.873	183.363	90.686	330.922
Huila	47.628	119.988	107.998	275.614
Tolima	7830	94.423	85.801	188.054
Valle del Cauca	50.344	87.787	14.880	153.011
Caldas	39.858	81.926	10.693	132.478
Norte de Santander	30.194	68.759	29.087	128.040
Risaralda	15.140	44.448	9628	69.216
Quindío	686	30.501	21.380	52.568
Cesar	5	5537	16.689	22.231
Putumayo	11.512	4828	-	16.340
Caquetá	334	7927	3934	12.195
Magdalena	105	7915	2789	10.808
Bolívar	-	138	5813	5951
Chocó	-	443	4814	5257
Meta	587	2757	73	3417
Casanare	-	125	1629	1754
La Guajira	-	78	1605	1683
Amazonas	-	-	-	-
Arauca	-	-	-	-
Atlántico	-	-	-	-
Córdoba	-	-	-	-
Guainía	-	-	-	-
Guaviare	-	-	-	-
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
Sucre	-	-	-	-
Vaupés	-	-	-	-
Vichada	-	-	-	-
Total nacional	**1.122.855**	**1.941.884**	**784.048**	**3.848.787**

Figura 27. Principales departamentos con aptitud para el cultivo comercial de fresa

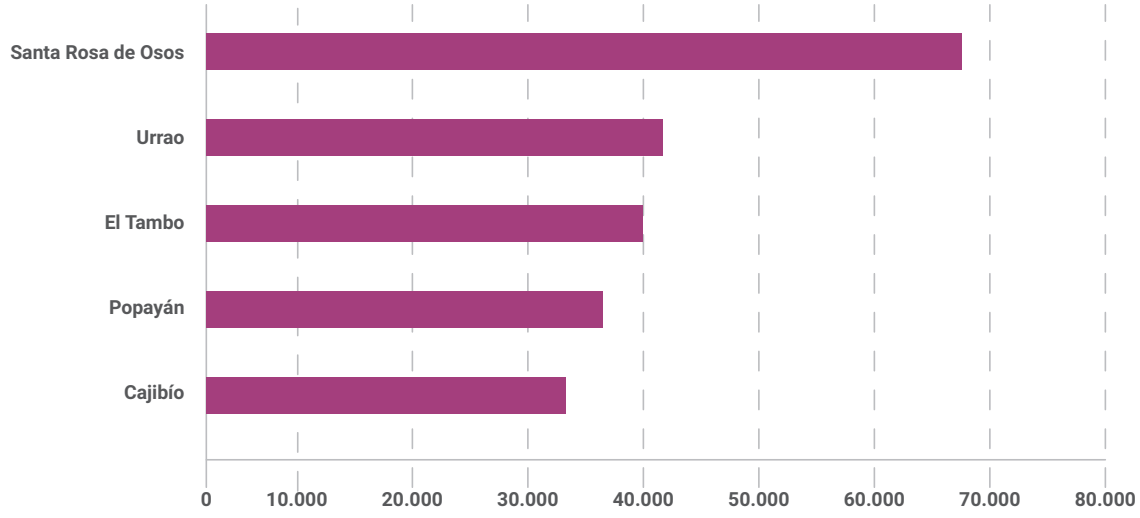


Por otra parte, el cuadro 32 y la figura 28 muestran los municipios que presentan la mayor aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de fresa: Santa Rosa de Osos y Urrao, en el departamento de Antioquia (67.655 ha y 41.832 ha, respectivamente); El Tambo, Popayán y Cajibío, en el departamento del Cauca (39.841 ha, 36.467 ha y 34.438 ha, respectivamente).

Cuadro 32. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de fresa

Municipio	Aptitud alta (ha)	Aptitud media (ha)	Aptitud baja (ha)	Total apto (ha)
Santa Rosa de Osos	61.643	5878	134	**67.655**
Urrao	16.449	21.035	4348	**41.832**
El Tambo	2666	29.169	8006	**39.841**
Popayán	14.490	19.646	2331	**36.467**
Cajibío	37	18.476	15.925	**34.438**

Figura 28. Principales municipios con aptitud para el cultivo comercial de fresa

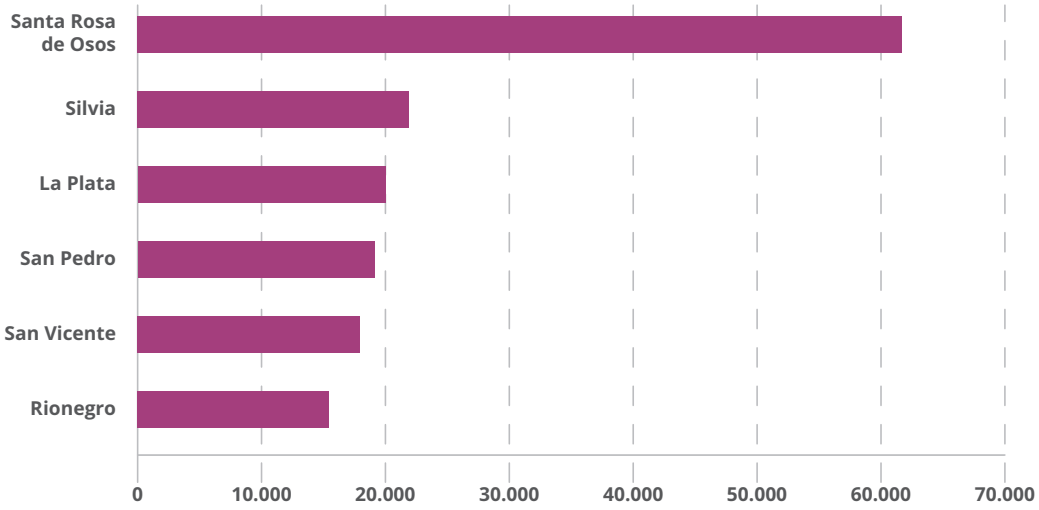


Igualmente, con base en los resultados de zonificación para el cultivo comercial de fresa, los municipios con mayor aptitud (A1) son: Santa Rosa de Osos, en el departamento Antioquia (61.643 ha); Silvia, en el departamento del Cauca (21.633 ha); La Plata, en el departamento del Huila (19.989 ha); y, San Pedro y San Vicente, en el departamento de Antioquia (18.628 ha y 18.188 ha, respectivamente) (cuadro 33 y figura 29).

Cuadro 33. Principales municipios con aptitud alta (A1) para cultivos comerciales de fresa en Colombia, escala 1:100.000

Municipio	Aptitud alta (A1)
Santa Rosa de Osos	61.643
Silvia	21.633
La Plata	19.989
San Pedro	18.628
San Vicente	18.188

Figura 29. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de fresa



5. Conclusiones y recomendaciones

5. Conclusiones y recomendaciones

La zonificación de aptitud del cultivo de fresa, a escala 1:100.000, permite identificar las áreas geográficas que presentan condiciones apropiadas para el establecimiento y desarrollo de este 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, Bancoldex y los demás actores de la cadena productiva de la fresa, que parte de un modelo conceptual basado en la integración de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos, en la que la información producida por diferentes entidades del Estado es el insumo base para su desarrollo metodológico.

En ese sentido, la zonificación es de carácter indicativo y contribuye a orientar las políticas para el desarrollo del sector, 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 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 para fincas o predios particulares.

Mediante el análisis multicriterio, se determinó que por componentes, el físico tuvo una ponderación relativa del 53,1 %; el socioeconómico, del 23,7 %; y el socioecosistémico, del 23,2 %. Los criterios de mayor importancia dentro de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa, a escala 1:100.000, son: condiciones climáticas (12,7 %), apropiación de agua (10,9 %), disponibilidad de oxígeno (9,8 %), disponibilidad de humedad (9,6 %), infraestructura y logística (7,1 %), mercado laboral (6,7 %), capacidad de laboreo (6,3 %) e integridad ecológica (5,8 %).

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 anual y brillo solar anual, presenta la mayor importancia dentro de la determinación de zonas aptas, dado que incide directamente en el establecimiento, desarrollo y productividad del cultivo comercial de fresa en Colombia.

Dentro de los criterios socioecosistémicos, la apropiación de agua es el más importante, cuya disponibilidad es una limitante para el buen desarrollo vegetativo del cultivo comercial de fresa: tanto el exceso como la deficiencia de este recurso tienen implicaciones en su buen desarrollo, así como en la producción y la calidad de la fruta.

Por otra parte, la evaluación del criterio de 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 2007-2009, lo cual puede afectar los resultados y tener variaciones frente a las condiciones de la cobertura actual.

Respecto a la información socioeconómica, el principal criterio dentro de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa corresponde a infraestructura y logística.

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

La presencia de distritos de riego aporta competitividad desde una perspectiva transversal. Los distritos de riego y drenaje son motor de desarrollo de cultivos competitivos de fresa: permiten la regulación del agua requerida en el ciclo productivo y ayudan a mejorar la oferta de la fruta.

Dada la dinámica de las variables, así como la construcción de criterios, se evidencia la necesidad de actualizar periódicamente el mapa de aptitud para

el cultivo comercial de fresa 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.

Respecto a los resultados, el mapa de zonificación de aptitud muestra que existen 3.848.787 ha aptas para el cultivo comercial de fresa, lo cual equivale al 3,4 % del territorio del país. Los departamentos con mayores áreas aptas son Antioquia (635.676 ha), Cundinamarca (563.452 ha), Cauca (474.247 ha), Boyacá (431.781 ha) y Nariño (334.090 ha), para un total de 2.439.247 ha (un 63,4 % del área apta nacional).

Con base en el resultado de área apta, se evidencia una amplia posibilidad de desarrollo del cultivo comercial de fresa en Colombia. La diversidad de ambientes, las condiciones socioeconómicas y las socioecosistémicas permiten el desarrollo de este cultivo comercial con diferentes variedades y bajo diversos microclimas.

Fotografía: Archivo UPRA.

6. Bibliografía

6. Bibliografía

Aerocivil. (2015). *Aeropuertos nacionales.* Bogotá: Aerocivil.

Agüero, J. (2002). *Bases nutricionales del cultivo de frutilla* (Fragaria ananassa Duch) (Tesis de maestría). Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Aguilera, I., Monteagudo, S., Castaños, J., González, A. y Escudero, R. (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.* Trabajo presentado en Teledetección: agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección, Calatayud. Recuperado de < http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>

Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral.*

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma: FAO.

Asohofrucol. (2015a). *Centros de transformación, comercialización y empaque.* Bogotá: Asohofrucol.

—. (2015b). *Asociaciones inscritas.* Bogotá: Asohofrucol. Recuperado de < www.asohofrucol.com.co>

—. (2015c). *Base de datos sedes Asohofrucol en Colombia.* Bogotá: Asohofrucol.

Ayala, F. (1987). *Manual de taludes.* Serie Geotecnia. Madrid: IGME.

Bancoldex 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 fresa en Colombia, a escala 1:100.000.* Bogotá: s. e.

Brown, S. y Lugo, A. (1992). «Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon». *Interciencia* 17(1), 8-18. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/305348793_Aboveground_biomass_estimates_for_tropical_moist_forest_of_the_Brazilian_amazon>

Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M., Ordoñez, M., Vergara, L., Pacheco, A., Rubiano, J. y Giraldo, P. (2011). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional – escalas gruesa y fina.* Bogotá: Ideam.

Cairns, M., Brown, S., Helmer, E. y Baumgardner, G. (1997). «Root biomass allocation in the world's upland forests». *Oecologia* 111(1), 1-11. doi: 10.1007/s004420050201

Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). (2015). *Manual Fresa.* Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado de < http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Canadell, J. y Raupach, M. (2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». *Science* 320(5882), 1456-1457. doi: 10.1126/science.1155458

Capoor, K. y Ambrosi, P. *State and Trends of the Carbon Market 2008.* Washington, D. C.: World Bank Institute. Recuperado de < https://siteresources.worldbank.org/NEWS/Resources/State&Trendsformatted06May10pm.pdf>

Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica.*

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.

Corpoica. (2015). *Programas y servicios.* Bogotá: Corpoica.

Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA); Good Stuff International Latinoamérica y Caribe (GSI-LAC); Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (Cosude); Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014.* Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023272/HH_ENA2014.pdf>

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

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2005a). *Censo general de población.* Bogotá: DANE.

—. (2005b). *Censo general de población. Años promedios de escolaridad por municipio.* Bogotá: DANE.

—. (2007a). *Series de población 1985-2020.* Bogotá: DANE.

—. (2007b). *Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad 2005-2020.* Bogotá: DANE.

—. (2012). *PIB Regional, sin hidrocarburos y minería.* Bogotá: DANE.

—. (2013a). *PIB Agropecuario, departamental y municipal.* Bogotá: DANE.

—. (2013b). *Proyección población municipal por área.* Bogotá: DANE.

—. (2014). *Series de población 1985-2020.* Bogotá: DANE.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* Bogotá: DNP. 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>

—. (2008). *Documento Conpes 3514: Política nacional fitosanitaria y de inocuidad para las cadenas de frutas y de otros vegetales.* Bogotá: DNP. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/Conpes_3514_2008.pdf>

—. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: prosperidad para todos.* Bogotá: DNP. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/Paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx>

—. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013.* Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>

—. (2015a). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. «Todos por un nuevo país».* Bogotá: DNP.

—. (2015b). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005.* Bogotá: DNP.

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

Eastman, J., Jin, W., Kyem, W., Toledano, P. (1995). «Raster procedures for multi-criteria multi-objective decisions». *Photogrammetric Enginnering & Remote Sensing,* 61(5), 539-47.

Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2ª. 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

Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola.* Bogotá: Finagro.

Figueroa, A. (2000). *Evaluación del impacto ambiental. Instrumento para el desarrollo.* Popayán: Toro Editorial.

Fischer, G y Orduz, J. (2012). «Ecofisiología en frutales». *Manual para el cultivo de frutales en el trópico.* Bogotá: Produmedios.

Flórez, R. y Mora, R. (2010). *Fresa (Fragaria x ananassa Duch.): producción y manejo poscosecha.* Colombia: Corredor Tecnológico Agroindustrial, Cámara de Comercio de Bogotá.

Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En C. Devenish, D., Díaz, R., Clay, I. Davidson e I. Yépez Zabala (Eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation.* Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series 16), 135-148. Recuperado de <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/IBAs/AmCntryPDFs/Colombia_es.pdf>

García-Márquez, J., Moreno, M. y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia* (Informe final del Convenio 044 del 2012 entre Fundación SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y UPRA). Bogotá: s. e. Recuperado de < https://avesmigratoriascolombia.files.wordpress.com/2013/02/garcc3ada-marquez-et-al_modelamiento-de-c3a1reas-criticas-para-especies-migratorias.pdf>

Giampieri, F., Tulipani, S., Álvarez-Suárez, J., Quiles, J., Mezzetti, B. y Battino, D. (2012). «Thestrawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health». *Nutrition*, 28(1), 9-19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.

Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia.*

González, M., Saldarriaga, G. y Jaramillo, O. (2010). Capítulo 5. Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. *Estudio Nacional del Agua* (pp. 170-228). Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

Guerrero, L., Patiño, M., Pérez, Miranda, D. (2014). *Producción y comercialización de fresa (Fragaria x Ananassa Duch.) en sustrato con acolchado plástico en el municipio de Guasca, Cundinamarca.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., Willis, R., Gregory, L. (2015). «Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation». *Global Food Security* 5, 25–36.

Instituto Alexander von Humboldt (IAVH). (2014). *El bosque seco tropical en Colombia.* doi: 20.500.11761/9333.

—. (2015a). *Mapa de áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA).* Fuente de datos: F. Gary Stiles (Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional), Alonso Quevedo Gil, Hermano Roque Casallas (Museo de La Salle), Mijael Brand Prada, Dr. Kristof Zyskowski (Yale University´s Peabody Museum of Zoology), Dr. J. Van Remsen (Louisiana State), Asociación Calidris.

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

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

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

Instituto Colombiano Agropecuario. (ICA). (2015a). *Normas del ICA.* Recuperado de <http://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica.aspx>

—. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.* Bogotá: ICA.

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas.* Bogotá: ICAHN.

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (2015b). *Parques arqueológicos nacionales.* Bogotá: ICAHN.

Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder). (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993.* Bogotá: Incoder.

—. (2015a). *Distritos de riego a 2015.* Bogotá: Incoder.

—. (2015b). *Comunidades negras.* Bogotá: Incoder.

—. (2015c). *Resguardos indígenas.* Bogotá: Incoder.

—. (2015d). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información Municipal.* Bogotá: Incoder.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2001). *Mapa de degradación de tierras por erosión.* Documento inédito.

—. (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a partir de información temática e información complementaria y el aplicativo informático para automatizar las posteriores actualizaciones.* Bogotá: Ideam.

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

—. (2010b). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

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

—. (2010d). *Capas de humedales y manglares. Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

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

—. (2011b). *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>

—. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.

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

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

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

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

—. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* Bogotá: Ideam.

—. (2014f). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

—. (2014g). *Mapa de isoyetas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

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

—. (2014i). *Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental), escala fina LANDSAT, periodo 2010-2012.*

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

Ideam *et al.* (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.*

—. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam.

Ideam, IGAC, IAVH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.* Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi).

Ideam y SGC (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000.*

—. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.*

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

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

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

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

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

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

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

—. (2012b). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano.* Bogotá: IGAC.

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

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

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

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

—. (2014d). *Base predial registros 1 y 2. Estadística catastral nacional rural.* Bogotá: IGAC.

IGAC *et al.* (2012). *Conflictos de uso del territorio colombiano. Mapa nacional de vocación de uso de la tierra, escala 1:100.000.*

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

Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.* (S. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, Edits., e International Translation Agency Ltd (ITA Ltd), Trad.) Hayama, Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES). Recuperado de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>

ISRIC-World Soil Information. (2013). *SoilGrids: An automated System for Global Soil Mapping.* Recuperado de <http://soilgrids1km.isric.org>

ISRIC (2015). *SoildGrids: datos de suelos.*

Lambin, E. y Geist, H. (Eds.). (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts.* Berlin: Springer.

Lantz, W. Swartz, H. Demchak, K. y Frick, S. (2010). *Season-long strawberry production with everbearers for northeastern producers.* Prince George's, Maryland, USA: TKM Marketing Inc.

Ley 811 de 2003. Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial* 45.236, de 2 de julio de 2003. Colombia.

Leyva, P. (1998). *El medio ambiente en Colombia.* Bogotá: MAVDT.

Mackey, B. (2005). «La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra». En P. Corcoran, A. Roerink y M. Vilela (Eds.), *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (pp. 68-71). Amsterdam: KIT Publishers BV. Recuperado de <file:///C:/Users/manuel.gomez/Downloads/Mackey.pdf>

Márquez, G. (2003). «Ecosistemas estratégicos de Colombia». *Revista de la Sociedad Geográfica de Colombia, vol.133, 1; pp. 87-103.* Recuperado de <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>

Martín-López, B., Gómez, 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.

Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo, E. (2008). «Carbono orgánico y propiedades del suelo». En 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 (Minagricultura). (2013). *Encuesta Nacional Agropecuaria, base de datos 2008-2013.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2014a). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales, base de datos 2010-2014.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2014b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2014.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2015). *Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2016a). *Cadena de la fresa. Indicadores e instrumentos abril 2016.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2016b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.* Bogotá: Minagricultura.

—. (2016c). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada en fresa 2010-2015.* Bogotá: Minagricultura.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (s. f.). *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono (ECDBC).* Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/469-plantilla-cambio-climatico-25>

—. (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 <http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Documentos-Redd/110213_cartilla_redd_construccion_colectiva.pdf>

—. (2012a). *Política para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.* Bogotá: MADS.

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

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

—. (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.* Bogotá: MADS.

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

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Asohofrucol (2009). *Guía ambiental hortofrutícola de Colombia.* Recuperado de <www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiaambiental.pdf>

Ministerio de Cultura (Mincultura). (2014). *Paisaje cultural cafetero.* Bogotá: Mincultura.

Ministerio de Educación (Mineducación). (2015). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.* Bogotá: Ministerio de Educación.

Ministerio de Trabajo (Mintrabajo). (2016). *SENA Regionales y Centros de Formación.* Bogotá: Mintrabajo.

Ministerio de Transporte (Mintransporte). (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.*

—. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

—. (2014c). *Información portuaria.* Bogotá: Mintransporte.

—. (2014d). *Tramos red vial nacional* [capa].

Miranda, D. (2001). *Criterios para el establecimiento de proyectos productivos frutícolas en zonas de Colombia. Un enfoque de sistemas productivos. Curso producción de frutales.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Miranda, D. (2012). «Establecimiento de huertos frutícolas». *Manual para el cultivo de frutales en el trópico (99-119).* Bogotá: Produmedios.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (1976). «A Framework for Land Evaluation». En: *Soils Bulletin 32.* Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.HTM>

—. (1985). *Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de regadío. Boletín de Suelos (55).* Roma: FAO.

—. (1988). *Good practice for ground and aerial application of pesticides.* Roma: FAO.

—. (1990). *Directivas: Evaluación de Tierras para Usos Forestales. Boletín de Montes 48.* Roma: FAO.

—. (1997). *Zonificación agro-ecológica: guía general. Boletín de suelos de la FAO 37.* Roma: Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>

—. (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/Ehttp://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>

—. (2016). *Crops and livestock products.* Recuperado de <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). *Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural.* Recuperado de <http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=13055&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html>

Organización Metereológica Mundial (OMM) y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional.* Ginebra: WMO. Recuperado de <http://www.para-agua.net/component/k2/item/607-glosario-hidrologico-internacional>

Ortiz-Lozano, L., Granados-Barba, A. y Espejel, L. (2009). «Ecosystemic Zonification as a Management Tool for Marine Protected Areas in the Coastal Zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, México». *En Ocean & Coastal Management,* 52(6), 317-323. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/223320179_Ecosystemic_zonification_as_a_management_tool_for_marine_protected_areas_in_the_coastal_zone_Applications_for_the_Sistema_Arrecifal_Veracruzano_National_Park_Mexico?_sg=sMiNwAAJPOjX43xCORAEdbQhJsdv7GSy56lFaoFT59u0Kse9xbUh-0RslLhixQr6FTrZ7sbKEovZnjM>

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

—. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1.*

—. (2016c). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.* Bogotá: PNN.

Phillips, J., Duque, A., Cabrera, K., Yepes, A., Navarrete, D., García, M., Álvarez, E. … Vargas D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.* Bogotá: Ideam. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022167/EstimacionCarbono2005.pdf>

Pimentel, J. y Velázquez, A. (2010). *Manual técnico del cultivo de la fresa.* Zamora (México): Sagarpa, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

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.

Resolución 1132 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima ponderado a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.

Resolución 1133 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.

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

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

Rodiek, J. (2008). «Landscape and urban planning cover for 2009». *Landscape Urban Planning,* (89)1.

Rossiter, D. (2009). *Land evaluation: towards a revised framework.* Land and Water Discussion Paper 6. Roma: FAO.

Ruiz, R. y Piedrahita, W. (2012). «Fresa (Fragaria spp)». En Fischer, G. (ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico (474-495).* Bogotá: Produmedios.

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.

SELVA. (2012). *Agroecosistemas beneficiosos para las especies migratorias de Colombia.* (Informe final del Convenio 044 del 2012 entre SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y UPRA). Bogotá: s. e. Recuperado de <https://avesmigratoriascolombia.files.wordpress.com/2013/02/selva-2012_agroecosistemas-beneficiosos-para-especies-migratorias.pdf>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (s. f.). *Objetivos y funciones.* Recuperado de <https://lineabase.sena.edu.co/acerca-del-sena/quienes-somos/Paginas/Objetivos-y-Funciones.aspx>

—. (2011). *Cifras IDM por municipio y departamento.* Bogotá: SENA.

—. (2015a). *Programas y servicios.* Bogotá: SENA.

—. (2015b). *Regionales*. Recuperado de <http://www.sena.edu.co/es-co/regionales/Paginas/default.aspx>.

Singer, M. y Munns, D. (1996). *Soils. An Introduction.* (3.a ed.). EUA: Prentice-Hall Inc.

Siraj, S., Mikhailov, L. y Keane, J. (2013). «PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments». En *International Transactions in Operational Research,* 22(2), 217-235. doi: 10.1111/itor.12054

Stern, N. (2007). *Stern Review: The Economics of Climate Change.* Reino Unido: Cambridge University Press.
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Unesco. (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar).* París: Unesco

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014a). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1:1000.000.* Bogotá: UPRA.

—. (2014b). Drenaje doble construido a partir de IGAC (2012), cartografía básica escala 1:100.000, escala 1:100.000.

Unidad para la atención y reparación integral de las víctimas (UARIV). (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.* Bogotá: UARIV.

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

—. (2014). *Keys to Soil Taxonomy.* EUA: USDA. Soil Survey Staff.

Universidad de Córdoba. (s. f.). *El cultivo de la frutilla.* Recuperado de <http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/Catedras/oleo/apuntes/frutilla/Morfologia%20frutilla.pdf>

Universidad del Cauca y Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2017). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios escala 1:100.000 en 29 municipios del departamento del Cauca.* Documento inédito.

WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica.* Recuperado de <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>

Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Anexo

Tabla de contenido

1. Criterios y variables del componente físico 117

1.1. Criterio condiciones climáticas 117

1.1.1. Variable temperatura media anual. 120

1.1.2. Variable precipitación total media anual. 123

1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual. 126

1.2. Criterio capacidad de laboreo 129

1.2.1. Variable pendiente. 133

1.2.2. Variable textura 136

1.2.3. Variable pedregosidad 139

1.3. Criterio condiciones de enraizamiento 142

1.3.1. Variable profundidad efectiva 145

1.3.2. Variable pedregosidad 149

1.3.3. Variable textura 152

1.4. Criterio disponibilidad de humedad. 156

1.4.1. Variable régimen de humedad 159

1.4.2. Variable textura 163

1.5. Criterio disponibilidad de oxígeno 167

1.5.1. Variable drenaje natural 170

1.5.2. Variable susceptibilidad a inundaciones. 173

1.6. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos 177

1.6.1. Variable pendiente. 181

1.6.2. Variable erosión actual 184

1.6.3. Variable susceptibilidad a movimientos en masa 187

1.7. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio. 190

1.7.1. Variable salinidad o sodicidad 194

1.7.2. Variable saturación de aluminio. 198

1.8. Criterio disponibilidad de nutrientes 201

1.8.1. Variable acidez (pH) 207

1.8.2. Variable saturación de bases 211

1.8.3. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) 214

1.8.4. Variable carbono orgánico 217

1.9. Criterio riesgo fitosanitario 220

1.9.1. Variable *Phytophthora cactorum*, asociada con temperatura, precipitación, drenaje natural y textura 225

1.9.2. Variable *Tetranychus urticae,* asociada con temperatura 232

1.9.3. Variable *Botrytis cinerea*, asociada con temperatura y humedad relativa. 235

2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 240

2.1. Criterio cambio de cobertura 240

2.2. Criterio integridad ecológica 248

2.2.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) 260

2.2.2. Variable índice de naturalidad (Inat) 263

2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) 267

2.3. Criterio apropiación de agua 274

2.4. Criterio variación del contenido estimado de carbono 283

2.5. Criterio de amenaza por incendios de la cobertura vegetal 297

3. Criterios y variables del componente socioeconómico 300

3.1. Criterio indicadores económicos 300

3.1.1. Variable grado de participación agropecuaria municipal 303

3.1.2. Variable líneas especiales de créditos (LEC) 306

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR) 309

3.2. Criterio tamaño de la tierra rural 313

3.2.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales 316

3.3. Criterio factores productivos 319

3.3.1. Variable precio de la tierra rural municipal 322

3.3.2. Variable rendimientos 325

3.3.3. Variable centros de consumo 329

3.4. Criterio infraestructura y logística 332

3.4.1. Variable cercanía a centros de servicios 335

3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos 339

3.4.3. Variable presencia de aeropuertos 342

3.4.4. Variable distritos de riego 346

3.4.5. Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización 349

3.4.6. Variable existencia de cultivos 352

3.5. Criterio mercado laboral 356

3.5.1. Variable cercanía a vías 4G 359

3.5.2. Variable población en edad de trabajar (PET_{20-64}) 363

3.5.3. Variable años promedio de escolaridad 366

3.5.4. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias 369

3.6. Criterio seguridad ciudadana 372

3.6.1. Variable índice de riesgo de amenazas 375

3.7. Criterio institucionalidad y asociatividad 379

3.7.1. Variable índice de desempeño fiscal 382

3.7.2. Variable programas y servicios que ofrece el SENA 386

3.7.3. Variable predios certificados BPA por el ICA 390

3.7.4. Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica 393

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial 396

3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector 400

3.8. Criterio bienestar económico 403

3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM) 406

4. Criterios y variables de exclusiones técnicas 410

4.1 Criterio exclusiones técnicas 410

4.2 Criterio exclusiones legales 413

4.2.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos) 417

4.2.2. Variable áreas protegidas 420

4.2.3. Variable áreas urbanas 422

4.2.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos) 424

4.3. Criterio condicionantes legales 426

4.3.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical) 429

4.3.2. Variable áreas protegidas 433

4.3.3. Variable zonas de reserva forestal nacional 436

4.3.4. Variable distinciones internacionales 439

4.3.5. Variable áreas de interés cultural y social 443

1. Criterios y variables del componente físico

1.1. Criterio condiciones climáticas

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: climático.		
Criterio: condiciones climáticas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Temperatura media, expresada en °C/año. • Precipitación total, expresada en mm/año. • Brillo solar medio diario anual, expresado en horas sol/día.		

Definición

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

Importancia del criterio para el cultivo

Integra el conjunto de propiedades de la unidad de tierra y depende principalmente de los elementos acuosos y termodinámicos de la atmósfera, condicionados por las diferentes formas de la topografía. Igualmente, el clima influye principalmente en la floración y desarrollo del fruto y 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 las variables que integran el criterio, se concluye que son zonas no aptas (N1) aquellas que se encuentren en temperaturas medias inferiores a 8 °C/año y superiores de 20 °C/año y precipitaciones totales anuales inferiores a 500 mm/año y superiores a 3000 mm/año.

Limitantes de la evaluación del criterio

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

Valor de ponderación del criterio: 12,7 %

Metodología de evaluación

Se determinan las condiciones climáticas a partir de información de las bases elaboradas por el Ideam, con datos mensuales anuales del periodo 1981 a 2010, de la temperatura media anual, la precipitación total media anual y el brillo solar medio diario anual. A partir de estas, se realiza 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), donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración y una restricción es un criterio que limita, condiciona o excluye dichas alternativas.

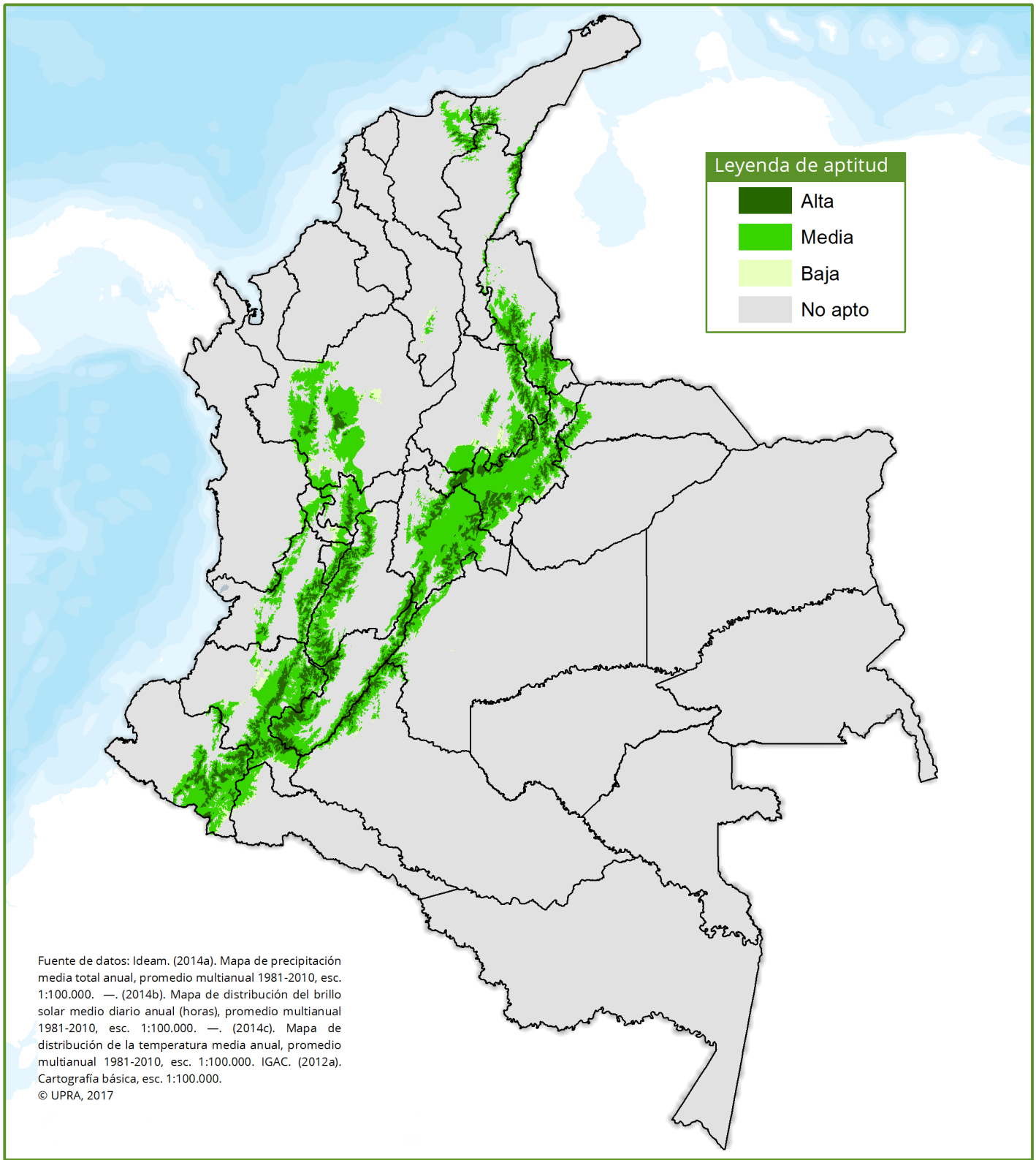
Con base en lo anterior, se definen los criterios y variables para ser considerados por cada uno de los componentes dentro de la zonificación, sobre los cuales se establecen las características y cualidades del territorio que le confieren cierto grado de aptitud para soportar adecuadamente el cultivo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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Árbol de decisión del criterio			
Precipitación total (mm/año)	**Temperatura media (°C/año)**	**Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)**	**Aptitud**
≥ 1000 - ≤ 2000	≥ 12 - ≤ 16	≥ 5	A1
		≥ 3 - < 5	A1
		< 3	A2
	> 16 - ≤ 18 y ≥ 8 - < 12	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	> 18 - ≤ 20	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
≥ 500 - < 1000 > 2000 - ≤ 2500	≥ 12 - ≤ 16	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	> 16 - ≤ 18 y ≥ 8 - < 12	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	> 18 - ≤ 20	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A3
> 2500 - ≤ 3000	≥ 12 - ≤ 16	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A2
	> 16 - ≤ 18 y ≥ 8 - < 12	≥ 5	A2
		≥ 3 - < 5	A2
		< 3	A3
	> 18 - ≤ 20	≥ 5	A
		≥ 3 - < 5	A3
		< 3	A3

Representación cartográfica del criterio



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

© UPRA, 2017

Criterio condiciones climáticas

Fuentes de información

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

1.1.1. Variable temperatura media anual

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

Definición

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

Importancia de la variable para el cultivo

La temperatura del aire en la zona ecuatorial 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.

La distribución espacial de la temperatura del aire a nivel anual es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales y permite establecer zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para el cultivo comercial de fresa, de acuerdo con sus requerimientos térmicos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se estableció como valor mínimo las temperaturas menores a 8 °C y como valor máximo, las mayores de 20 °C. Las zonas térmicas delimitadas por debajo o por encima de estos límites térmicos se consideran no aptas (N1).

Variable	Unidades	A1	A2	A3	N1
Temperatura media anual	ºC/año	≥ 12 - ≤ 16	> 16 - ≤ 18 y ≥ 8 - < 12	> 18 - ≤ 20	< 8 y > 20

Limitantes de la evaluación de la variable

La baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de temperatura y la no disposición de bases de datos de temperatura actualizada, lo 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 utilizada es el registro de temperatura media anual en el territorio nacional, en el periodo comprendido entre 1980 y 2010, y los mapas de isotermas, del «Atlas climatológico para Colombia», versión 2014, elaborado por el Ideam.

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

Unidad de análisis

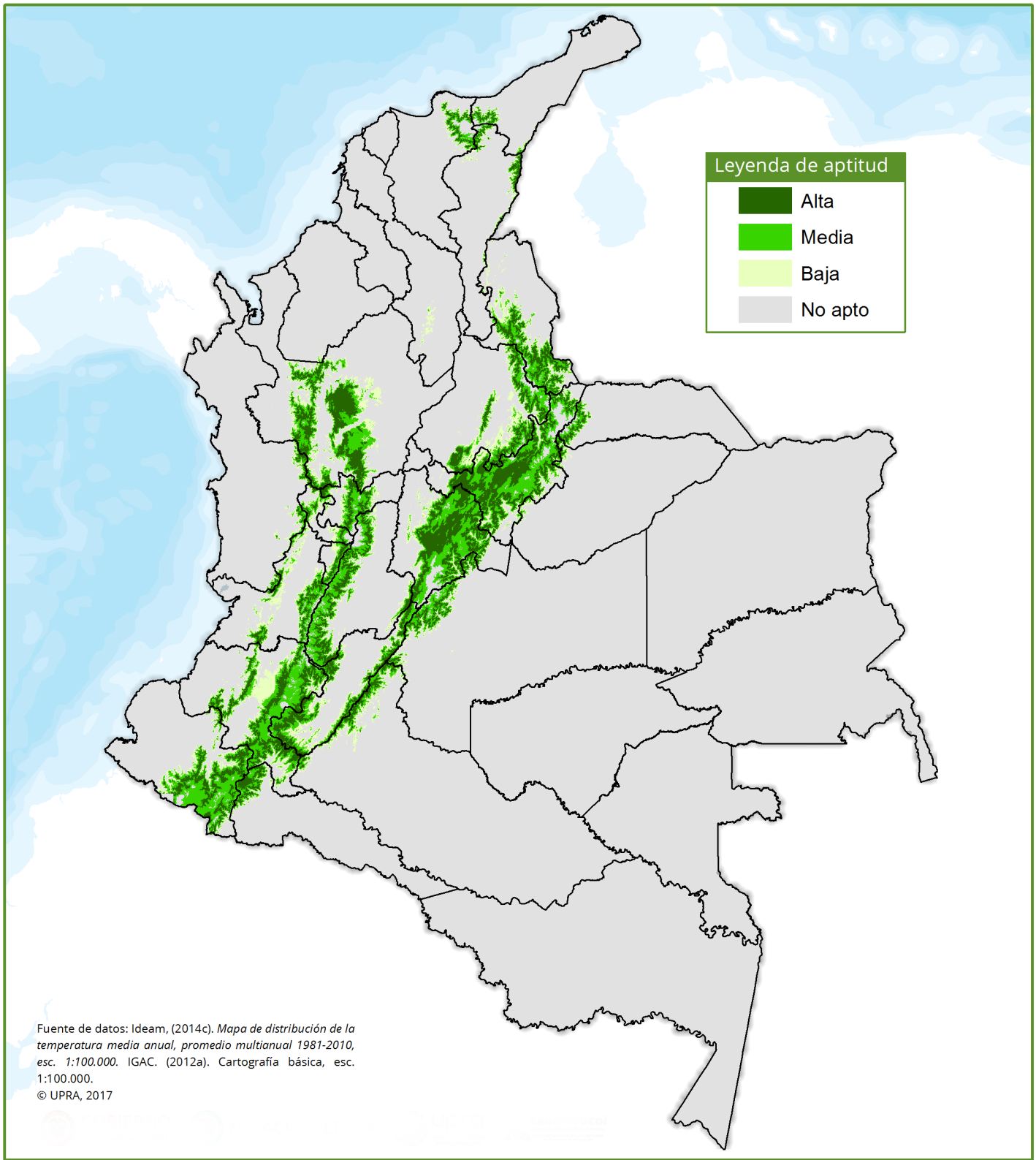
Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam, (2014c). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio condiciones climáticas

Variable temperatura media anual (°C/año)

1.1.2. Variable precipitación total media anual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: climático.		
Criterio asociado: condiciones climáticas		
Variable: precipitación total media anual	Unidad de medida: mm/año	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cantidad de agua que cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida. En términos prácticos, es la cantidad de lluvia media que precipita en una determinada zona, parte de la cual contribuye a la necesidad hídrica del cultivo de fresa. La unidad de precipitación es el milímetro (mm). Un milímetro de precipitación equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado de superficie (1 L/m^2), equivalente a 10 metros cúbicos por hectárea (10 m^3/ha).

Importancia de la variable para el cultivo

La precipitación 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 o 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. El déficit de lluvia afecta la floración y la formación del fruto de la fresa, mientras que el exceso disminuye la floración y promueve el desarrollo de pudriciones.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se establece como valor extremo, las precipitaciones inferiores a 500 mm/año, ya que ocasionan estrés por deficiencia y, si son mayores a 3000 mm/año, resultan excesivas para el cultivo.

Variable	Unidades	A1	A2	A3	N1
Precipitación total media anual	mm/año	≥ 1000 - ≤ 2000	≥ 500 - < 1000 y > 2000 - ≤ 2500	> 2500 - ≤ 3000	< 500 y > 3000

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: la información utilizada es la base de datos histórica de 1981 a 2010, elaborada por el Ideam, cuya construcción se basa en el análisis espacio-temporal de los registros de lluvias anuales y distribución mensual de las precipitaciones registrados en las estaciones meteorológicas. Los polígonos reportados en el atlas climático del Ideam están registrados a intervalos de 500 mm/año.

Tratamiento de la información: se realiza un ejercicio de delimitación espacial de zonas pluviométricas, que reflejan los rangos de lluvia total media anual establecidos por el equipo técnico del componente físico. Esta actividad es apoyada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

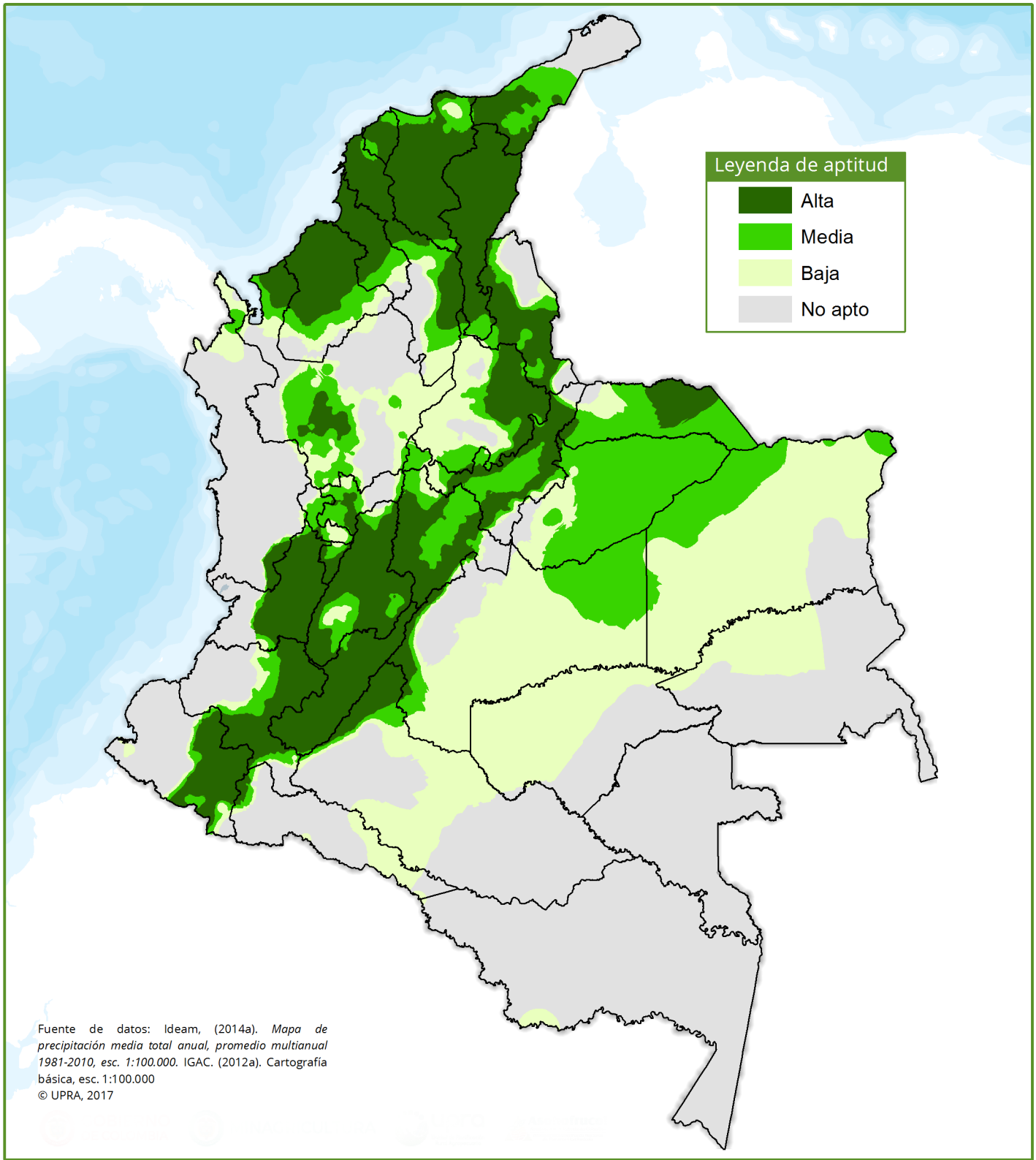
Distribución de la precipitación total media anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam, (2014a). *Mapa de precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000
© UPRA, 2017

Criterio condiciones climáticas
Variable precipitación total media anual (mm/año)

1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 aprovechado para realizar la fotosíntesis; dicha transformación de energía radiante en energía química –mediante la asimilación del carbono del CO_2 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 de fresa en su metabolismo.

Por estas razones, la insolación es importante para la zonificación, su distribución espacial permite establecer zonas con aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para este cultivo comercial.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

No hay rangos de exclusión para el brillo solar. Sin embargo, cuando se presenta luminosidad por debajo de las 3 horas sol/día, afecta considerablemente la fotosíntesis y la producción de materia seca.

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

Limitantes de la evaluación de la variable

Baja densidad de las estaciones meteorológicas en algunas zonas con registro de heliofanía y no disposición de bases de datos de brillo solar actualizadas, lo que causa imprecisiones en la distribución espacial del brillo solar medio diaria anual en Colombia.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información: se basa en la información del atlas climático del Ideam para el periodo comprendido entre 1981 y 2010, cuya conformación se realiza por medio de un análisis espacio-temporal de la información del tiempo de hora media

anual y mensual registrada en las estaciones meteorológicas del Ideam en el territorio nacional. 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 realiza un ejercicio de delimitación espacial de zonas de brillo solar medio diario anual, que reflejan los rangos de brillo solar establecidos por el equipo técnico del componente físico; esta actividad fue apoyada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

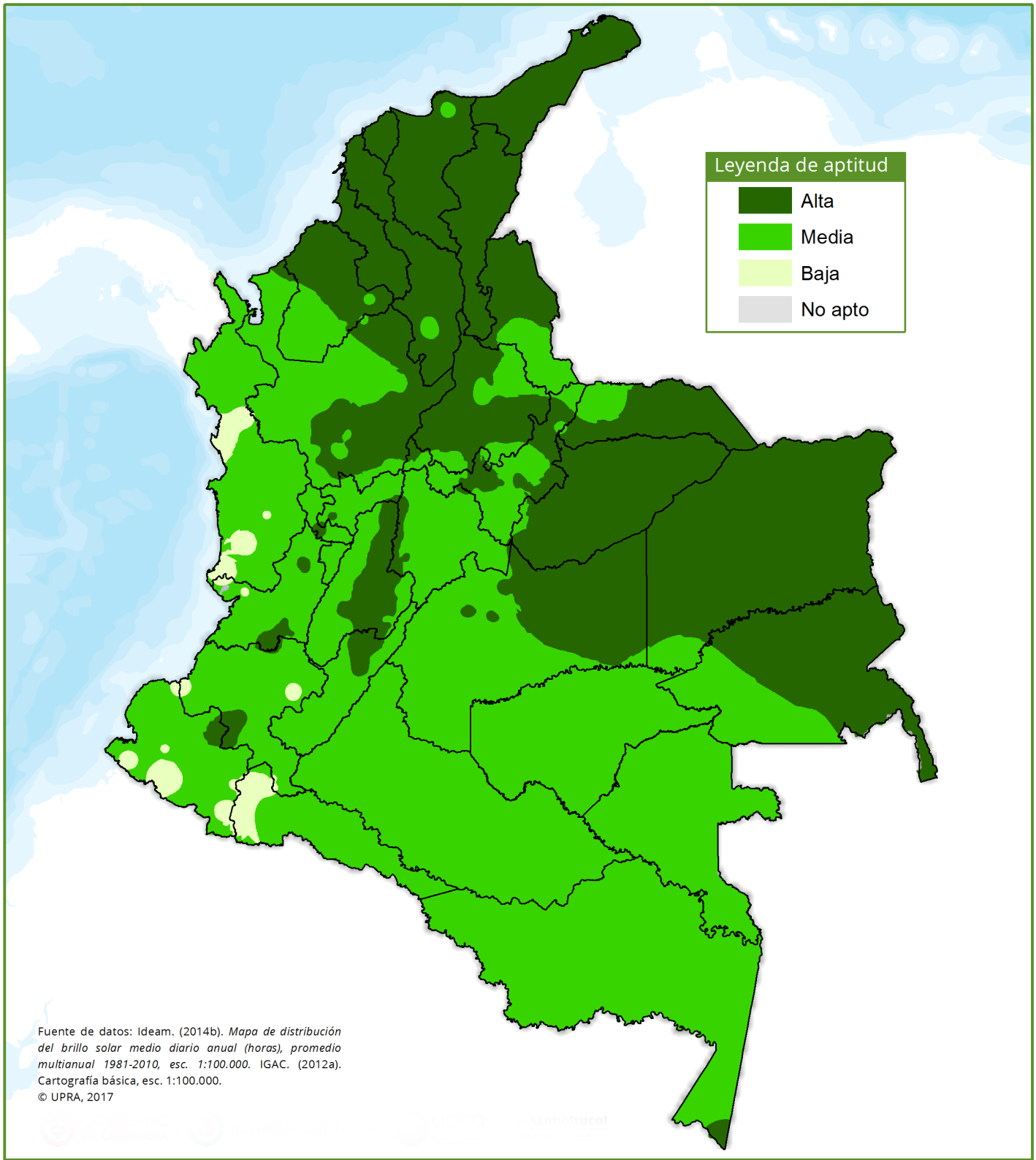
Distribución del brillo solar medio diario anual en el territorio nacional.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



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

© UPRA, 2017

Criterio condiciones climáticas

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

1.2. Criterio capacidad de laboreo

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: capacidad de laboreo		
Variables asociadas al criterio		
• Pendiente, expresada como porcentaje (%). • Textura, expresada como clase textural. • Pedregosidad, expresada como fase de pedregosidad.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo de fresa implica una adecuada preparación del terreno y, en la mayoría de los casos, se requiere del uso de maquinaria.

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

Importancia del criterio para el cultivo

Es un criterio fundamental en el establecimiento y manejo de los cultivos de fresa, ya que integra las variables pendiente, textura y pedregosidad, cuyos rangos de variación harán más fácil o más difícil el uso de maquinaria, equipos e implementos para las diferentes actividades culturales.

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 (N1): las pendientes mayores de 50 %, pues van en contra de la conservación de suelos por el movimiento de las partículas de suelo a través de la pendiente y limita el uso de la maquinaria; la pedregosidad mayor de 35 % (fase pedregosa) no permite las labores mecanizadas.

Limitantes de la evaluación del criterio

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

La pedregosidad no se encuentra en rangos, solamente si es pedregoso o no pedregoso. La fase por pedregosidad se valora en el trabajo de campo del estudio de suelos y se califica así cuando es mayor de 35 % de pedregosidad.

Valor de ponderación del criterio: 6,3 %

Metodología de procesamiento de la información

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

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

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

Pedregosidad	Aptitud
No pedregoso	A1
Pedregoso	N1

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La determinación de la clase de aptitud en el criterio se obtiene al tomar las tres variables (pendiente, pedregosidad y textura) y comparar los rangos de aptitud entre sí.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el manejo de los suelos, ya que reduce las posibilidades de una buena preparación de la tierra y, por lo tanto, puede llegar a generar cultivos con pobre desarrollo y con dificultades para la cosecha.

Debido al alto contenido de materia orgánica de los suelos histosoles, se califican como de aptitud media (A2), ya que tienen un comportamiento especial al ser desecados; igualmente, los histosoles y oxisoles –cuando son finos– se comportan diferente a los otros suelos, debido a que la dominancia de las arcillas es de relación 1:1, lo que implica baja pegajosidad.

Árbol de decisión del criterio			
Pendiente	**Pedregosidad**	**Textura**	**Aptitud**
≤ 12	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A1
		FAr, L, ArA, ArL, histosoles	A2
		A, AF, Ar	A3
		Ar (oxisoles, ultisoles)	A2
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 12 - ≤ 25	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A2
		FAr, L, ArA, ArL, histosoles	A2
		A, AF, Ar	A3
		Ar (oxisoles, ultisoles)	A2
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 25 - ≤ 50	No pedregoso	F, FL, FA, FArA, FArL	A3
		FAr, L, ArA, ArL, histosoles	A3
		A, AF, Ar	A3
	Pedregoso	Cualquiera	N1
> 50	Cualquiera	Cualquiera	N1

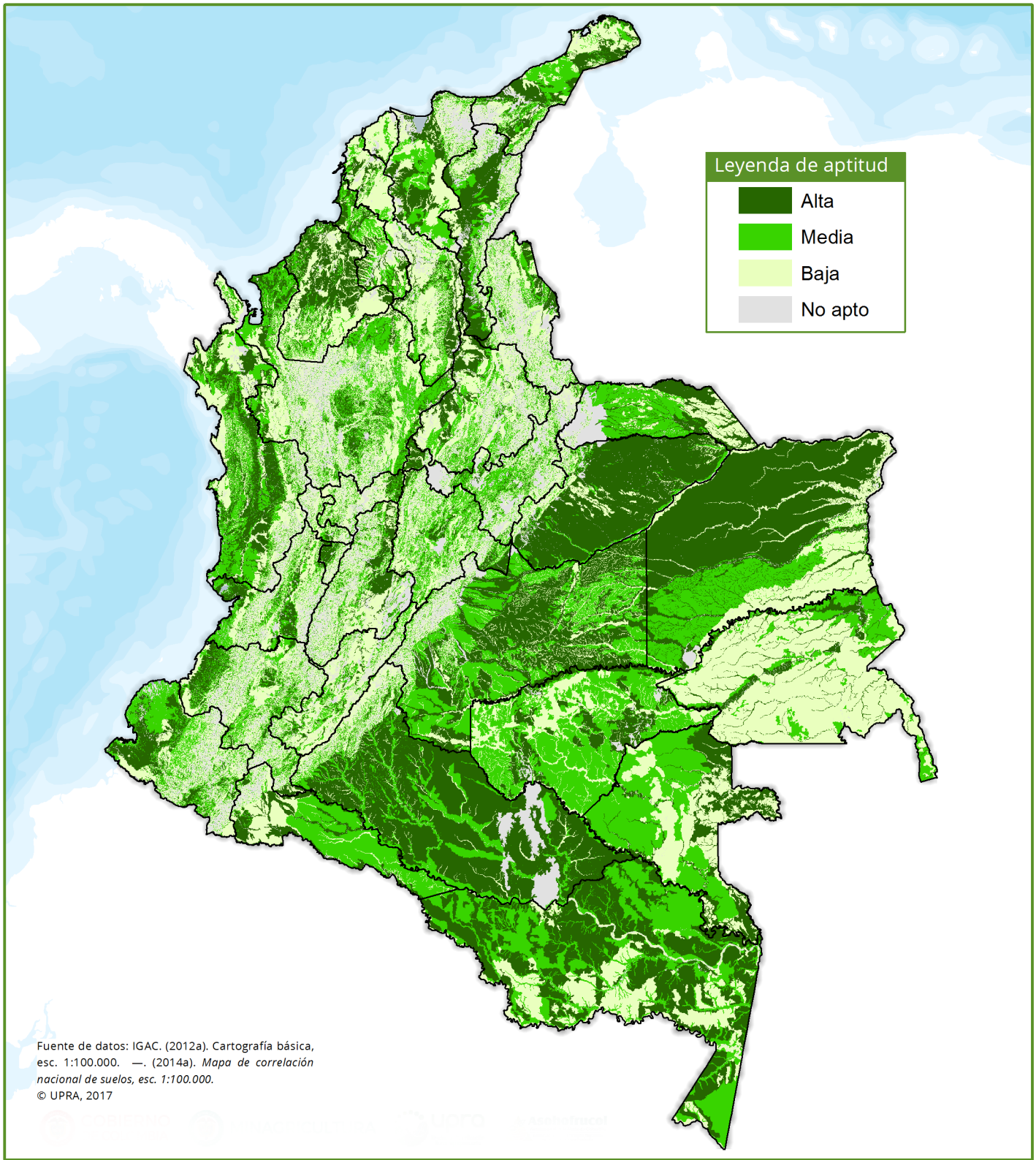
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio capacidad de laboreo

1.2.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: capacidad de laboreo		
Variable: pendiente	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

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

La pendiente de un terreno se calcula como gradiente de manera estricta o en sentido amplio como una forma sintética del relieve (Zuñiga, 2010). El aspecto de la pendiente, su forma y gradiente se maneja 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 fresa. De acuerdo con el desempeño de la maquinaria, se puede trabajar sin mayores dificultades en pendientes hasta de 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 la cosecha. De acuerdo con lo anterior, es muy importante tener en cuenta esta variable en esta zonificación para evitar movimientos en masa y pérdida de suelo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Pendientes mayores de 50 % se consideran no aptas (N1) para el cultivo comercial de fresa, debido a que en estas inclinaciones se dificulta el uso de la maquinaria para todas las labores de labranza.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

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

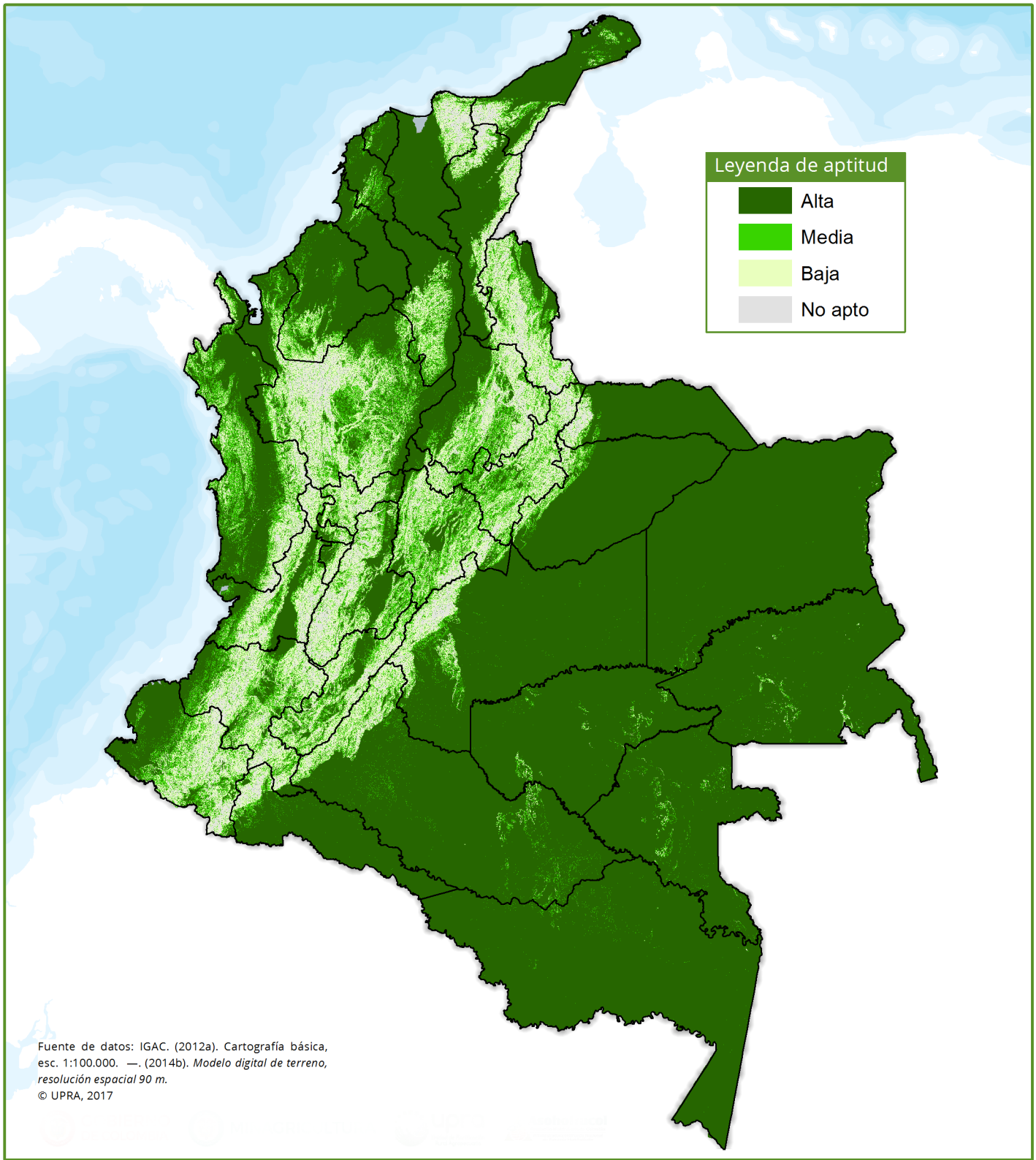
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014b). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m.*
© UPRA, 2017

Criterio capacidad de laboreo
Variable pendiente

1.2.2. Variable textura

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

Definición

Proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002). Las clases texturales, de acuerdo con el triángulo textural (IGAC 2010), son:

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 para el establecimiento del cultivo de fresa, porque de esta, 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, ya sean manuales o mecánicos, penetren con facilidad el suelo se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Los suelos con altos contenidos de arcilla se vuelven pesados y pegajosos (cuando las arcillas son de relación 2:1), los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y no facilitan la construcción de surcos o drenajes.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, el uso de la maquinaria y los implementos, pero ninguna se considera no apta (N1), 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 que dificultan su calificación; el

argumento 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 son posibles de 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 es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014a).

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas, que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (oxisoles, ultisoles) se incluyeron en la aptitud media (A2), por su baja pegajosidad; los histosoles tienen calificación A2 por la susceptibilidad a la compactación y los problemas de subsidencia que generan.

Las clases texturales con aptitud marginal (A3) corresponden, en primer lugar, a la arcillosa (relación 2:1), porque genera alta pegajosidad e impide el desempeño óptimo de la maquinaria y, en segundo lugar, a las gruesas, porque no son eficientes en la retención de humedad y ocasionan más rápidamente el desgaste de los implementos.

Rangos de aptitud

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

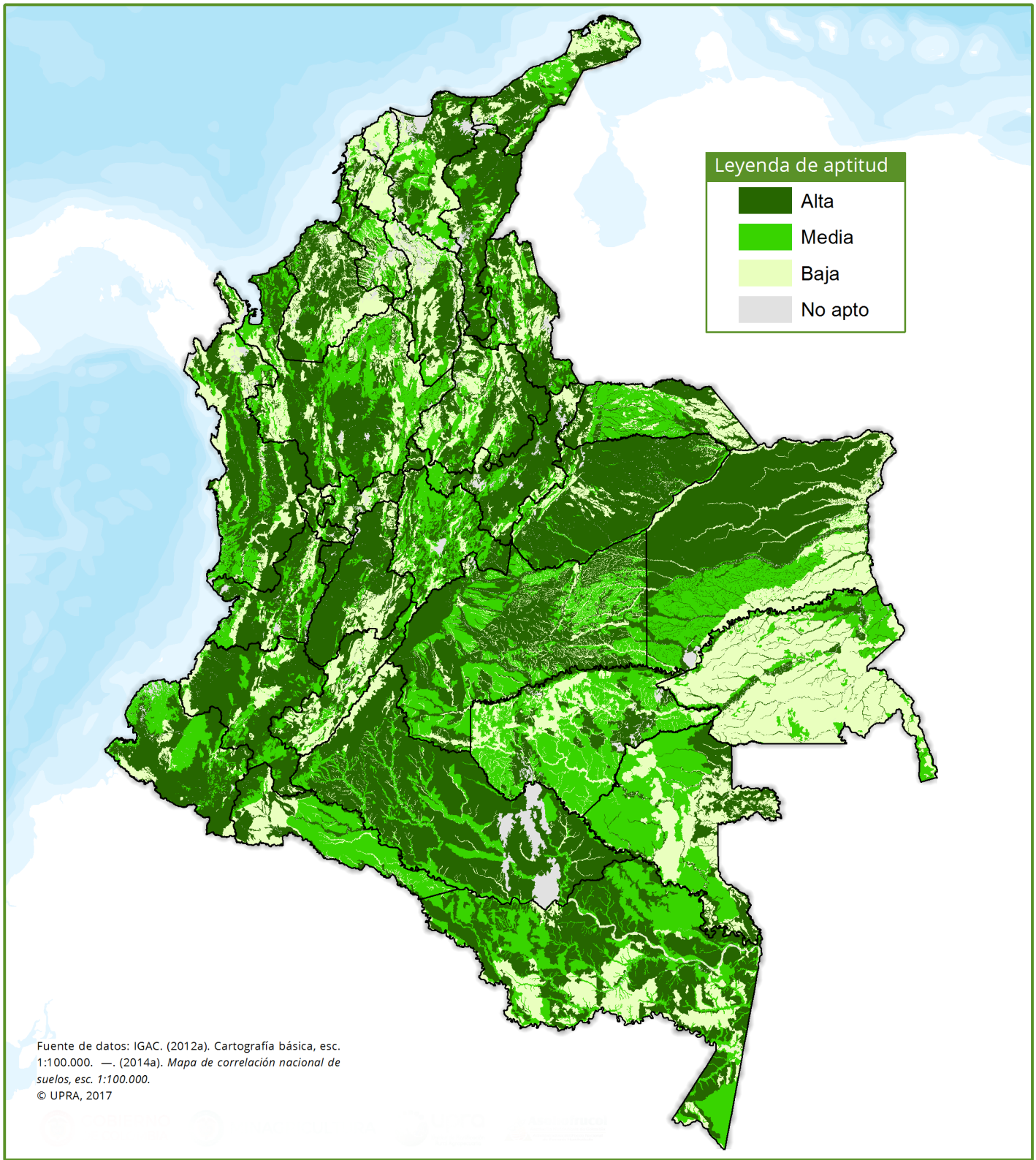
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio capacidad de laboreo

Variable textura

1.2.3. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 iguales o 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 de 35 %). Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de 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 fresa, 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 fresa y, en general, dificultan todas las prácticas culturales.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se considera que las áreas con un porcentaje de fragmentos de roca mayor de 35 % no son aptas (N1) para el cultivo de fresa, debido a que el porcentaje de recubrimiento es tan alto que no permite las prácticas de laboreo, principalmente en lo que se refiere al uso de maquinaria.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base del mapa de geopedología; solamente aparecen fase pedregosa (mayor de 35 % de pedregosidad) y no pedregosa, sin estar discriminada en rangos.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtienen a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014a).

La variable se toma como aparece en los registros de la información de la base de datos de la entidad, es decir, fase pedregosa o no pedregosa, pero sin especificar los rangos. Se asume que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor de 35 %, por lo tanto, no tiene aptitud para el cultivo comercial de fresa.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas con gremios, productores, literatura relacionada y Minagricultura, se determinan como tierras con aptitud alta los suelos sin pedregosidad; se excluye la presencia de pedregosidad mayor de 35 % por volumen, porque impide el desempeño de la maquinaria y obstaculiza el desarrollo de las raíces, así:

Rangos de aptitud

Clase de pedregosidad por volumen (%)	Aptitud
No pedregoso	A1
Pedregoso	N1

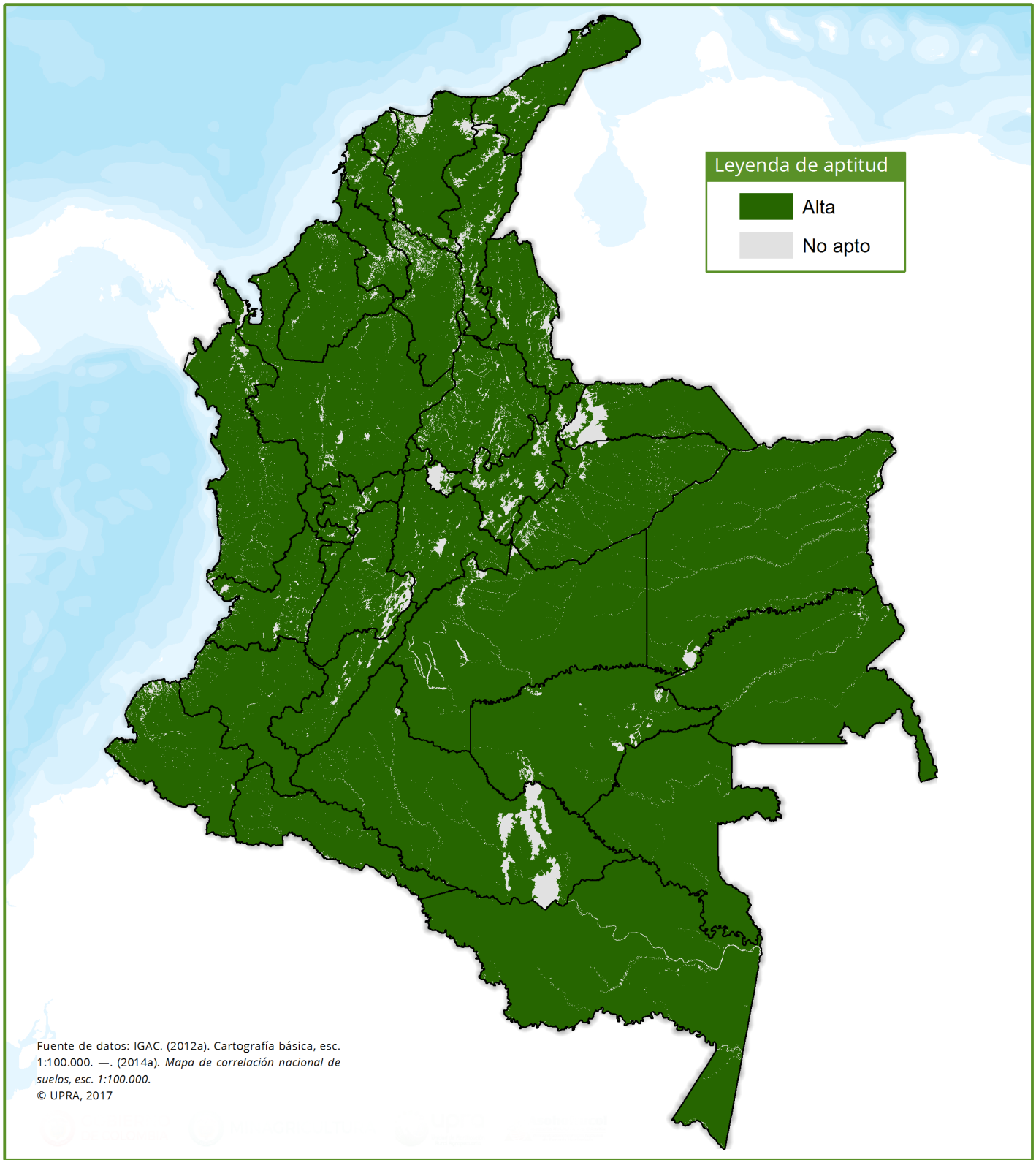
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio capacidad de laboreo

Variable pedregosidad

1.3. Criterio condiciones de enraizamiento

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: condiciones de enraizamiento		
Variables asociadas al criterio		
• Profundidad efectiva, expresada en cm. • Pedregosidad, expresada como fase de pedregosidad. • Textura, expresada como clase textural.		
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. 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 de nutrientes.

Importancia del criterio para el cultivo

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

Las buenas condiciones físicas del suelo, acompañadas del adecuado suministro de agua y nutrientes, se reflejan 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 se concluye que los límites a partir de los cuales no es posible el establecimiento de cultivos de fresa son la profundidad efectiva menor de 25 cm y pedregosidad mayor de 35 %.

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 calificado y que corresponden a aptitudes diferentes.

Valor de ponderación del criterio: 4,1 %

Metodología de procesamiento de la información

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

La calificación de pedregosidad se hace con la fase pedregosa del suelo, lo que significa que su contenido es mayor de 35 %.

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

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

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

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

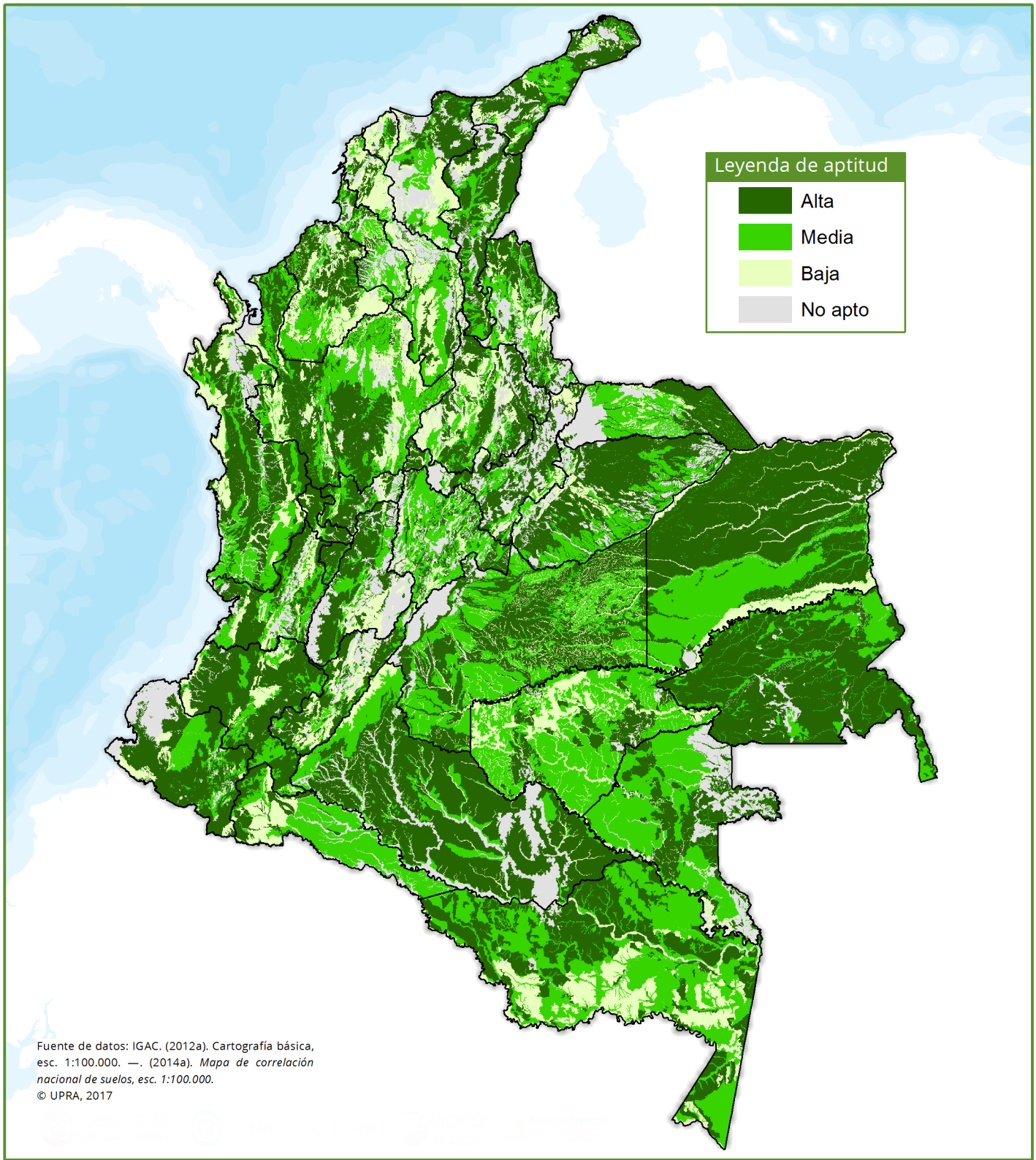
Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

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

Árbol de decisión del criterio			
Profundidad (cm)	**Textura**	**Pedregosidad**	**Aptitud**
> 50	F, FL, FA, FArA, L, A, AF, histosoles	No pedregoso	A1
		Pedregoso	N1
	FAr, FArL, ArA, ArL	No pedregoso	A2
		Pedregoso	N1
	Ar	No pedregoso	A3
		Pedregoso	N1
	Ar (oxisoles, ultisoles)	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
≥ 25 - ≤ 50	F, FL, FA, FArA, L, A, AF, histosoles	No pedregoso	A2
		Pedregoso	N1
	FAr, FArL, ArA, ArL	No pedregoso	A2
		Pedregoso	N1
	Ar	No pedregoso	A3
		Pedregoso	N1
	Ar (oxisoles, ultisoles)	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A3
< 25	Cualquiera	Cualquiera	N1

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio condiciones de enraizamiento

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

1.3.1. Variable profundidad efectiva

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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

Total de la profundidad del perfil del suelo favorable para el 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

Para el cultivo de la fresa, el suelo ideal debe tener una profundidad efectiva igual o mayor de 50 cm libre de fragmentos gruesos, contactos líticos, petroférricos 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 fresa, debido a que de ella depende, en gran medida, el buen desarrollo de las plantas. El sistema de raíces de la fresa requiere de suficiente profundidad para anclarse y poder extraer del suelo agua y nutrientes para su normal desarrollo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se definieron las profundidades efectivas menores de 25 cm como no aptas (N1) para el establecimiento del cultivo comercial de fresa, debido a que en estas profundidades hay restricciones en el área de exploración de nutrientes, en el desarrollo de las raíces y un pobre anclaje.

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, por ende, aptitudes diferentes.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de profundidad efectiva se obtienen del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014a) que corresponde con los límites de variación antes descritos (IGAC, 2010), para dar la calificación de profundidad a los mayores componentes taxonómicos dentro de la unidad cartográfica de suelos.

De acuerdo con diferentes consultas con gremios, productores y literatura, se determinan como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con profundidad mayor o igual de 50 cm y con aptitud media (A2), a los que tienen entre 25 y 50 cm; se excluyen las profundidades menores a 25 cm (N1), por no tener profundidad suficiente para el desarrollo de las raíces.

En la determinación de los rangos de aptitud por profundidad efectiva de los suelos, desde el punto de vista físico, se tienen 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, por ejemplo los horizontes argílicos y compactados, pueden ser mejorados, como en efecto se hace con subsoladores.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Esta variable criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

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

Unidad de análisis

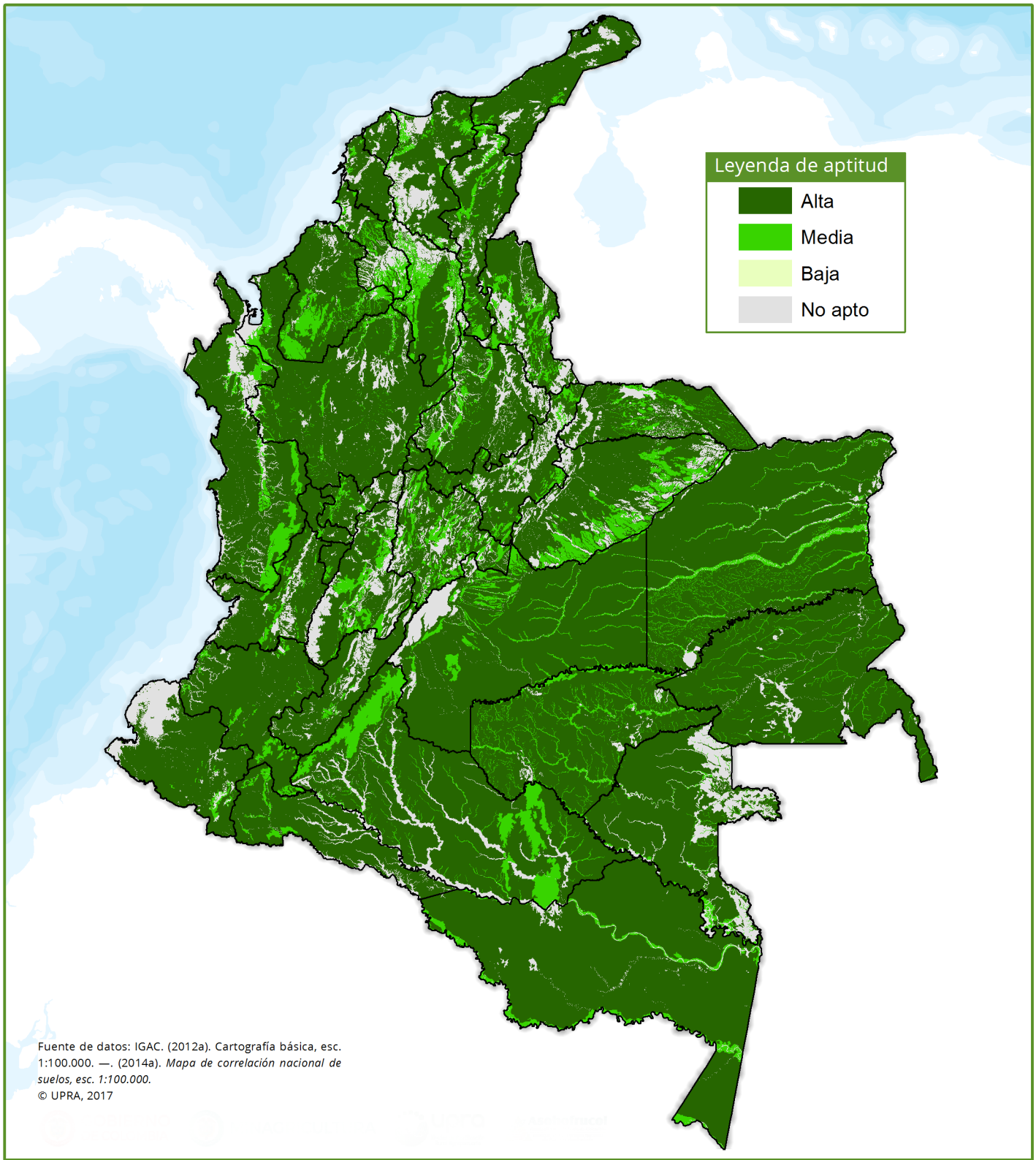
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio condiciones de enraizamiento

Variable profundidad efectiva

1.3.2. Variable pedregosidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: condiciones de enraizamiento		
Variable: pedregosidad	Unidad de medida: adimensional (fase cartográfica)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cantidad 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 fresa, porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua, aceleran la infiltración y disminuyen el volumen de material de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se ha considerado que las áreas con un porcentaje de fragmentos de roca mayor de 35 % no son aptas (N1) para el cultivo comercial de fresa, debido a que el volumen de material de suelo es muy poco para proveer de nutrientes y de agua a las plantas, y por

constituirse en un obstáculo físico para el normal desarrollo del sistema de raíces de las plantas de fresa.

Limitantes de la evaluación de la variable

La forma como se encuentra registrada la información en la base de geopedología dado que solamente aparece fase pedregosa y sin fase pedregosa, y no se encuentra expresada en rangos.

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de pedregosidad se obtienen del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014a). La variable se toma como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa o sin fase pedregosa, sin especificar rangos. Se hace la asunción de que cuando es pedregosa el porcentaje de fragmentos de roca es mayor de 35 %.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas con gremios, productores, literatura y Minagricultura, se determinaron como tierras con aptitud (A1) el conjunto de suelos con presencia de fragmentos gruesos menor de 35 % por volumen. Se excluyen suelos con presencia de pedregosidad (N1) mayor de 35 %, porque obstaculizan el buen desarrollo del sistema de raíces de las plantas.

Rangos de aptitud	
Pedregosidad	**Aptitud**
No pedregoso	A1
Pedregoso	N1

La información proveniente de los estudios generales de suelos del IGAC solo proporciona datos de la fase pedregosa, que se interpreta como mayor de 35 %, de tal manera que se considera sin aptitud (N1) la fase pedregosa, y con aptitud alta (A1) los suelos no pedregosos.

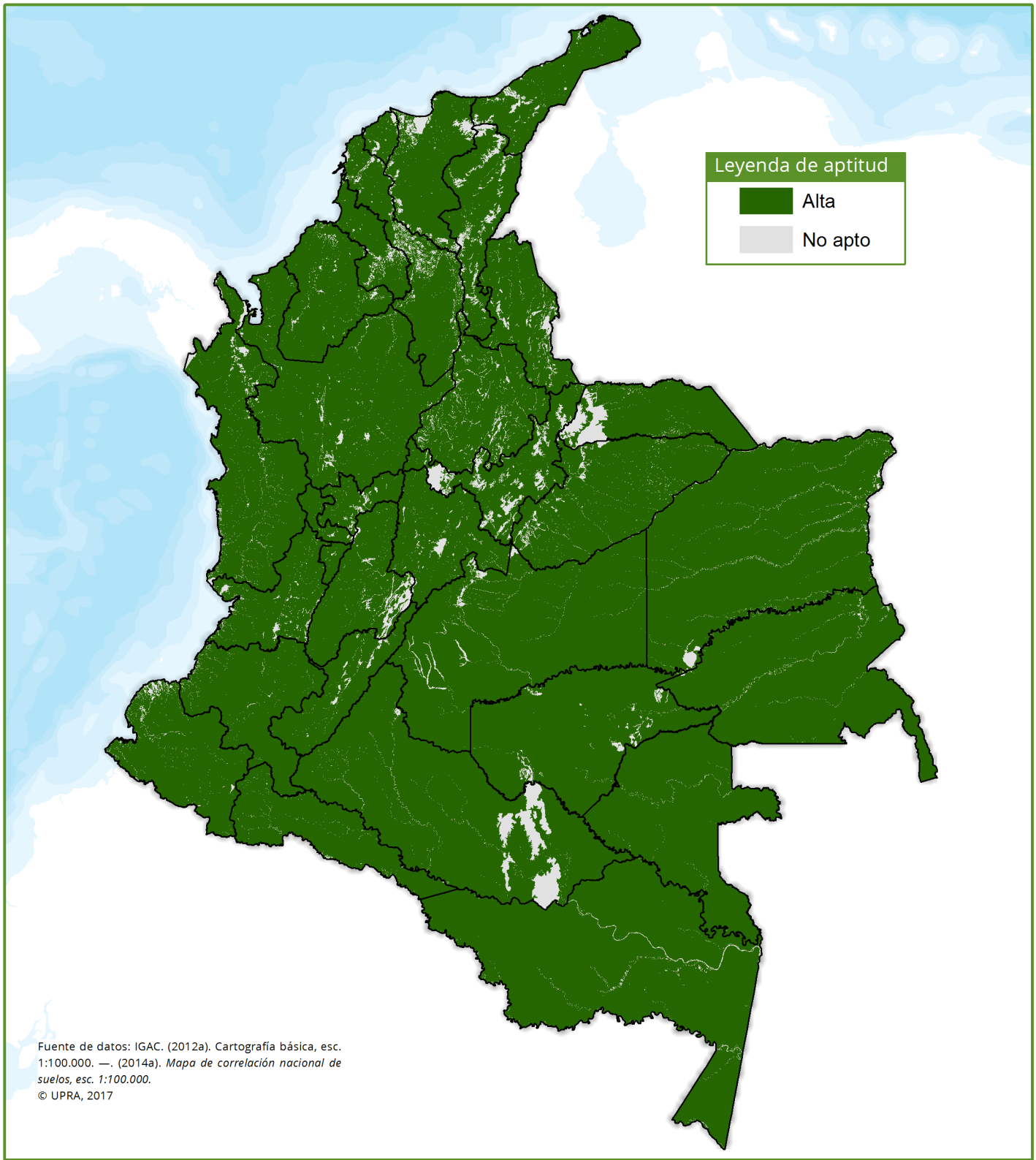
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio condiciones de enraizamiento
Variable pedregosidad

1.3.3. Variable textura

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

Definición

Proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

Las clases texturales (IGAC, 2010) se consignan en el siguiente cuadro:

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 para el establecimiento del cultivo de fresa 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 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

Se considera que en todos los tipos de textura el cultivo de fresa 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 espacialización de la unidad.

Metodología de procesamiento de la información

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

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

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), donde el cultivo de fresa puede obtener un mejor desarrollo, debido al buen suministro de oxígeno y suelo suelto para crecimiento de las raíces. Los suelos del orden histosoles se califican en aptitud alta (A1) debido a su alta porosidad.

Las clases texturales con aptitud moderada (A2) 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. Los suelos clasificados como oxisoles y ultisoles tienen calificación de aptitud moderada (A2), debido a su buena porosidad.

Las clases texturales finas son de aptitud marginal (A3), debido a la baja macroporosidad y posibles deficiencias de oxígeno al saturarse con agua, que impiden el crecimiento de las raíces.

Esta variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

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

Unidad de análisis

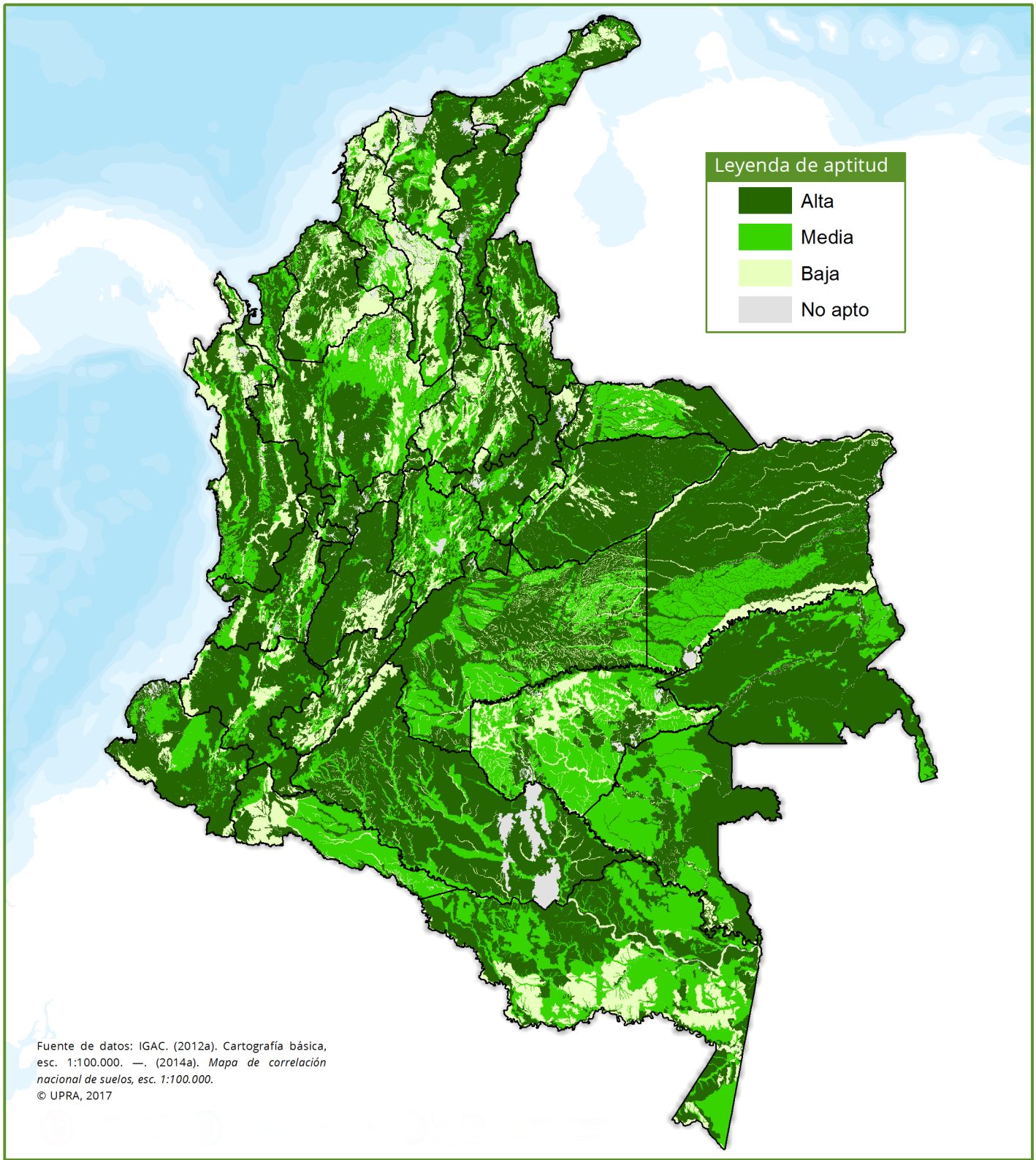
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio condiciones de enraizamiento
Variable textura

1.4. Criterio disponibilidad de humedad

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: disponibilidad de humedad		
Variables asociadas al criterio		
• Régimen de humedad, expresado como 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 está definido desde la interacción del régimen de humedad (número de días consecutivos o acumulados en que su sección control está seca, o sea humedad retenida a más de 15 bares o humedad <15 bares, pero mayor de 0) y la clase textural de los suelos.

Importancia del criterio para el cultivo

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se ha considerado que los regímenes de humedad arídico y perácuico no tienen aptitud (N1) para establecer cultivos comerciales de fresa, ya que, en el primer caso, no hay condiciones para el almacenamiento de humedad, generando estrés para las plantas y, en el segundo caso, el suelo está saturado con agua y la fresa es susceptible a los encharcamientos e inundaciones, porque la planta se asfixia con facilidad y es vulnerable al ataque de hongos en el tejido radicular. Igualmente, la ausencia de oxígeno genera intoxicación en las raíces de las plantas y, como consecuencia, conlleva grandes pérdidas en la producción.

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

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 calificado y, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

Valor de ponderación del criterio: 9,6 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extractan del mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014a) y se otorga la calificación que técnicamente se considera en cada una de las variables, así:

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

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

Los rangos de aptitud de las dos variables se establecen 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 es la limitación que cada variable representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, la formación de frutos, y proporcionalmente, la producción.

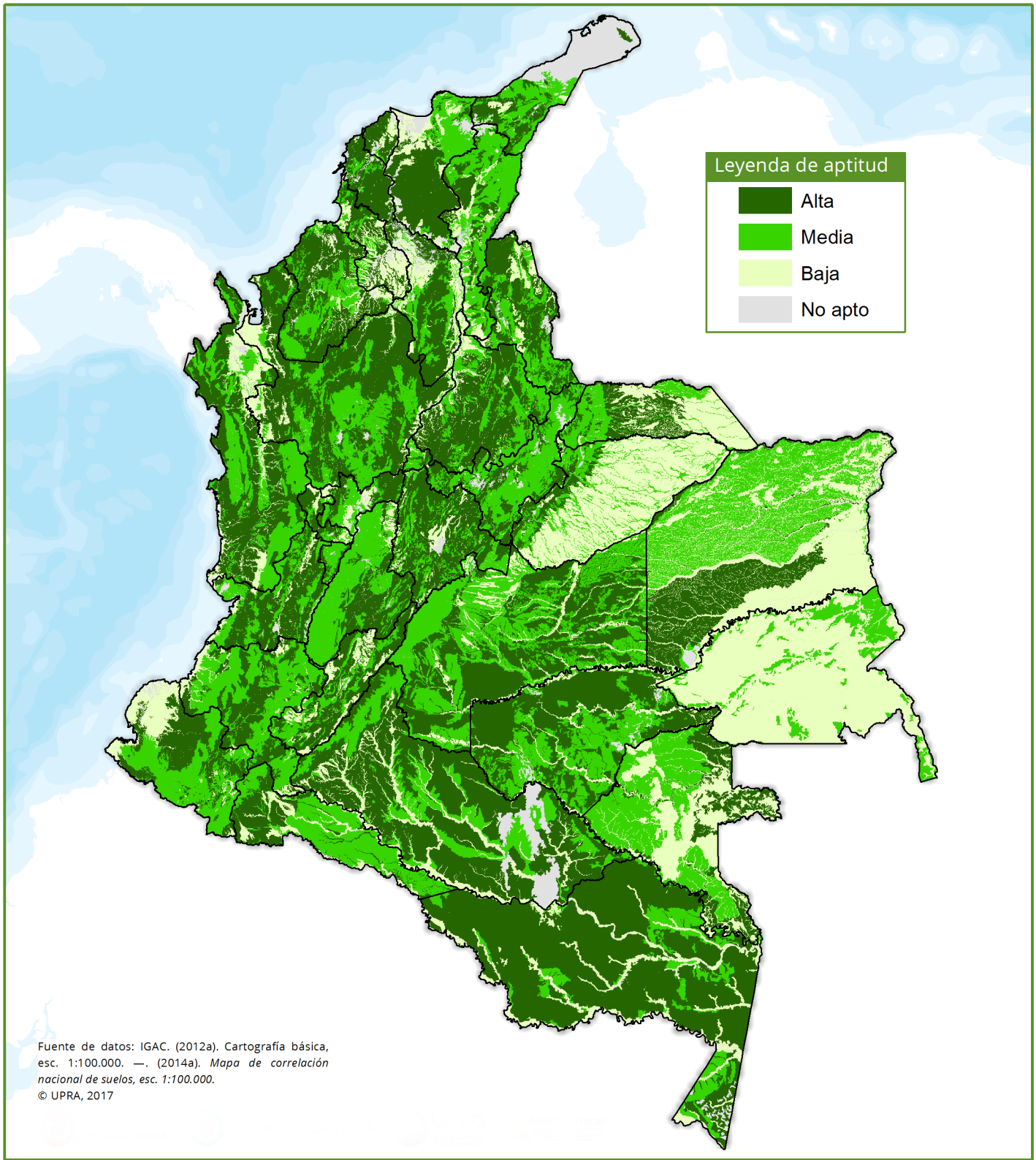
Árbol de decisión del criterio		
Régimen de humedad	**Textura**	**Aptitud**
Údico y ústico	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, orgánicos	A1
	FA, L, F, FL	A2
	A, AF	A3
Ácuico	Cualquiera	A3
Arídico y perácuico	Cualquiera	N1

Los suelos orgánicos (histosoles) se calificaron con aptitud alta (A1), ya que la materia orgánica les proporciona alta capacidad de retención de humedad.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de humedad

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —.(2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* Bogotá: IGAC.

1.4.1. Variable régimen de humedad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: disponibilidad de humedad		
Variable: régimen de humedad	Unidad de medida: adimensional (clase de régimen)	
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 durante 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 ºC o superior, o si las temperaturas medias de verano y de invierno del suelo difieren en menos de 6 ºC a una profundidad de 50 cm, la sección control de humedad del suelo en áreas de régimen ústico está seca en alguna o todas las partes, en noventa (90) o más días acumulativos en años normales. Es húmedo, sin embargo, en alguna parte, ya sea durante más de ciento ochenta (180) días acumulativos por año o noventa (90) o más días consecutivos.

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

Perácuico: hay suelos, sin embargo, en la 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 ºC.

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 ºC.

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 lo 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. Los regímenes de humedad údico y ústico son óptimos para el cultivo de fresa.

La importancia de esta variable se fundamenta en que para el establecimiento del cultivo comercial de fresa hay muy poca infraestructura de riego, por ende, la disponibilidad natural de agua en el suelo es determinante para el desarrollo del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se consideran zonas no aptas (N1) aquellas zonas con regímenes de humedad excesiva (régimen perácuico) o con déficit (régimen arídico), debido a que requieren grandes obras de adecuación de tierras orientadas al drenaje, en el primer caso, y de riego, para el segundo.

Limitantes de la evaluación de la variable

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan unidades cartográficas denominadas asociaciones (tienen dos o más componentes taxonómicos). Para efectos de la zonificación se califica el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje. Esto significa que, dentro de un área determinada, pueden existir regímenes de humedad diferentes, pero no se pueden representar cartográficamente.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso de evaluación de la variable se realiza a partir de la información del mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014a). En los casos que no tienen definido el régimen de humedad, se complementa mediante la interpretación de la nemotecnia que brinda la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

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

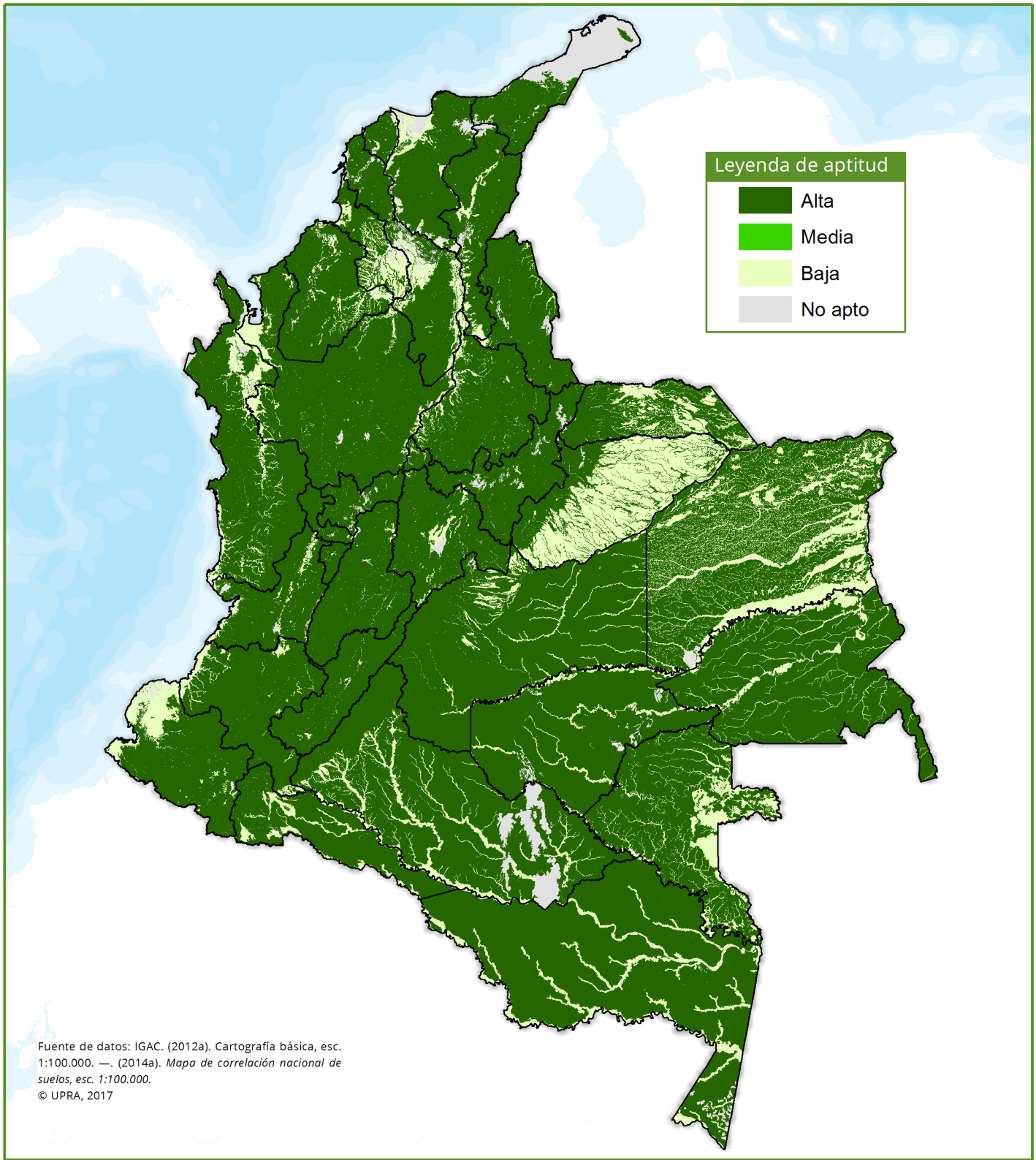
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos.* Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- USDA. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos (12.a ed.).* (C. A. Ortiz-Solorio, E. Gutiérrez-Castorena, y M. Gutiérrez-Castorena, Trads.) Departamento de Agricultura de EE. UU.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de humedad

Variable régimen de humedad

1.4.2. Variable textura

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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, 1985, citado por Ingeominas, 2002).

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

Clases texturales	
Arenosa (A)	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 para el establecimiento del cultivo comercial de fresa porque propicia los tipos de interacciones que pueden ocurrir entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente.

La textura del suelo es una propiedad física que se usa 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 en la que los suelos presentan mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; los tamaños de partículas más gruesos facilitan la permeabilidad, mas no la retención.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

No se considera alguna textura excluyente (N1) por su mínima o máxima capacidad de retención de humedad.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

La información base para determinar la textura en las unidades de tierra es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014a). La variable se define con base en los requerimientos del cultivo de fresa consultados con gremios y productores, en su relación con el crecimiento y desarrollo.

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.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Las clases texturales con mayor contenido de arcillas se califican con aptitud alta (A1) porque estas favorecen una alta retención de humedad que le permite al suelo tener reservas para las épocas secas. Los suelos orgánicos (histosoles) se califican en aptitud alta (A1) ya que la materia orgánica les proporciona alta capacidad de retención de humedad.

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 determinan con aptitud baja (A3) debido a que el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de fresa.

Los rangos de aptitud de la variable son los siguientes:

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

Unidad de análisis

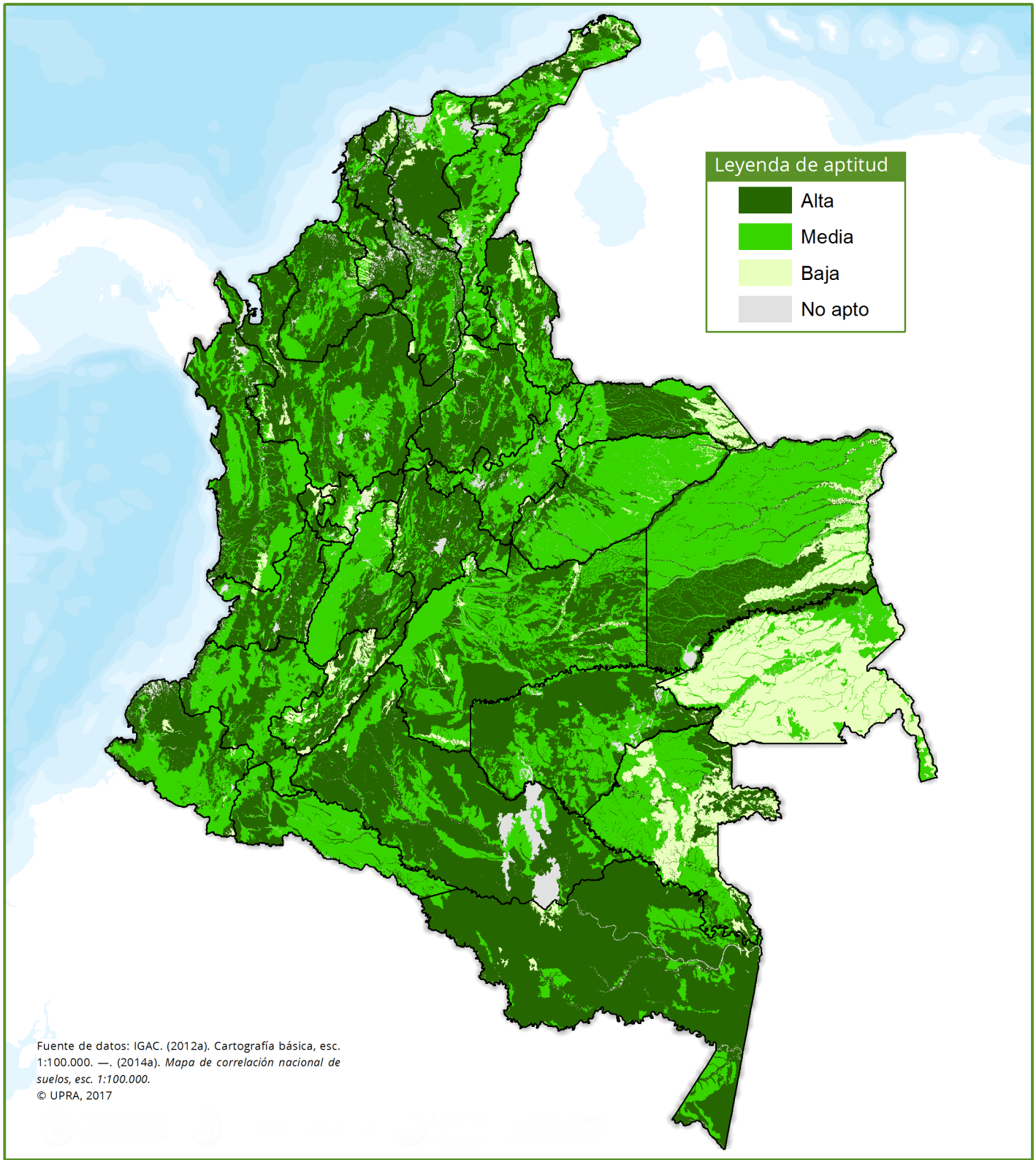
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos.* Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- Ingeominas. (2002). *Revisión estado del conocimiento.* Informe final, Subdirección de amenazas geoambientales. Bogotá.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de humedad

Variable textura

1.5. Criterio disponibilidad de oxígeno

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: disponibilidad de oxígeno		
Variables asociadas al criterio		
• Drenaje natural, expresado como clase de drenaje. • Susceptibilidad a las inundaciones, expresada como frecuencia.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cualidad del suelo que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros del suelo permiten la libre circulación del CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas.

Importancia del criterio para el cultivo

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

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Debido a los largos periodos de saturación de agua, se ha considerado que los suelos con drenaje natural muy pobre no tienen aptitud (N1) para establecer cultivos comerciales de fresa ya que representan ausencia de oxígeno; por lo tanto, se asocian con niveles de intoxicación en las raíces de las plantas, lo que conlleva grandes pérdidas en la producción de fresa.

Igualmente, los terrenos que son susceptibles a inundaciones frecuentes y muy frecuentes se consideran no aptos (N1) para el cultivo comercial de fresa.

Limitantes para la evaluación del criterio

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado, por consiguiente, tienen niveles diferentes de aptitud.

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 el polígono de suelos es inundable o no es inundable.

Valor de ponderación del criterio: 9,8 %

Metodología de procesamiento de la información

Para la aptitud del criterio se toma 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 (IGAC, 2014a), para generar la calificación de las dos variables, así:

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

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

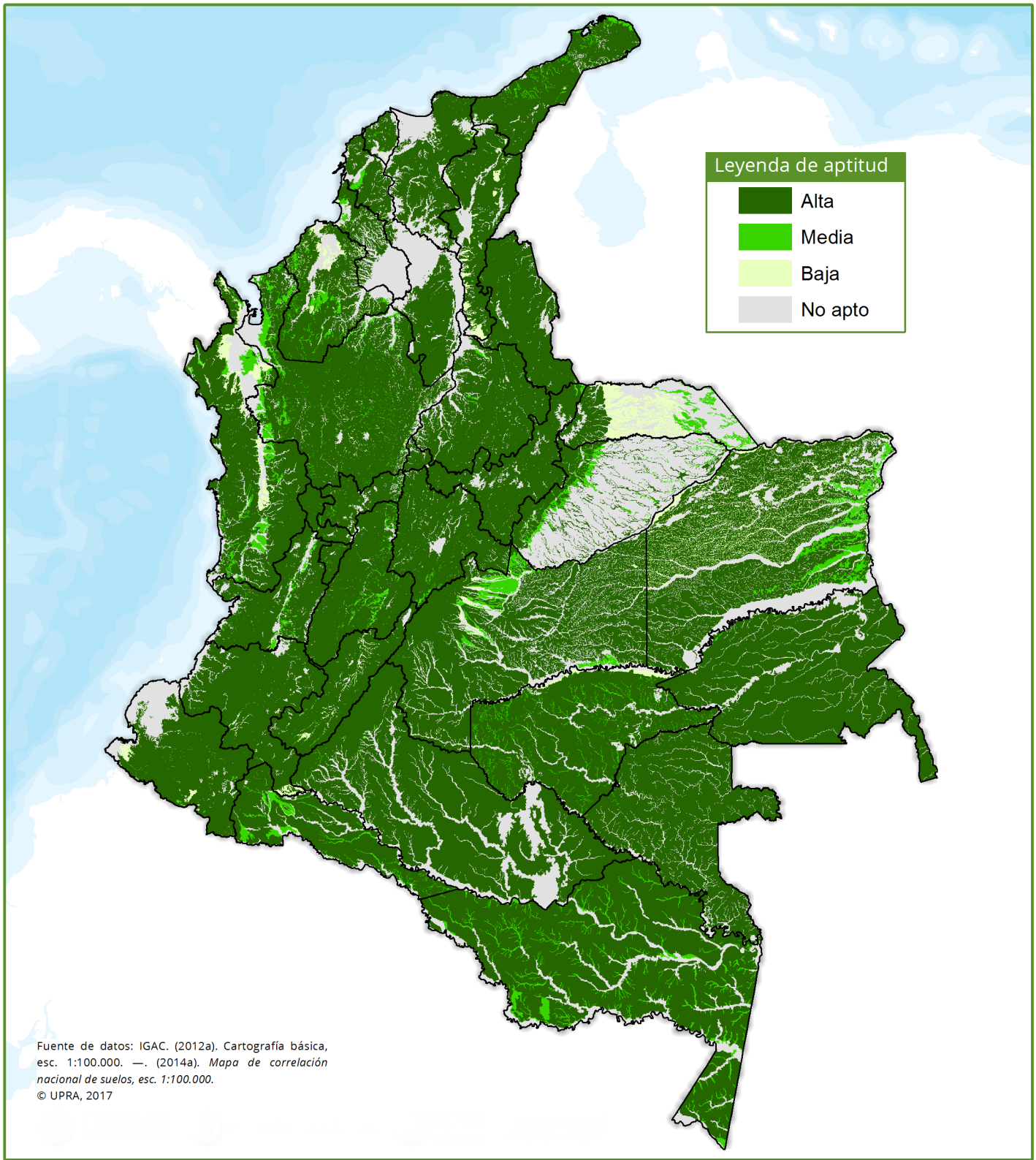
El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio es la limitación que cada variable representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, la formación de frutos y, proporcionalmente, la producción.

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

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de oxígeno

Fuentes de información

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

1.5.1. Variable drenaje natural

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

Definición

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, y tiene en cuenta la relación entre la pendiente, la escorrentía y la infiltración, y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley, así como la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

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

Importancia de la variable para el cultivo

El cultivo de fresa no es tolerante a suelos muy pobremente drenados y, por tanto, 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

Para el cultivo de fresa se excluyen los suelos con drenaje natural muy pobre debido a que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año, con lo que se causan daños irreversibles a las plantas. Por lo tanto, las zonas con este tipo de drenaje se consideran no aptas (N1).

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

Se utiliza la información del mapa de correlación de suelos (IGAC, 2014a). En los casos en que no se tiene información sobre el drenaje natural, se complementa mediante la interpretación de la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los suelos bien drenados y excesivamente drenados tienen aptitud alta (A1) debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno y el agua no se acumula fácilmente en el suelo; el drenaje natural moderado tiene aptitud media (A2), por requerir de algunas obras de drenaje para optimizar el oxígeno disponible. El drenaje natural imperfecto y pobre tiene aptitud baja (A3) por 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 comercial de fresa por tener agua en o cerca de la superficie del suelo la mayor parte del tiempo y, por tanto, es causa de daños irreversibles en el cultivo comercial de fresa.

Rangos de aptitud	
Drenaje natural	**Aptitud**
Bueno y excesivo	A1
Moderado	A2
Imperfecto y pobre	A3
Muy pobre	N1

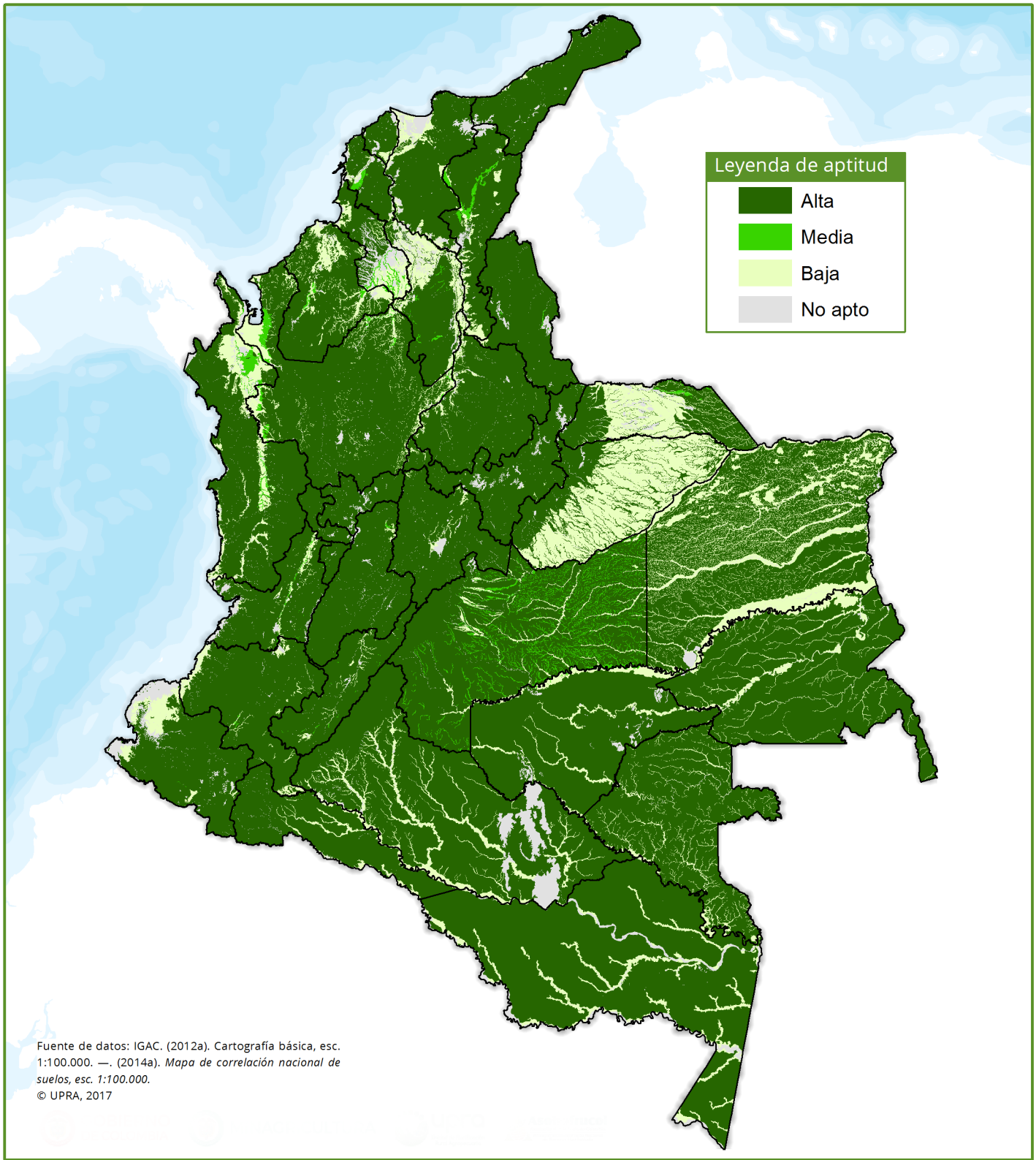
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos.* Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210.* EUA: Soil Conservation Service USDA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de oxígeno

Variable drenaje natural

1.5.2. Variable susceptibilidad a inundaciones

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

Definición

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

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

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

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

Clases por duración de las inundaciones o encharcamientos	
Clase	**Descripción**
Extremadamente corta	Menor de un (1) día
Muy corta	De 1 a 2 días
Corta	De 2 a 7 días
Larga	De 7 a 30 días
Muy larga	De 30 a 90 días
Extremadamente larga	De 90 a 180 días

Importancia de la variable para el cultivo

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

La tolerancia a las inundaciones y a los encharcamientos depende de cada especie vegetal. El cultivo de fresa no es tolerante a los encharcamientos e inundaciones ya que en esas condiciones se presentan enfermedades, retraso en la producción, baja floración, deficiente formación de frutos e incluso la muerte de las plantas.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se excluyen las áreas que presentan o son susceptibles a las inundaciones y a encharcamientos frecuentes y muy frecuentes (N1), debido a que se reduce la disponibilidad de oxígeno y afecta la producción del cultivo y la calidad de la fruta.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la base de datos del mapa de correlación de suelos (IGAC, 2014a), muchas unidades cartográficas no registran información sobre fases por inundación o encharcamiento; por consiguiente, en la zonificación para el cultivo de fresa se incluye su análisis, y se toman 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, pues no se puede predecir la duración del evento causante de los daños en los cultivos.

Metodología de procesamiento de la información

Se toma 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 complementada la base de datos con la presencia o no presencia de inundaciones, se procede a inferir el tiempo de duración con las variables de paisaje, drenaje natural y la relación con 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.

En las áreas donde no se registran inundaciones, la aptitud es alta (A1). Las tierras con inundaciones ocasionales son moderadamente aptas (A2), debido a que pueden ser acondicionadas con moderados a altos costos. Las áreas de inundación frecuente y muy frecuente se consideran no aptas (N1) para el establecimiento del cultivo de fresa.

Rangos de aptitud	
Susceptibilidad a inundaciones	**Aptitud**
No hay	A1
Ocasionales	A2
Frecuentes y muy frecuentes	N1

Unidad de análisis

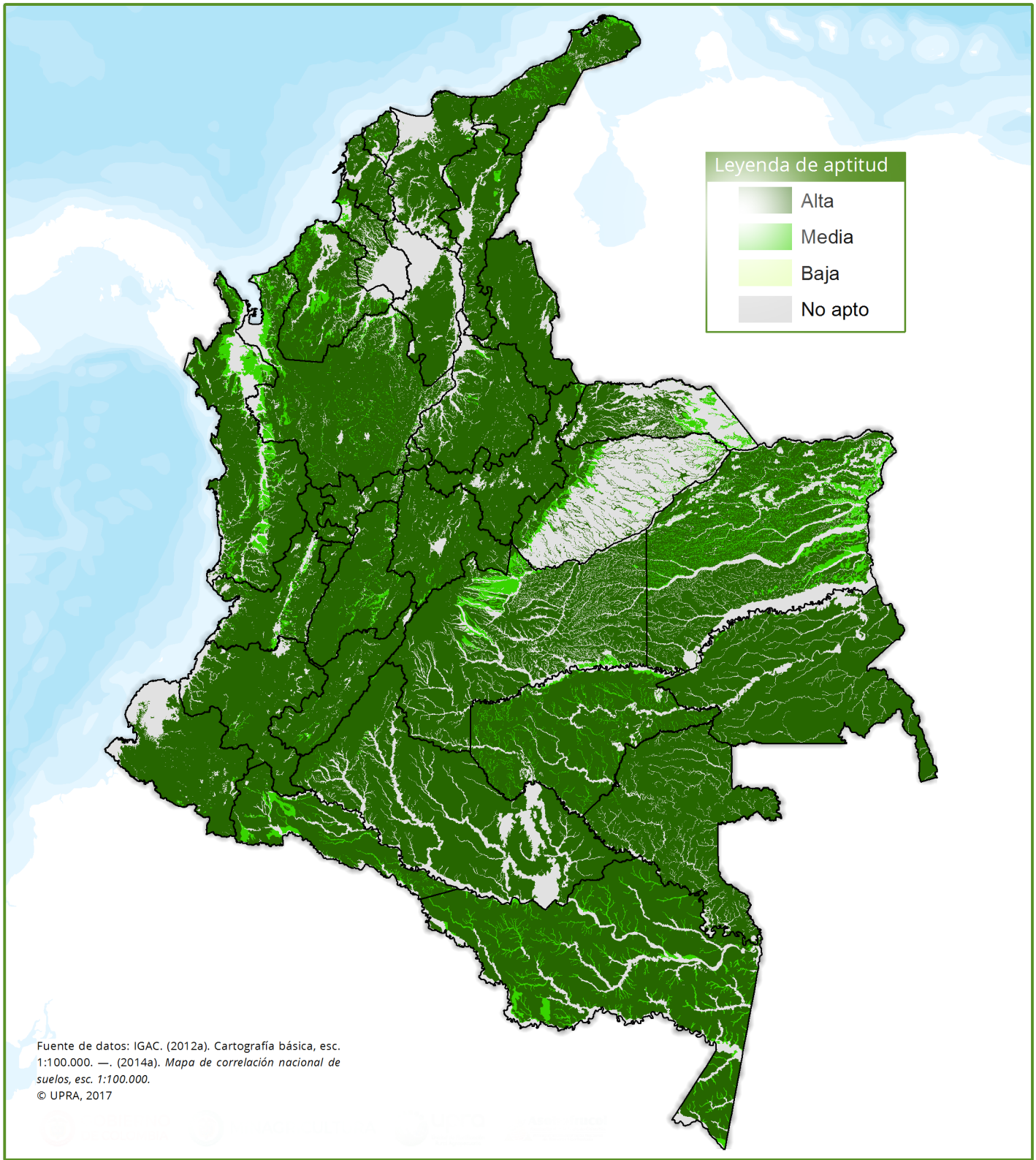
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- IGAC *et al.* (2012). *Conflictos de uso del territorio colombiano. Mapa nacional de vocación de uso de la tierra, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional.* Ginebra: WMO.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de oxígeno

Variable susceptibilidad a inundaciones

1.6. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variables asociadas al criterio		
• Pendiente, expresada como porcentaje (%). • Erosión actual, expresada como grado de erosión. • Susceptibilidad a movimientos en masa, expresada como grado de susceptibilidad.		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos y de movimientos en masa; integra las variables que causan o que originan dichos procesos.

De acuerdo con los diferentes sistemas productivos, y en particular con la cobertura del suelo, el cultivo de fresa puede prevenir la erosión si es manejado adecuadamente.

Importancia del criterio para el cultivo

Para el establecimiento del cultivo de fresa 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 la favorece. La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad de enraizamiento, por lo tanto, pérdida de la fertilidad, lo cual redunda en el crecimiento normal de los cultivos.

Por otro lado, el desgaste del 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 pendiente y la erosión actual presentan límites que se califican como no aptos (N1). En primer lugar, la erosión actual en grado severo y muy severo, ya que prácticamente no existe capa productiva. Y en segundo lugar, las pendientes superiores de 75 %, por ser muy inclinadas y susceptibles a los procesos erosivos.

Limitantes para la evaluación del criterio

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de la misma, existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

Valor de ponderación del criterio: 1,9 %

Metodología de procesamiento de la información

La información para las variables que conforman este criterio se obtiene de los mapas de susceptibilidad relativa a los movimientos en masa y de erosión, adelantados por el Ideam y el SGC (2010); 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):

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

Susceptibilidad a movimientos en masa	Aptitud
Muy baja y baja	A1
Media	A2
Alta y muy alta	A3

Erosión actual	Aptitud
No hay o es ligera	A1
Moderada	A2
Severa y muy severa	N1

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La calificación de este criterio se realiza por medio de un árbol de decisión. La determinación de la clase de aptitud en el criterio se realiza mediante la comparación de los rangos de las tres variables (pendiente, susceptibilidad a movimientos en masa y erosión actual).

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud radica en el efecto que cada una de las variables tiene en el favorecimiento de la pérdida de suelo, puesto 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

Continúa »

Árbol de decisión del criterio			
Pendiente (%)	**Susceptibilidad a movimientos en masa**	**Erosión actual**	**Aptitud**
> 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, 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

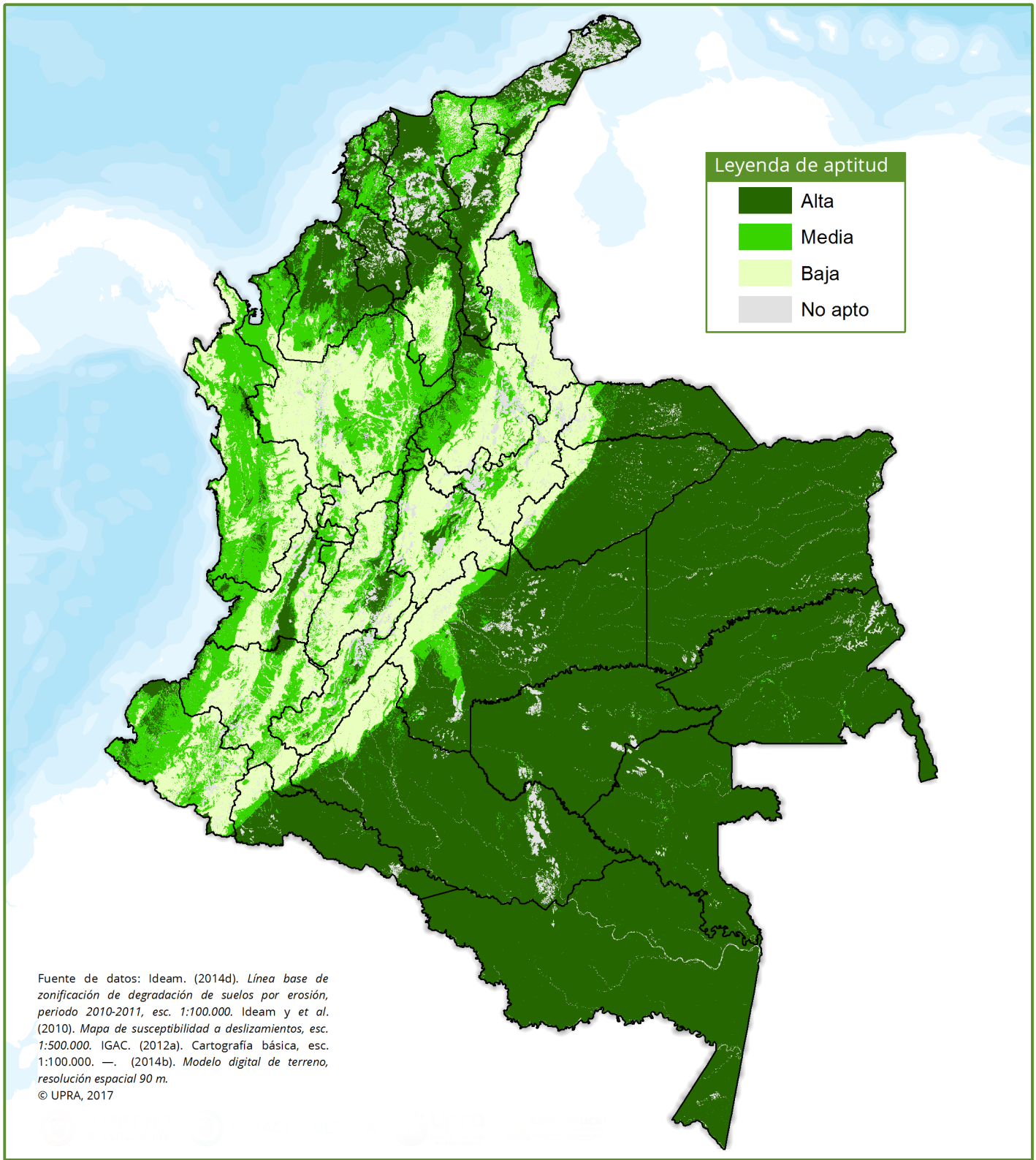
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Ideam. (2001). *Mapa de degradación de tierras por erosión.* Documento inédito. Bogotá: Ideam.
- —. (2014d). *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.*
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2014b). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 metros.* Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210.* EUA: Soil Conservation Service USDA.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam. (2014d). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, esc. 1:100.000.* Ideam y *et al.* (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, esc. 1:500.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014b). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m.*

© UPRA, 2017

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

1.6.1. Variable pendiente

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio asociado: susceptibilidad a la pérdida de suelos		
Variable: pendiente	Unidad de medida: porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales o centesimales, o porcentaje; 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 manejan 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 fresa. Este cultivo tolera pendientes para obtener rendimientos óptimos hasta el 25 %, 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 pérdida de suelo, más aún cuando, durante el ciclo del cultivo, no se realizan prácticas de conservación de suelos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Las pendientes mayores del 75 % se consideran no aptas (N1) para el cultivo comercial de fresa, debido a que dificultan o limitan el uso intensivo de maquinaria requerida para las labores de labranza, con un aumento en las probabilidades de erosión,

especialmente la hídrica por escorrentía, que se incrementa notablemente ya que la inclinación del terreno favorece la velocidad del movimiento de las partículas del suelo a favor de la pendiente, lo cual está en contra de la conservación de los suelos.

Limitantes de la evaluación de la variable

El proceso de generación del mapa de pendientes se basa en cálculos y análisis espaciales a partir del SRTM de 90 m y el modelo de elevación. El modelo no brinda una buena aproximación a la realidad del terreno, en particular, en pendientes superiores a 50 %.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso utilizado para la generación de la capa de pendientes por rangos es automatizado por medio del uso de funciones de SIG, a partir de DEM SRTM de 90 m. Se usan los rangos tradicionales utilizados por el IGAC, para los estudios de suelos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

La 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

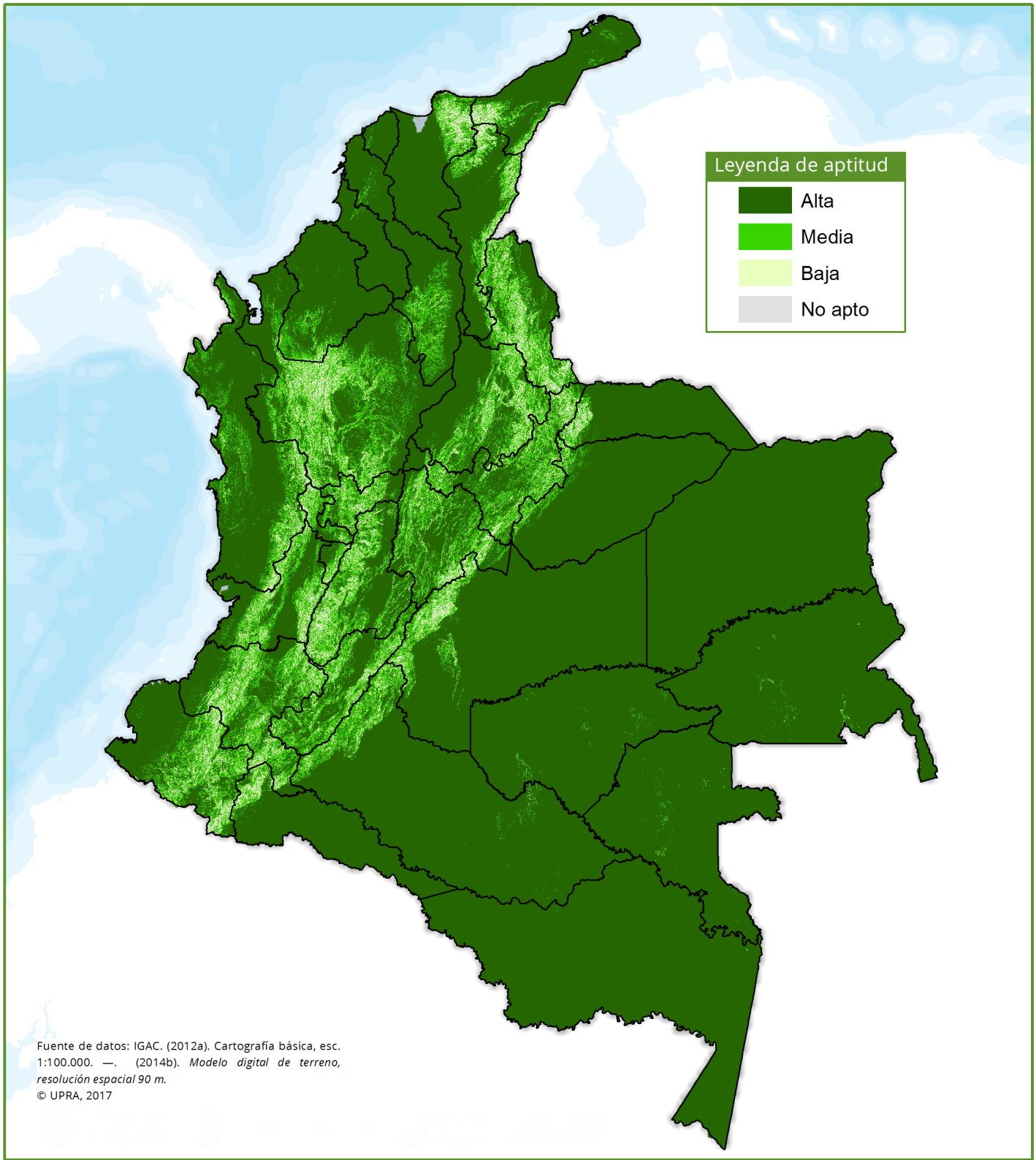
Unidad de análisis

Rangos de pendientes.

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014b). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m.*

© UPRA, 2017

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

Variable pendiente

1.6.2. Variable erosión actual

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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

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 por medio de la acción del agua en movimiento y el viento (USDA, 1961). Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en la superficie por los procesos erosivos.

A continuación, 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 fresa, 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 ende, la formación de raíces; también influye en la disponibilidad de nutrientes, lo que afecta el desarrollo del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

En el mapa de erosión se excluyen los rangos de erosión severa y muy severa como zonas no aptas (N1), debido a que los suelos han perdido la totalidad del horizonte A y parte o la totalidad del B. Esto significa que estas áreas no tienen buenas condiciones químicas ni propiedades físicas para el normal desarrollo del cultivo.

Limitantes de la evaluación de la variable

Para la representación cartográfica se utiliza el mapa de erosión del Ideam escala 1:100.000 (2014d) que cubre todo el territorio colombiano.

Metodología de procesamiento de la información

El proceso metodológico para la evaluación de esta variable consiste en la revisión de los requerimientos del cultivo comercial de fresa, relacionados con el estado de los suelos por erosión, la susceptibilidad a la degradación y la conservación de los suelos. Se realiza una revisión de información sobre mapas de erosión del país y se cuenta con información 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 ligera o sin erosión se definen con aptitud alta (A1); los de erosión moderada, como aptitud media (A2) y los de erosión severa y muy severa se definen como zonas no aptas (N1).

Rangos de aptitud	
Grados de erosión	**Aptitud**
Sin erosión y ligera	A1
Moderada	A2
Severa y muy severa	N1

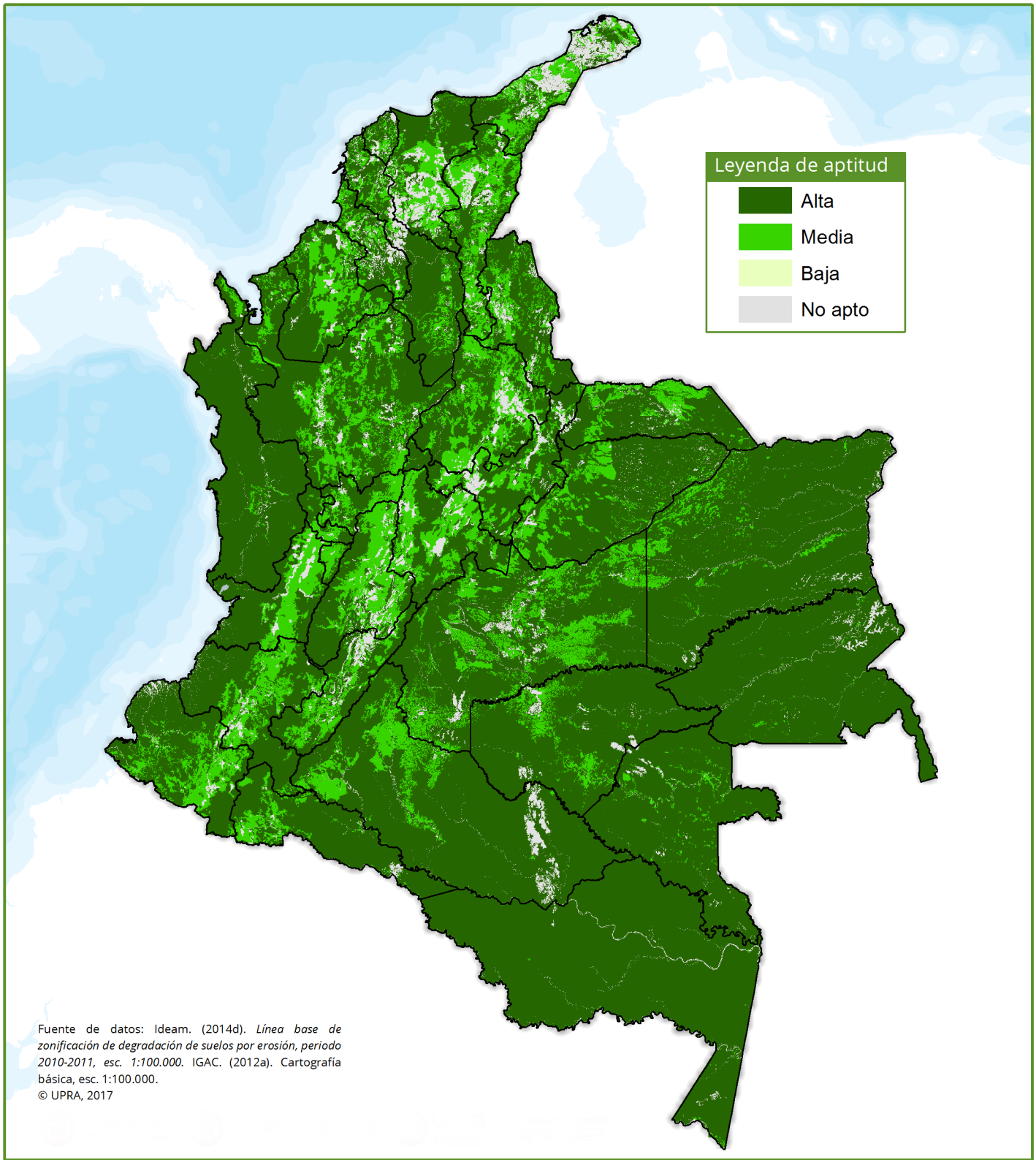
Unidad de análisis

Grados de erosión.

Fuentes de información

- Ideam. (2014d). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- • USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210.* EUA: Soil Conservation Service USDA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam. (2014d). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

Variable erosión actual

1.6.3. Variable susceptibilidad a movimientos en masa

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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. 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 se debe considerar a la hora de tomar decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de fresa.

Importancia de la variable para el cultivo

La variable debe ser considerada dentro de la zonificación del cultivo de fresa por ser un riesgo presente en un área determinada, que puede o no ocurrir, durante el desarrollo del cultivo. Debido al uso intensivo del suelo durante todo el proceso, lo adecuado es que esta susceptibilidad no esté presente, o que sea en forma leve.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Por ser una variable de probabilidad, no se tienen en cuenta rangos de exclusión (N1). Los movimientos en masa pueden suceder no solamente por la dinámica actual de la corteza terrestre, sino también por efecto de sismos y terremotos asociados con la tectónica de placas.

Otros factores que podrían incidir indirectamente en los movimientos en masa ya están considerados en las otras dos variables: pendiente y erosión actual.

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente utilizada es el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, escala 1:500.000 (Ideam y SGC, 2010).

Metodología de procesamiento de la información

El mapa de susceptibilidad a los deslizamientos fue generado por el Ideam e Ingeominas —hoy Servicio Geológico Colombiano (SGC)—, a partir de un modelo que

involucra variables de pendiente, material geológico, tectónica, suelos y cobertura vegetal. El modelo utiliza, en general, información a escala 1:500.000; para efectos de la zonificación, se usa sin modificación.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Se consideran zonas de aptitud alta aquellas con susceptibilidad baja y muy baja de movimientos en masa; de aptitud moderada, las de susceptibilidad media; y de aptitud marginal, los suelos con susceptibilidad alta y muy alta.

Susceptibilidad a movimientos en masa	Aptitud
Susceptibilidad baja y muy baja	A1
Susceptibilidad media	A2
Susceptibilidad alta y muy alta	A3

Unidad de análisis

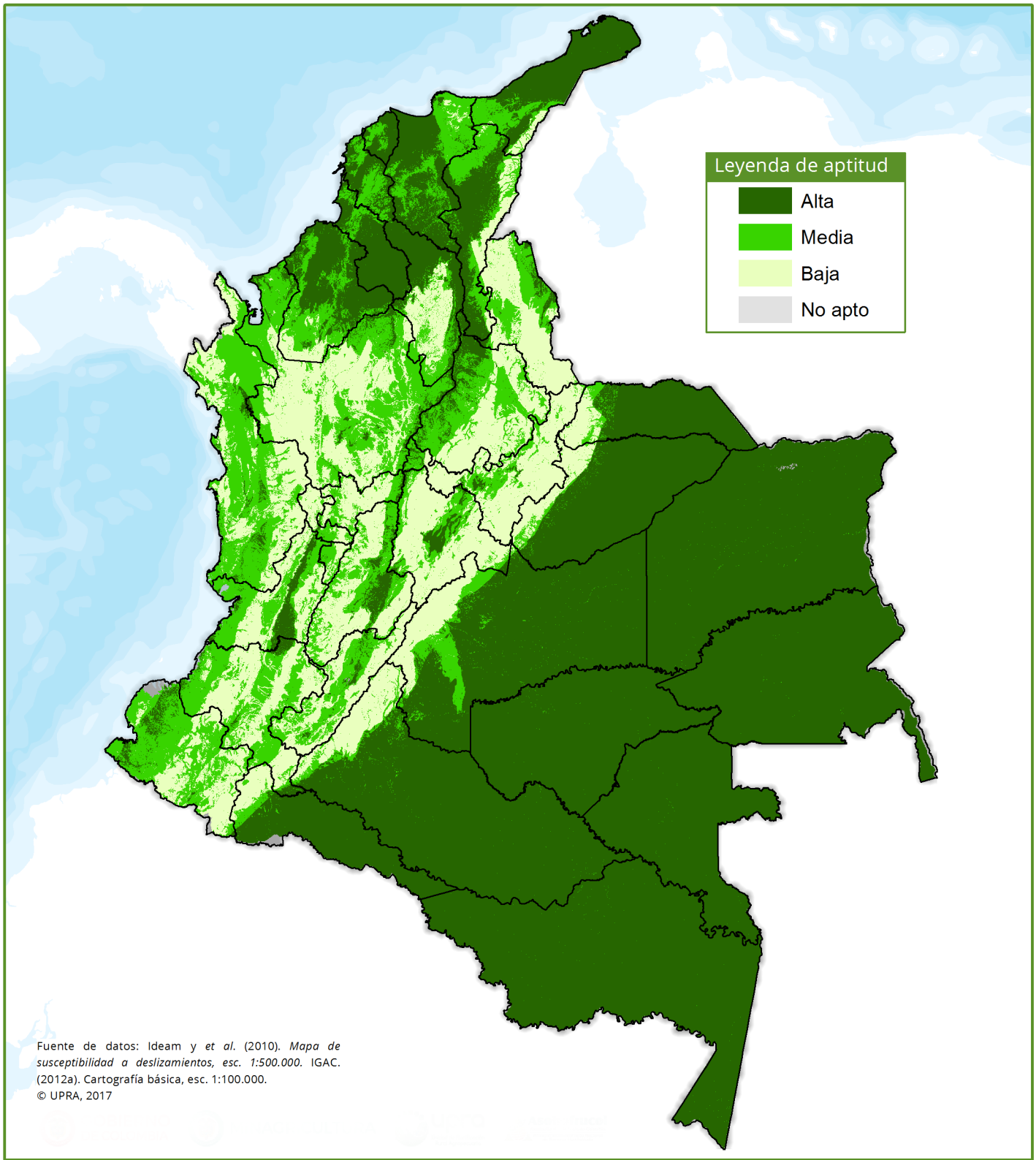
Áreas susceptibles a movimientos en masa.

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. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a los levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras* (2.ª ed.). (H. Villota, Ed.). Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam y *et al.* (2010). *Mapa de susceptibilidad a deslizamientos, esc. 1:500.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos
Variable susceptibilidad a movimientos en masa

1.7. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
Variables asociadas al criterio		
• Salinidad o sodicidad: salinidad, expresada en dS/m, y saturación de sodio, expresada como PSI. • Saturación de aluminio, expresada como porcentaje de saturación (%).		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn y Ni), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, 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.

Importancia del criterio para el cultivo

El Na, además de ser un elemento perjudicial para la estructura del suelo, debido a su efecto dispersante, genera la disminución del crecimiento de las raíces y necrosis en las hojas.

El Al es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración en el suelo, especialmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y los tallos, y las hojas pueden tomar un color púrpura, similar al producido por la deficiencia de P, dado que afecta el metabolismo del fosfato, inhibe la división celular e impide la absorción de Ca, Mg y K.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

De acuerdo con la fisiología de las plantas y las propiedades de los suelos colombianos, las variables de salinidad y porcentaje de sodio tienen rangos donde no es apto (N1) el cultivo comercial de fresa. No se recomienda el cultivo en suelos con salinidad mayor a 4 dS/m, ni con saturación de sodio superior a 15 % (PSI).

Fotografía: Archivo UPRA.

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 unidad, existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

En cuando a los contenidos de sales y sodio, el mapa de correlación de suelos presenta una limitación: en muchos casos se refiere a la presencia o no presencia sin indicar rangos como los propuestos (aspecto que se mejora con la interpretación de la taxonomía). En la concentración de aluminio sí existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

Valor de ponderación del criterio: 2,4 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extractan del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014a), y así se obtiene la siguiente calificación:

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

Salinidad (CE dS/m)	Aptitud
≤ 2	A1
> 2 - ≤ 4	A3
> 4	N1

Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 5	A1
> 5 - ≤ 10	A2
> 10 - ≤ 15	A3
> 15	N1

Los rangos de aptitud de cada variable se establecen de acuerdo con diferentes consultas con los gremios, productores y literatura relacionada.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud es la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, dado que se reducen las posibilidades de un adecuado crecimiento de las plantas, del nivel de formación de frutos y de los índices de producción. El siguiente árbol de decisión presenta la aptitud para el criterio, así:

Árbol de decisión del criterio			
Saturación de aluminio (%)	Salinidad (CE dS/m)	Saturación de sodio (%)	Aptitud
≤ 30	< 2	≤ 5	A1
		> 5 - ≤ 10	A1
		> 10 - ≤ 15	A2
		> 15	N1
	2 - 4	≤ 5	A1
		> 5 - ≤ 10	A3
		> 10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	> 4	Cualquiera	N1
> 30 - ≤ 60	< 2	≤ 5	A2
		> 5 - ≤ 10	A2
		> 10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	2 - 4	≤ 5	A3
		> 5 - ≤ 10	A3
		> 10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	> 4	Cualquiera	N1
> 60	< 2	≤ 5	A3
		> 5 - ≤ 10	A3
		> 10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	2 - 4	≤ 5	A3
		> 5 - ≤ 10	A3
		> 10 - ≤ 15	A3
		> 15	N1
	> 4	Cualquiera	N1

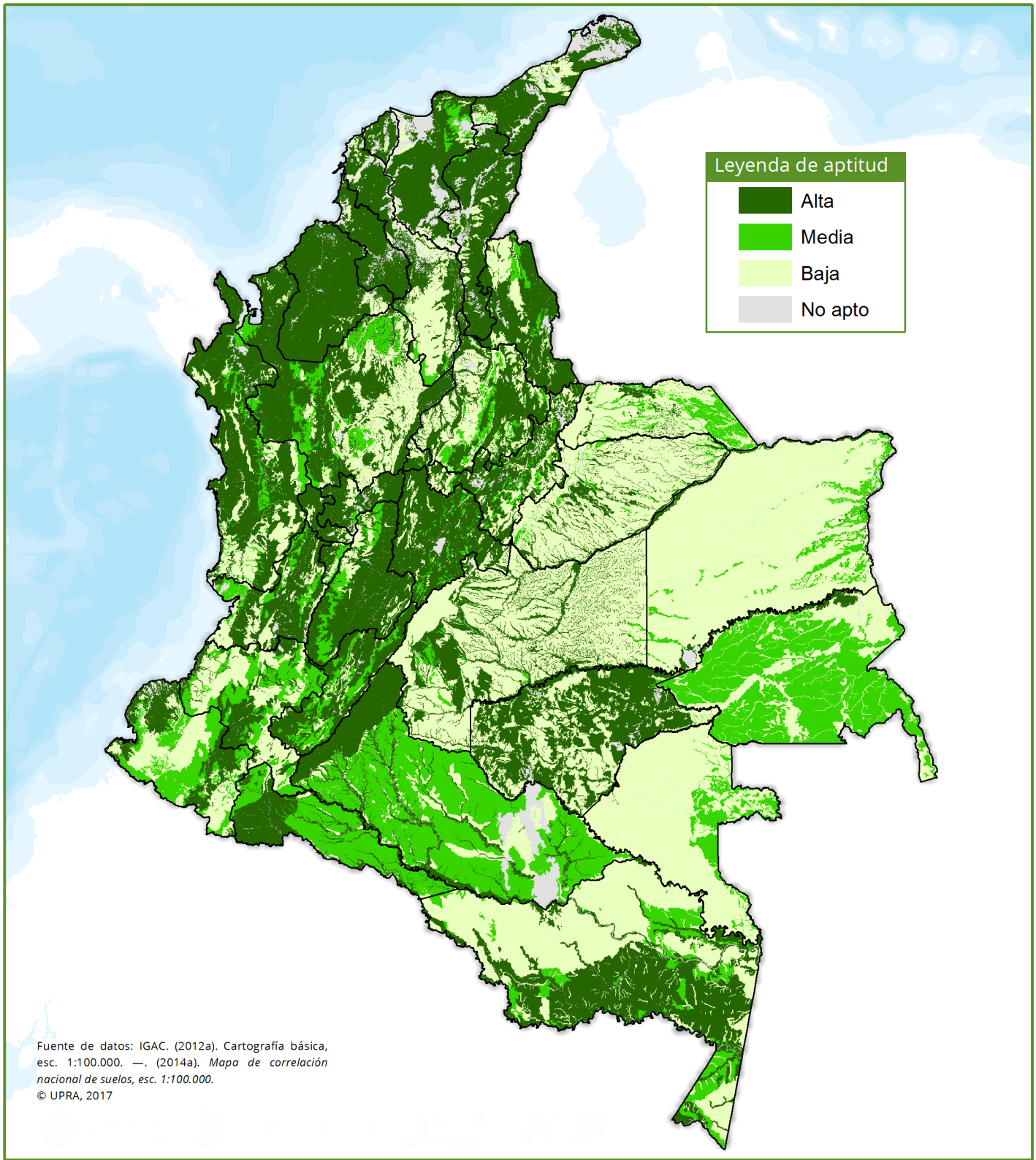
Unidad de análisis

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: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC. 119.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

1.7.1. Variable salinidad o sodicidad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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, como porcentaje de sales en el suelo o cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural, se 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 ústico.

En suelos salinos, el catión sodio es el que predomina en la solución del suelo, mientras que los cationes calcio y magnesio, 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 fresa se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, este requerimiento 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 ende, afecta la disponibilidad de los nutrientes.
- Afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K^+), Nitrato (NO_3), fósforo (PO_4) y calcio (Ca^{++}).

- Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
- 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 consiguiente, las plantas crecen menos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se considera que unidades de tierra con presencia de conductividad eléctrica mayor de 4 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 % no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos comerciales de fresa.

Limitantes de la evaluación de la variable

Falta de información de los estudios generales de suelos escala 1:100.000 en los que aparece solamente presencia o no presencia de sales. Además, la presencia de sales no se presenta de manera uniforme, porque varía tanto de forma horizontal como vertical y también en el transcurso del año.

La presencia de sales y de sodio se evidencia en forma de manchas: las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio muestra costras negras, a causa de la dispersión de la materia orgánica; también por 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 obtienen de la base del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 del IGAC (2014a). La calificación se le otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tienen información se infieren a partir de los nombres taxonómicos, las fases de salinidad y sodicidad, y directamente de la descripción del perfil. Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de fertilidad del manual de códigos del IGAC.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

De acuerdo con diferentes consultas con gremios, productores y literatura relacionada, se determinan como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con conductividad eléctrica menor o igual de 2 dS/m; aptitud baja (A3), entre 2 y 4 dS/m, y no aptos (N1), los suelos salinos, mayor de 4 dS/m.

Por su parte, se consideran tierras con aptitud alta (A1) las de contenido menor o igual de 5 % de sodio intercambiable; aptitud moderada (A2), las de mayor de 5 % hasta menor o igual a 10 % de sodio; aptitud baja (A3), las mayores de 10 % y menor o igual a 15 %, y no aptas (N1), los suelos sódicos, mayor de 15 % de sodio.

En conclusión, no se consideran aptos (N1), para el cultivo comercial de fresa, los suelos salinos, salino-sódicos y sódicos.

Salinidad o sodicidad de los suelos

Salinidad (CE dS/m)	Aptitud
≤ 2	A1
> 2 - ≤ 4	A3
> 4	N1

Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
≤ 5	A1
> 5 - ≤ 10	A2
> 10 - ≤ 15	A3
> 15	N1

Unidad de análisis

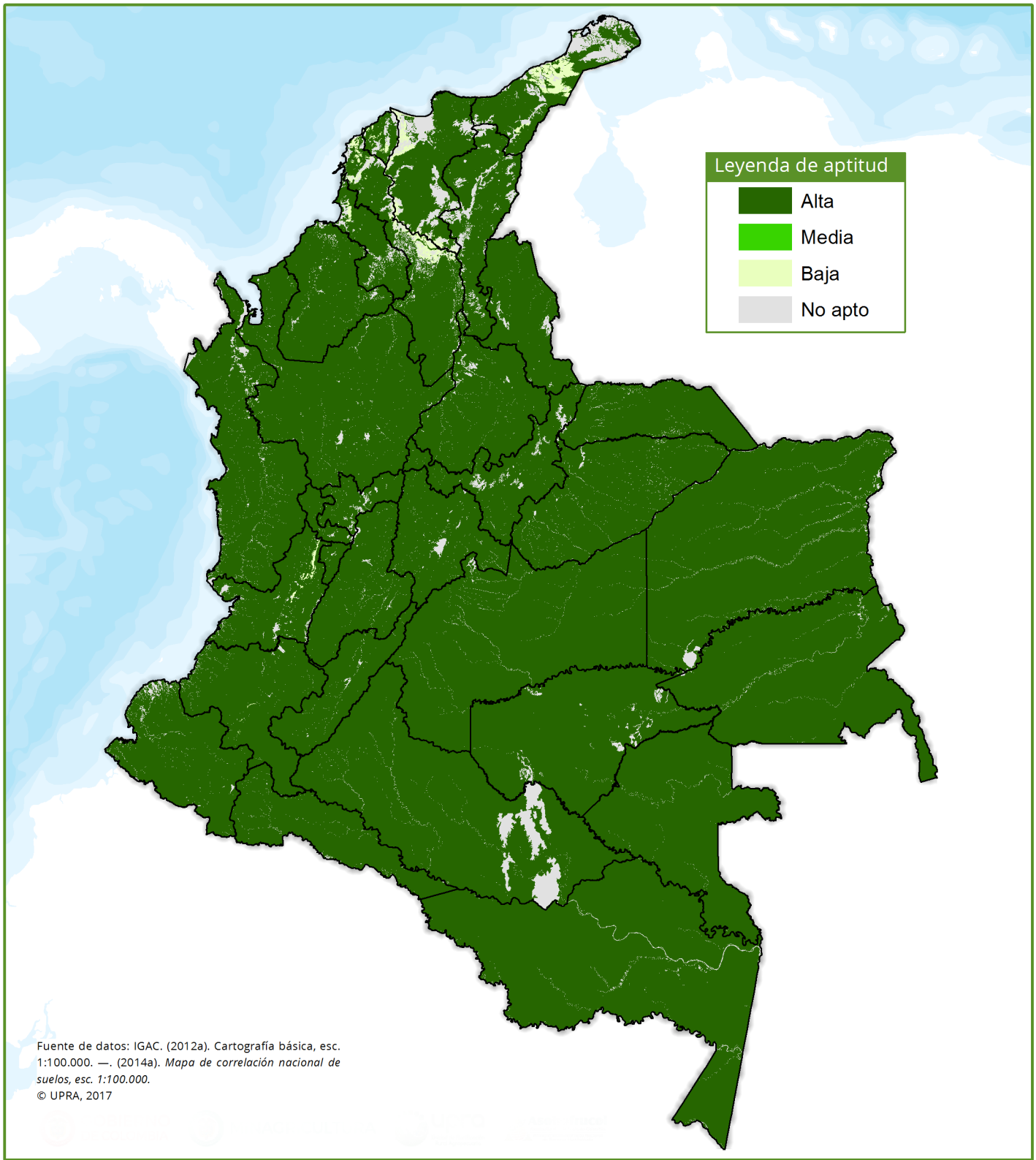
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Variable salinidad o sodicidad

1.7.2. Variable saturación de aluminio

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 (Al) del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+3}), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).

La saturación de aluminio del suelo (SAl) hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), que afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de P e impide la absorción del Ca, Mg y K; es abundante en suelos ácidos (pH menor de 5,5).

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

Importancia de la variable para el cultivo

La saturación de aluminio se tiene en cuenta en la zonificación del cultivo de fresa dado que 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 encalar 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

No existe valor de exclusión (N1) para esta variable debido a que se puede mejorar su efecto de un alto contenido de Al en el suelo. Todas las unidades cartográficas con más del 60 % de saturación de Al^{+++} se califican como marginalmente aptas (A3) para el cultivo comercial de fresa ya que los contenidos de Al^{+++} en la solución del suelo son muy altos y se requieren altos costos para 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, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de la unidad, existen áreas de diferentes tamaños que tienen contenidos de Al 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 Al^{+++} obtenidos de la información química de los perfiles contenidos en la base del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014a). Los rangos se obtienen de la tabla para el cálculo de la fertilidad en el manual de códigos del IGAC.

La calificación para estos rangos se otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tienen información se infieren, por medio de la correlación con otras variables como pH, clima y la nemotecnia que ofrecen los nombres taxonómicos.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Con base en consultas con gremios, productores y literatura relacionada, se determinan 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 Al^{+++} 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 - ≤ 60	A2
> 60	A3

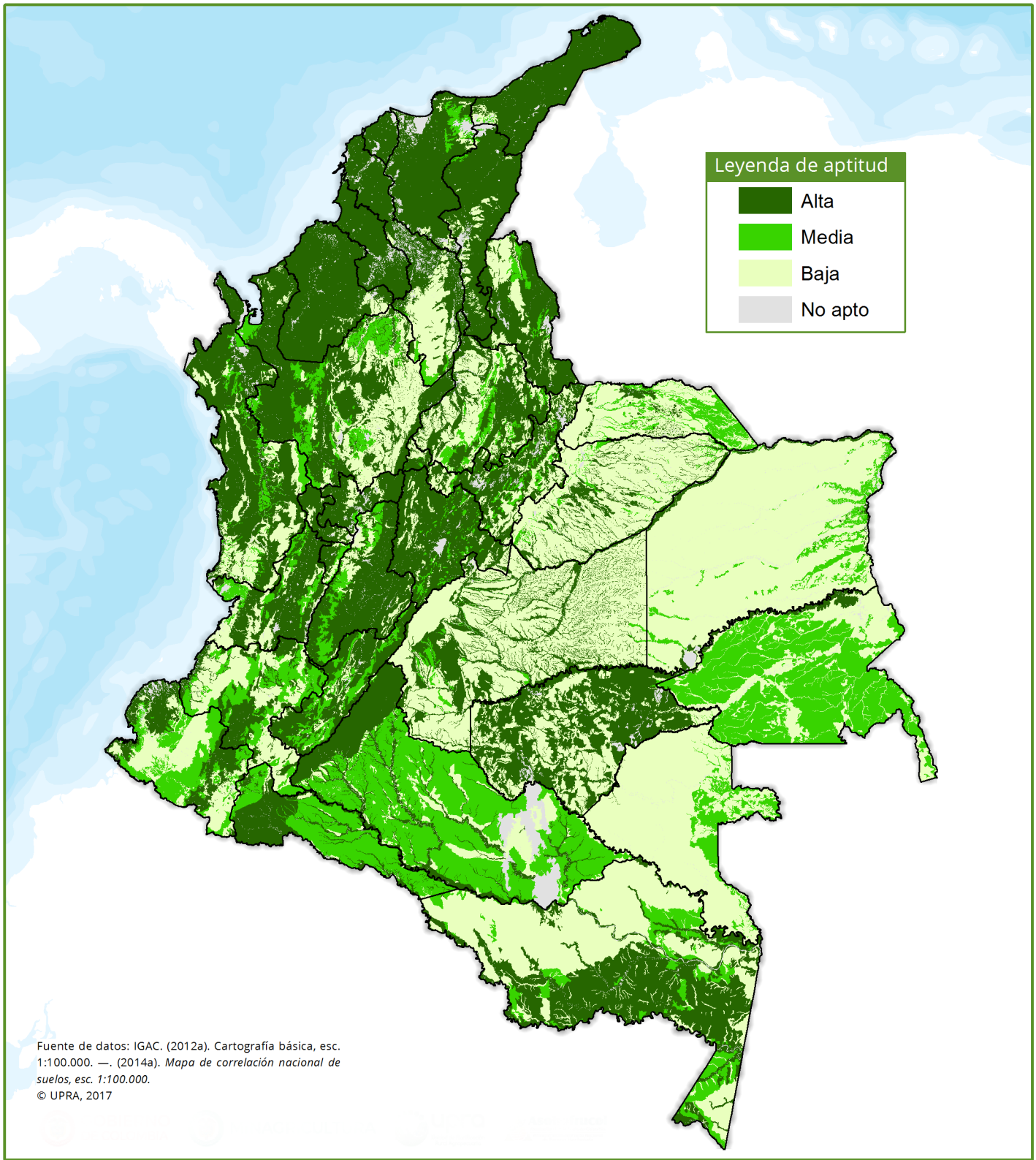
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (2.ª ed.). Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

Variable saturación de aluminio

1.8. Criterio disponibilidad de nutrientes

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: edáfico.		
Criterio: disponibilidad de nutrientes		
Variables asociadas al criterio		
• Acidez (pH), expresada como pH. • Saturación de bases, expresada como porcentaje (%). • Capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada como cmol/kg de suelo. • Carbono orgánico, expresado como porcentaje (%).		
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 relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y menores, esenciales para el desarrollo de las plantas.

Considera las relaciones químicas en la zona radicular del suelo, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Estas relaciones, según las características de las unidades de tierra a escala 1:100.000, están en función de la acidez o pH, 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 y producción de los frutos de calidad.

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

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Se considera que las áreas donde los pH son menores a 4,0 y mayores a 7,8 no son aptas (N1) para el cultivo comercial de fresa.

Limitantes para la evaluación del criterio

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos en la escala 1:100.000 son asociaciones, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente calificado, por consiguiente, niveles diferentes de aptitud.

En los análisis de los estudios generales de suelos se encuentran 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: 2,2 %

Metodología de procesamiento de la información

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extraen del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 del IGAC (2014a), para generar la siguiente calificación:

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

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

Carbono orgánico	Aptitud
> 2,7 - ≤ 10; andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
≥ 1,4 - ≤ 2,7; > 10; andisoles > 15	A2
< 1,4; histosoles	A3

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

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los diferentes niveles de aptitud se discriminan mediante la construcción de una tabla de ponderación en la cual se da un valor de importancia a cada variable que conforma el criterio. El porcentaje representa la importancia en el desarrollo ideal del cultivo, así: 30 % para la acidez, 20 % para la saturación de bases, 30 % para la CIC, y 20 % para el carbono orgánico.

Los suelos de los órdenes andisoles e histosoles tienen una calificación especial debido a su alto contenido de carbono orgánico, lo cual les confiere características químicas diferentes, especialmente en lo referente a la absorción de elementos menores.

La aptitud del criterio se obtiene mediante el siguiente árbol de decisión:

Árbol de decisión del criterio				
Acidez (pH)	**Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**	**Saturación de bases (%)**	**Carbono orgánico (%)**	**Aptitud**
5,5-6,5	> 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
			histosoles	A2
		< 10	> 2,7 - ≤ 10	A1
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
			histosoles	A2
	≥ 10 - ≤ 20	> 35	> 2,7 - ≤ 10	A1
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
			histosoles	A2
		≥ 10 - ≤ 35	> 2,7 - ≤ 10	A2
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
			histosoles	A2
		< 10	> 2,7 - ≤ 10	A2
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A3
			histosoles	A3

Continúa »

Árbol de decisión del criterio				
Acidez (pH)	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
5,5-6,5	< 10	> 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
		≥ 10 - ≤ 35	> 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	A3
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			> 10	A3
			andisoles > 15	A3
			< 1,4	A3
			histosoles	A3
5,1-5,4 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
			histosoles	A2
		≥ 10 - ≤ 35	> 2,7 - ≤ 10	A2
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A2
			histosoles	A2
		< 10	> 2,7 - ≤ 10	A2
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A2
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A2
			> 10	A2
			andisoles > 15	A2
			< 1,4	A3
			histosoles	A3

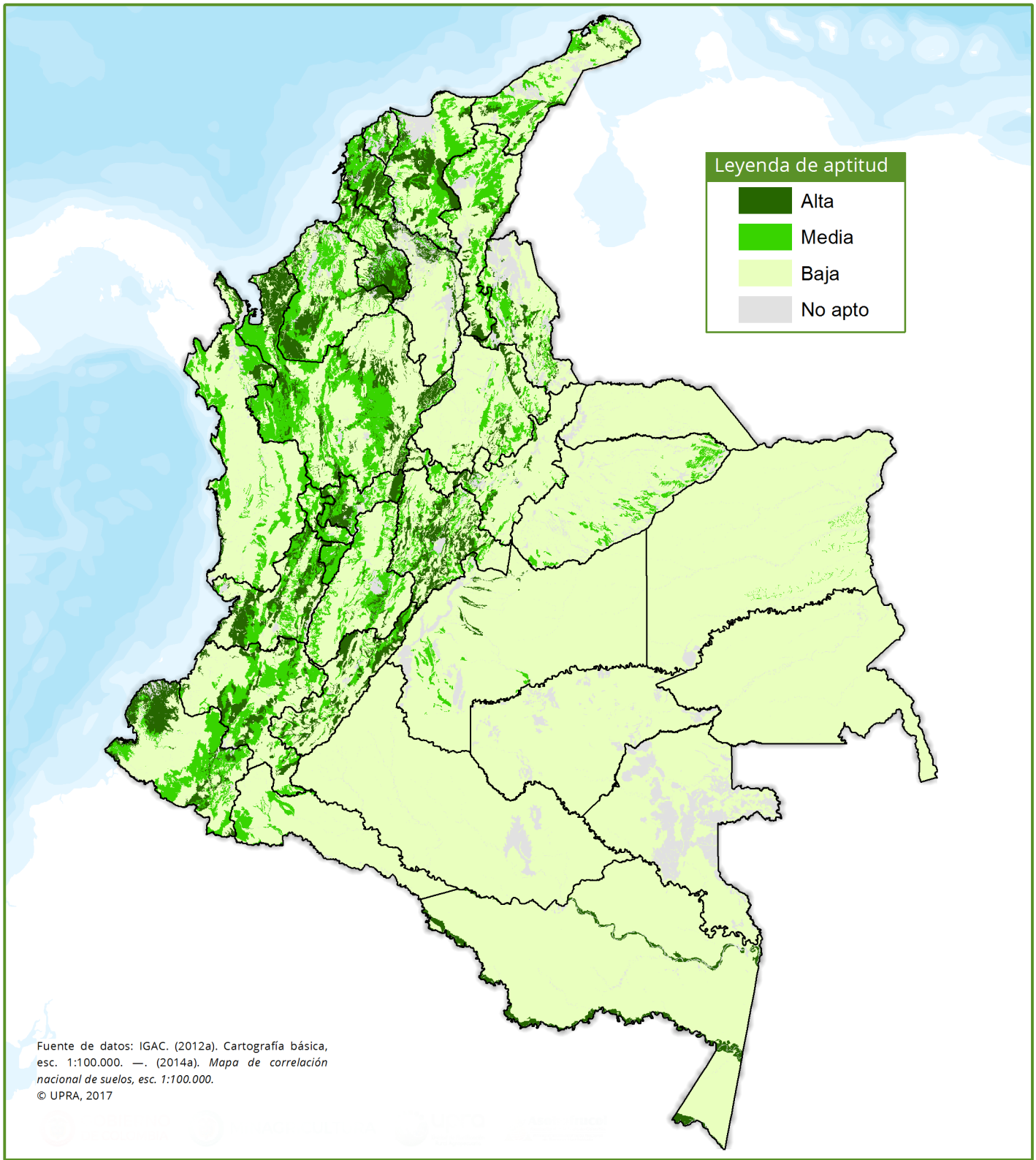
Continúa »

Árbol de decisión del criterio				
Acidez (pH)	**Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**	**Saturación de bases (%)**	**Carbono orgánico (%)**	**Aptitud**
5,1-5,4 y 6,6-7,3	≥ 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
		≥ 10 -≤ 35	> 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	A3
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			>10	A3
			andisoles >15	A3
			< 1,4	A3
			histosoles	A3
	< 10	> 35	> 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 - ≤ 35	> 2,7 - ≤ 10	A3
			andisoles > 2,7 - ≤ 15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			>10	A3
			andisoles >15	A3
			< 1,4	A3
			histosoles	A3
		< 10	> 2,7 - ≤ 10	A3
			andisoles > 2,7 - ≤15	A3
			≥ 1,4 - ≤ 2,7	A3
			>10	A3
			andisoles >15	A3
			< 1,4	A3
			histosoles	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.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de nutrientes

Fuentes de información

- FAO. (1976). «A Framework for Land Evaluation». *Soils Bulletin, 32.* Roma: FAO.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210.* EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.8.1. Variable acidez (pH)

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

Definición

pH: este término fue introducido por Sörensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H^+ (αH^+) como una función logarítmica. El pH puede definirse como:

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

Según el convenio hecho anteriormente para soluciones diluidas, se define pOH como $pOH = - \log (OH^-)$.

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

Tomando logaritmos: $\log (H^+) + \log (OH^-) = \log (1 \times 10^{-14})$
$\log (H^+) + \log (OH^-) = -14$
Multiplicando por -1: $-\log (H^+) - \log (OH^-) = 14$
Sustituyendo: $pH + pOH = 14$

Cuando la concentración de H^+ es igual a la concentración de OH^- se dice que el medio es neutro. Un medio ácido es aquel en que la concentración de iones H^+ es mayor que la concentración de OH^-. Un medio básico es en el que la concentración de H^+ es menor que la concentración de OH^-. Según esto, el agua es una sustancia neutra y a 25 °C el pH de la neutralidad es 7.

Acidez: un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 10^{-7} o, lo que es lo mismo, un pH menor de 7. Sin embargo, la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5,5. Esto ha sido demostrado por muchos investigadores (IGAC, 1979).

El IGAC (2010), en el manual codificado de reconocimiento de suelos, clasifica el pH de la siguiente manera:

Rangos de pH	
pH	**Clase**
< 3,5	Ultra ácido
3,5-4,4	Extremadamente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido
5,6-6,0	Moderadamente ácido
6,1-6,5	Ligeramente ácido
6.6-7,3	Neutro
7,4-7,8	Ligeramente alcalino
7,9-8,4	Moderadamente alcalino
8,5-9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

Importancia de la variable para el cultivo

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

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

- La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes que permanecen en forma no disponible para las plantas.
- El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan unos rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de estos, la absorción radicular se dificulta y, si los valores de pH son extremos, el sistema radical puede verse deteriorado o se pueden presentar toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).
- La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

El pH es el factor principal que determina el suministro de nutrientes en el suelo. Dado 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

Los suelos con valores de pH ≤ 4,0 y > 7,8 se consideran no aptos (N1) para el cultivo de fresa, ya que estos valores extremos presentan restricciones para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas de fresa.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos de calificación de la variable se obtienen a partir de los datos de laboratorio que aparecen en el perfil modal del mayor componente de la unidad cartográfica. Los siguientes son los rangos de pH para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa:

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

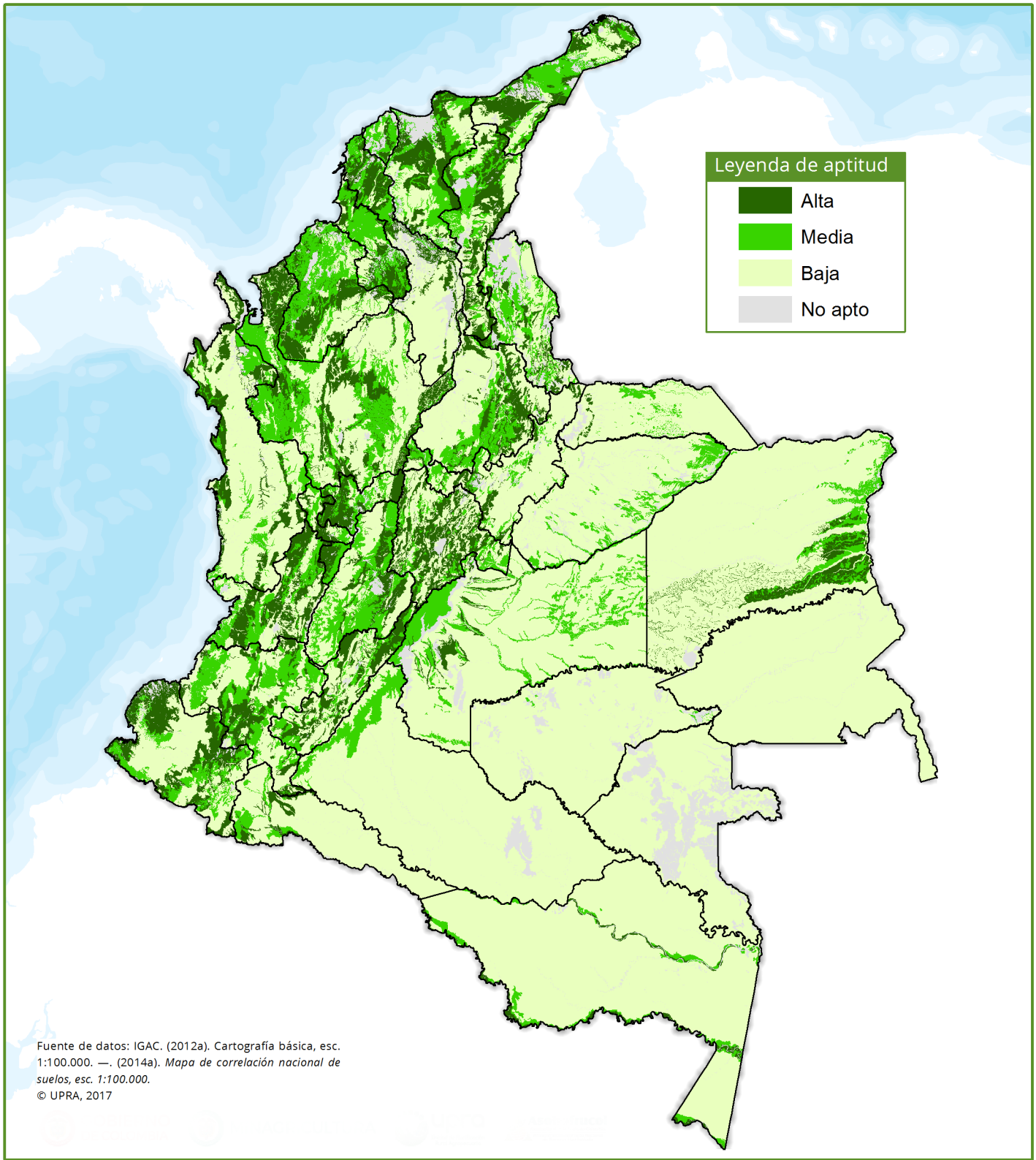
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos).

Fuentes de información

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

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de nutrientes

Variable acidez (pH)

1.8.2. Variable saturación de bases

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 variable en la zonificación del cultivo de fresa por la relación que hay con los valores del pH, cuando los suelos son similares; es decir, que los materiales parentales son muy parecidos (por ejemplo, en suelos derivados de arcillas caoliníticas: a menor pH, menor saturación de bases).

La saturación de bases 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

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

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

La variable se construye a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014a). Los valores de saturación de bases se toman de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos seleccionados están de acuerdo con los límites de variación considerados en la tabla de clasificación de la fertilidad (IGAC, 2010) y fueron socializados con los gremios y productores, así:

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

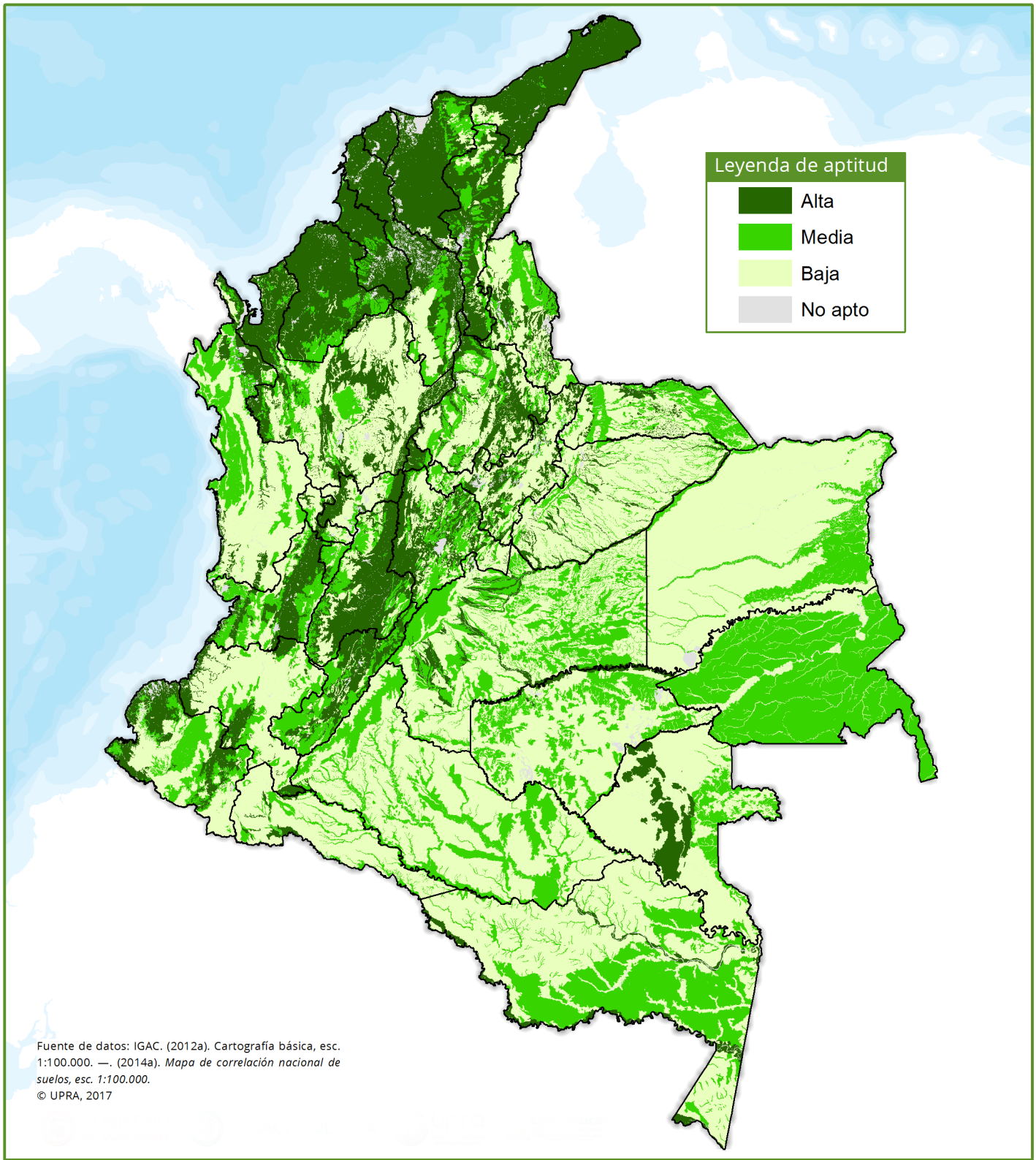
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (2.ª ed.). San José de Costa Rica: IICA
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos).* Bogotá: IGAC.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —.(2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de nutrientes

Variable saturación de bases

1.8.3. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)

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

Definición

Mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (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

La CIC se ha considerado en la zonificación para el cultivo de fresa por ser una de las variables de mayor relevancia en la nutrición vegetal. Tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Es un indicador de la fertilidad de los suelos, dado que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y, por consiguiente, en la estructura y estabilidad de los agregados.

El suelo no solamente retiene los elementos denominados mayores (N, P, K, Ca, S, Mg), sino los elementos menores o micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición de las plantas. Esta variable 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

No se determina un área no apta (N1) para esta variable, ya que las unidades de tierras con baja CIC se pueden mejorar con la adición de materia orgánica, la cual, una vez humificada, incrementa la CIC de los suelos. La práctica más usada en suelos con poca capacidad de almacenamiento de nutrientes consiste en la fertilización fraccionada, para evitar que 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 la unidad, existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones con diferente aptitud al componente calificado.

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

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

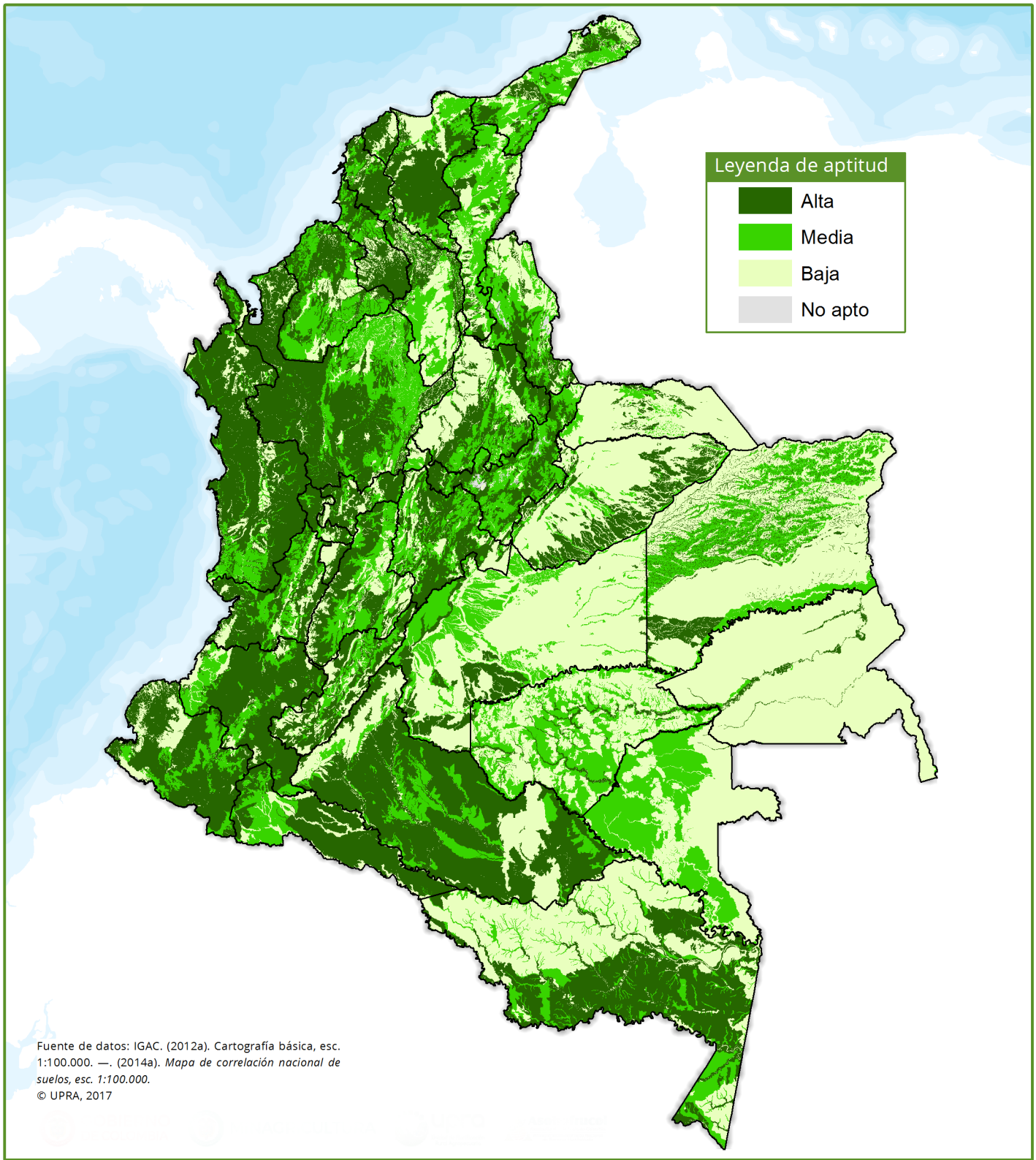
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos.

Fuentes de información

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples.* Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- 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. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales.* Bogotá: IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de nutrientes

Variable capacidad de intercambio catiónico

1.8.4. Variable carbono orgánico

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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

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

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

Importancia de la variable para el cultivo

La materia orgánica del suelo, expresada como el contenido de carbono orgánico del suelo, es importante en la zonificación del cultivo comercial de fresa por relacionarse con la cantidad y disponibilidad de nutrientes al contener nitrógeno, cuyo aporte mineral es escaso. La materia orgánica modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto a la parte biológica, el carbono es esencial (Aguilera, 2000, citado por Martínez *et al.*, 2008) ya que proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999, citado por Martínez *et al.*, 2008).

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

Los altos contenidos de carbono orgánico interfieren negativamente en la toma de algunos nutrientes, especialmente de los elementos menores.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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 en el suelo.

Limitantes de la evaluación de la variable

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

Metodología de procesamiento de la información

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

Rangos para la asignación de valores de aptitud

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

Carbono orgánico (%)	Aptitud
> 2,7 - ≤ 10; andisoles > 2,7 - ≤ 15	A1
≥ 1,4 - ≤ 2,7; >10; andisoles > 15	A2
< 1,4; histosoles	A3

Los suelos clasificados como andisoles tienen calificación de aptitud alta (A1) y aptitud media (A2), debido a su buen contenido de carbono orgánico; los histosoles tienen calificación de aptitud marginal (A3), por su alto contenido de carbono orgánico. Los altos contenidos de carbono orgánico interfieren con la absorción adecuada de elementos menores.

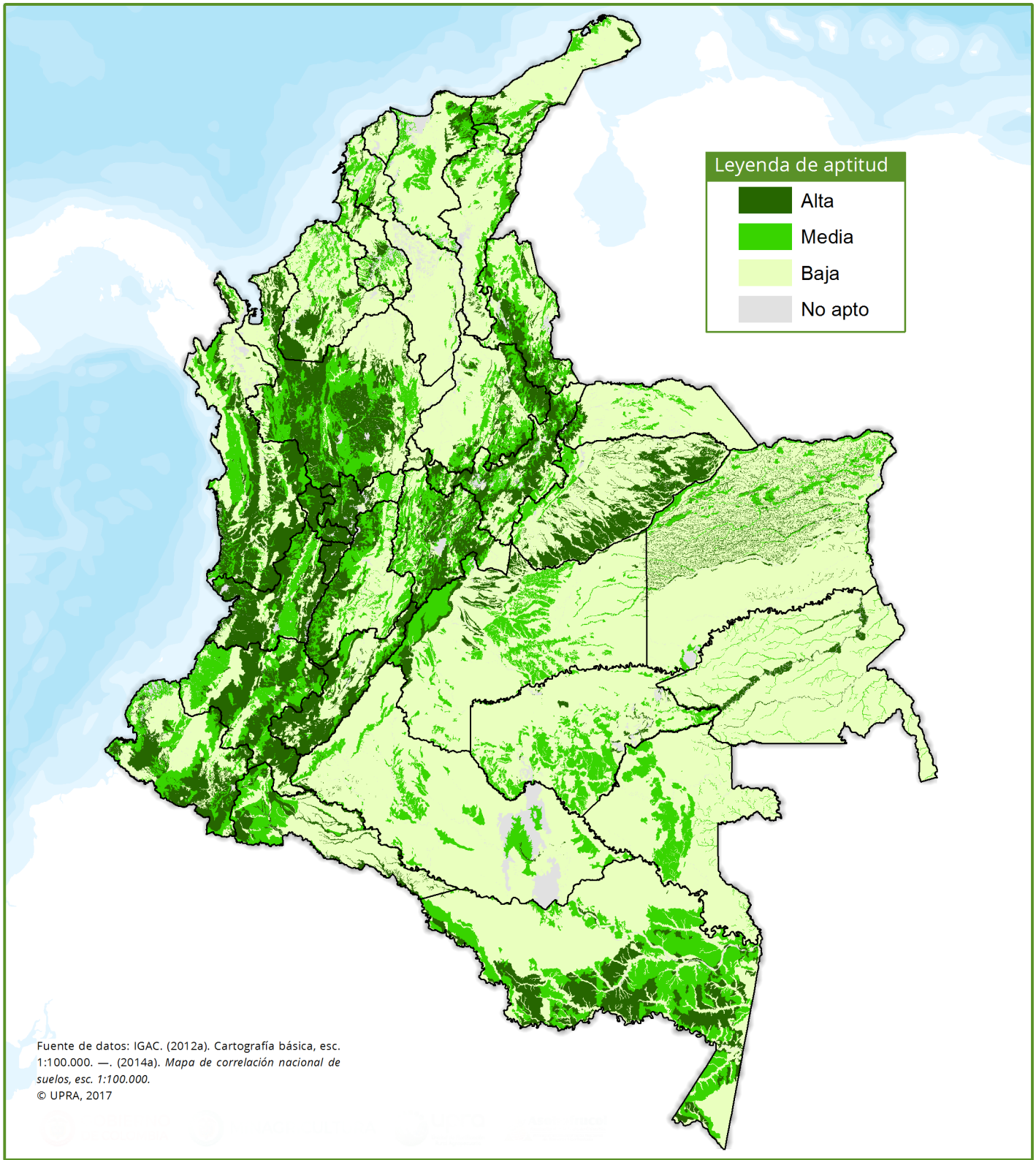
Unidad de análisis

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.
- —. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo, E. (2008). «Carbono orgánico y propiedades del suelo». *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8* (1).
- Singer, M. y Munns, D. (1996). *Soils. An introduction* (3.ª ed.). EUA: Prentice-Hall Inc.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio disponibilidad de nutrientes

Variable carbono orgánico

1.9. Criterio riesgo fitosanitario

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio: riesgo fitosanitario		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• *Phytophthora cactorum*, asociada a temperatura, precipitación, drenaje natural y textura. • *Botrytis cinerea*, asociada a temperatura y humedad relativa. • *Tetranychus urticae*, asociado a temperatura.		

Definición

Conjunto de las principales condiciones climáticas (precipitación, temperatura y humedad relativa) que, junto a las condiciones edáficas (nivel de drenaje y textura), explican el riesgo de inoculación, infección, propagación y daños causados por *P. cactorum*, *B. cinerea* y *T. urticae* en cultivos comerciales de fresa.

Importancia del criterio

El cultivo comercial de fresa presenta dos enfermedades y un arácnido de importancia económica debido a su alta incidencia y severidad, los cuales impactan el desarrollo de esta actividad productiva y están asociados con el clima y el suelo; por lo anterior, es posible su representación cartográfica.

En las zonas donde se desarrolla la explotación comercial del cultivo de fresa se presentan condiciones ambientales y endémicas que aumentan el riesgo de desarrollo de estos limitantes fitosanitarios. La pudrición de la raíz y el cuello (*P. cactorum*), el moho gris (*B. cinerea*) y la araña roja (*T. urticae*) son los problemas fitosanitarios de mayor relevancia por su agresividad y altos costos de control, por lo tanto, son priorizados por la UPRA. Por lo anterior, la determinación de zonas con diferentes niveles de riesgo de aparición y desarrollo de estos organismos fitopatógenos, relacionados con las condiciones climáticas y edáficas que influyen sobre su ciclo biológico y desarrollo, permite contemplar diferentes escenarios productivos, así como establecer medidas de mitigación y manejo que pueden ser establecidos para cada zona, de acuerdo con el nivel de riesgo.

A menor riesgo fitosanitario, para cualquier plaga o enfermedad, la aptitud del cultivo comercial será alta, en tanto que el productor tendrá una condición de baja incidencia, severidad y ataque de estos problemas fitosanitarios, con beneficios como mejor productividad, competitividad y sostenibilidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los organismos fitopatógenos responden a diferentes estímulos o condiciones que hacen que su aparición y desarrollo biológico no estén enmarcados dentro de unas condiciones estrictas o constantes a lo largo de periodos de tiempo; debido a esto, la generación de información sobre procesos epidemiológicos solo puede analizarse dentro de un contexto de riesgo de aparición, desarrollo y daños.

La principal limitante es la consecución de información epidemiológica de las plagas y enfermedades que afectan el cultivo de fresa, con seriales históricos recientes de clima y condiciones edáficas a nivel nacional. Igualmente, la dinámica de estas enfermedades y del arácnido limita los sistemas de vigilancia oficial, por lo que la información disponible es escasa.

Valor de ponderación del criterio: 4,1 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye con base en tres plagas (variables) priorizadas, y estas, a su vez, son explicadas por cinco elementos, de los cuales tres son climáticos (precipitación, temperatura y humedad relativa) y dos son edáficos (drenaje natural y textura); estos reúnen las condiciones determinantes que afectan la aparición y desarrollo de *P. cactorum*, *B. cinerea* y *T. urticae*, explicadas por medio de siete subvariables.

Las subvariables establecidas para representar el comportamiento de las limitantes sanitarias en el cultivo de fresa son definidas de acuerdo con la discusión técnica realizada por parte del grupo del componente físico, de revisión bibliográfica, y de la validación con profesionales vinculados a entidades consultadas, expertos independientes y con productores de fresa en el territorio nacional.

Cada variable tiene igual ponderación dentro del criterio, mediante la metodología establecida por la UPRA y el concepto técnico de los especialistas del componente fitosanitario de la entidad.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los siguientes son los rangos establecidos para el criterio:

Subvariables temperatura, precipitación, drenaje natural y textura asociadas con riesgo de *Phytophthora cactorum* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	ºC	≤ 12	> 12 - < 16	≥ 16
Precipitación	mm/año	< 500	≥ 500 - ≤ 1500	> 1500
Drenaje natural	Nivel de drenaje	Excesivo, bien drenado y moderado	Imperfecto	Pobre y muy pobremente drenado
Textura	Clase textural	A, AF, FA	L, F, FL,	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de la enfermedad, donde se puede desarrollar con una alta aptitud el cultivo de fresa, con baja probabilidad de aparición de *P. cactorum*; su manejo implica inicialmente solo labores de inspección y monitoreo para el control.

Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de la enfermedad *P. cactorum*, presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de fresa con una probabilidad moderada de aparición de este limitante fitosanitario; está directamente relacionado con las condiciones ambientales y edáficas adecuadas para el desarrollo del cultivo.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de la enfermedad *P. cactorum*, presentan aptitud baja para el cultivo de fresa por la alta probabilidad de desarrollo de la enfermedad.

Subvariable temperatura, asociada con el riesgo de *T. urticae* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 16	≥ 16 - ≤ 24	> 24

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de *T. urticae*, donde se puede desarrollar, con una alta aptitud, el cultivo de fresa.

Aptitud media (A2): corresponde a zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *T. urticae,* que presentan aptitud moderada para el desarrollo del cultivo de fresa por la probabilidad de aparición de este limitante fitosanitario relacionado con la temperatura.

Aptitud baja (A3): representa zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *T. urticae* y baja aptitud para el cultivo de fresa, donde será necesario hacer un exigente control de la plaga.

Subvariables temperatura y humedad relativa, asociadas con el riesgo de *B. cinerea* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 16	> 16
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Aptitud alta (A1): zonas de aptitud alta para el cultivo de fresa, con riesgo bajo de aparición y desarrollo de *B. cinerea*, donde inicialmente se permiten solo labores de inspección y monitoreo para su manejo y control.

Aptitud media (A2): zonas de aptitud moderada para el cultivo de fresa con riesgo medio de aparición y desarrollo de la enfermedad, y aptitud moderada para el cultivo de fresa. La

probabilidad de aparición de este limitante fitosanitario está directamente relacionada con condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo.

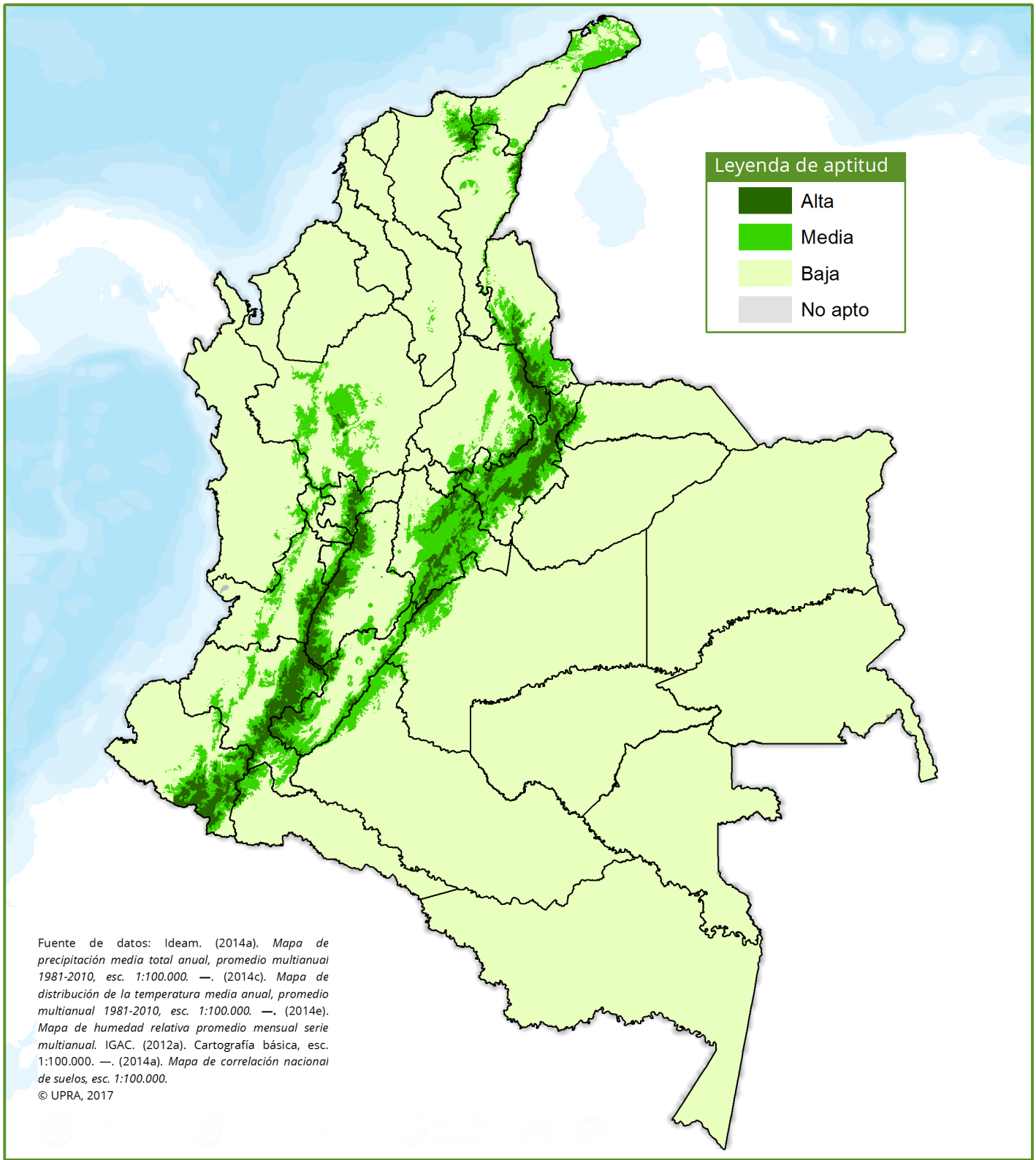
Aptitud baja (A3): zonas de aptitud marginal para el cultivo de fresa, con riesgo alto de aparición y desarrollo de *B. cinerea* y aptitud baja para el cultivo de fresa por la alta probabilidad de desarrollo de este limitante fitosanitario.

Fuentes de información

- Ideam. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014f). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014g). *Mapa de isoyetas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam. (2014a). *Mapa de precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* —. (2014c). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* —. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario

1.9.1. Variable *Phytophthora cactorum*, asociada con temperatura, precipitación, drenaje natural y textura

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: *Phytophthora cactorum*, asociada con temperatura, precipitación, drenaje natural y textura	Unidad de medida: °C, mm, clase de drenaje y clase textural	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Condiciones climáticas (temperatura y precipitación) y edáficas (drenaje natural y textura) que influyen sobre el establecimiento y desarrollo de la enfermedad causada por *Phytophthora cactorum*, patógeno causante de la pudrición de la raíz en el cultivo de fresa.

Importancia de la variable para el cultivo

P. cactorum, en el cultivo de fresa, presenta una amplia relación con la temperatura del ambiente, la precipitación, el drenaje natural y la textura. Las altas temperaturas y las altas precipitaciones son factores favorables para el desarrollo de la enfermedad en el cultivo comercial de fresa. Igualmente, niveles de mal drenaje, así como texturas finas y muy finas, representan una condición ideal del suelo para el ataque del patógeno.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los valores de aptitud establecidos para la zonificación del cultivo comercial de fresa para la enfermedad producida por *P. cactorum*, en relación con la temperatura, la precipitación, el drenaje natural y la textura, son los siguientes:

Rangos de aptitud para la subvariable temperatura, asociada con riesgo de *P. cactorum* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 16	> 16

Para *P. cactorum*, en este cultivo, las condiciones de bajo riesgo sanitario, o alta aptitud (A1), se establecen en temperaturas inferiores a 12 °C. Para la determinación de riesgo medio (A2) de aparición y desarrollo de esta enfermedad se define el rango de temperatura entre 12 °C y 16 °C, rango en el que se permite el desarrollo de *P. cactorum*, a una tasa en la cual es posible implementar medidas de mitigación y control. Como zonas de baja aptitud (A3) para el cultivo, o de riesgo fitosanitario alto para el desarrollo de este patógeno, se determinan aquellas con condición de temperaturas superiores a 16 °C, donde las tasas de infección y desarrollo de *P. cactorum* encuentran su máxima expresión y desarrollo.

Rangos de aptitud para la subvariable precipitación, asociada con riesgo de *P. cactorum* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Precipitación	mm/año	< 500	≥ 500 - ≤ 1500	> 1500

Para *P. cactorum*, las condiciones de bajo riesgo sanitario, o alta aptitud (A1) para el cultivo, se establecen en precipitación anual inferior de 500 mm. Para riesgo medio (A2), se determina el rango de precipitación entre 500 y 150 mm/año, rango en el cual se permite el desarrollo de *P. cactorum* a una tasa en la cual es posible implementar medidas de mitigación y control. Como zonas de baja aptitud (A3) para el cultivo, o de riesgo fitosanitario alto para el desarrollo de la enfermedad, se determinan aquellas con condición de precipitación anual superior a 1500 mm, donde las tasas de infección y desarrollo de *P. cactorum* encuentran su máxima expresión y desarrollo.

Rangos de aptitud para la subvariable drenaje natural, asociada con riesgo de *P. cactorum* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Drenaje natural	Nivel de drenaje	Excesivo, bien drenado y moderado	Imperfecto	Pobre y muy pobremente drenado

Para aptitud alta (A1) del cultivo comercial de fresa con bajo riesgo fitosanitario, se establecen zonas con categorías de drenaje excesivo, bien drenado y moderado, donde hay poca probabilidad de encharcamientos prolongados, sin posibilidades de acumulación de agua en la zona de raíces de las plantas de fresa. Para la aptitud media (A2) del cultivo, con pocas restricciones para el desarrollo de la enfermedad, se toma la clasificación de suelos con drenaje imperfecto que indica zonas con suelos que pueden presentar algunos encharcamientos y la formación de lámina de agua por condiciones de alta precipitación; sin embargo, en condiciones de precipitaciones medias, son suelos con capacidad de drenaje adecuado para evitar encharcamientos. La aptitud baja (A3) para el cultivo de fresa, o de alto riesgo fitosanitario, corresponde a niveles de drenaje pobre y muy pobre, lo cual hace referencia a zonas donde se presentan posibilidades muy altas de encharcamiento con cualquier nivel de precipitación; esto indica alto riesgo de aparición y desarrollo de la pudrición de la raíz y del cuello en el cultivo comercial de fresa.

Rangos de aptitud para la subvariable textura, asociada con riesgo de *P. cactorum* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Textura	Clase textural	A, AF, FA	L, F, FL,	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL

Para aptitud alta (A1) del cultivo comercial de fresa, o de bajo riesgo fitosanitario, se establecen zonas con suelos de texturas gruesas (arenoso, arenoso franco, franco arenoso). Para aptitud moderada (A2) del cultivo, o de riesgo fitosanitario medio para la

aparición y desarrollo de *P. cactorum*, se determinan las texturas de limo, franca y franco limoso, que indican suelos que presentan propiedades medias en cantidad y tamaño de poros. Las zonas de aptitud marginal (A3) del cultivo, o de riesgo fitosanitario alto para el desarrollo de *P. cactorum*, se determinan texturas finas (arcillosas, arcillo arenosa, arcillo limosas, franco arenosas, franco arcillo arenosas y franco arcillo limosas), las cuales presentan mayor número de poros pero con menor tamaño, lo que constituye una propiedad ideal para una mayor infección del patógeno.

Limitantes de la evaluación de la variable

No 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, así como de información pedogeológica de todo el territorio nacional generada por el IGAC. La base que hay solo tiene datos hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica y de lluvias actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información:

La información utilizada de base para las unidades térmicas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014f), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 a 2010.

Tratamiento de la información:

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo de trabajo del componente físico, que se apoya en experticia profesional y en referentes bibliográficos; esta actividad es apoyada por el grupo TIC de la UPRA.

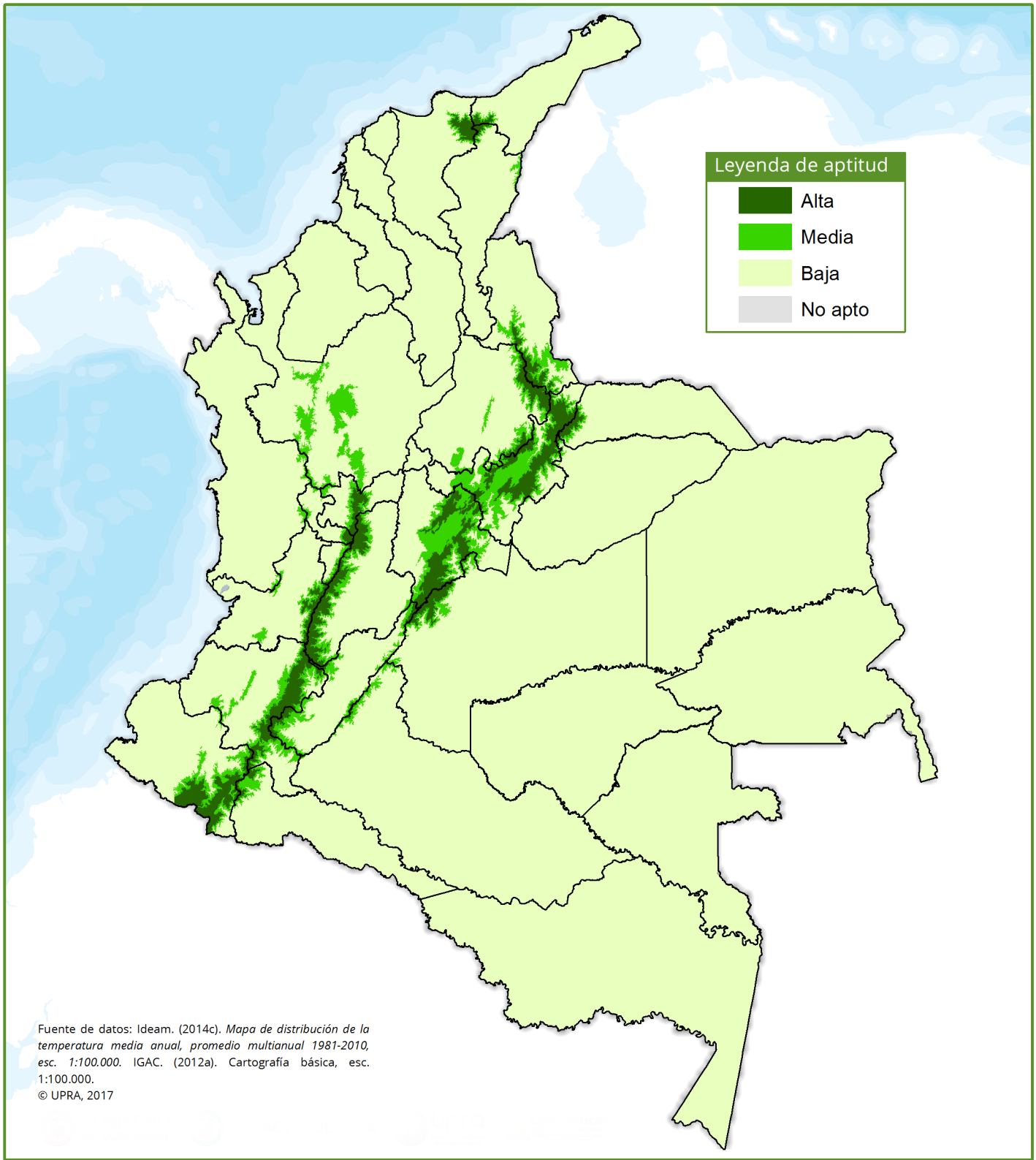
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta (A1), riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, con restricciones fuertes para el desarrollo de la enfermedad en el cultivo de fresa. Aptitud media (A2), riesgo fitosanitario moderado para el cultivo, con restricciones medias para el desarrollo de *P. cactorum* en el cultivo de fresa. Y aptitud baja (A3), riesgo fitosanitario alto para el cultivo, con condiciones ambientales ideales para *P. cactorum* en el cultivo de fresa. La aptitud para cada elemento del clima y propiedades del suelo es inversa a la aptitud para el cultivo; es decir, a mayor riesgo fitosanitario menor aptitud para el cultivo de fresa.

Fuentes de información

- Ideam. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014f). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014g). *Mapa de isoyetas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá, Colombia.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable: Subvariable temperatura asociada a *Phytophthora cactorum*



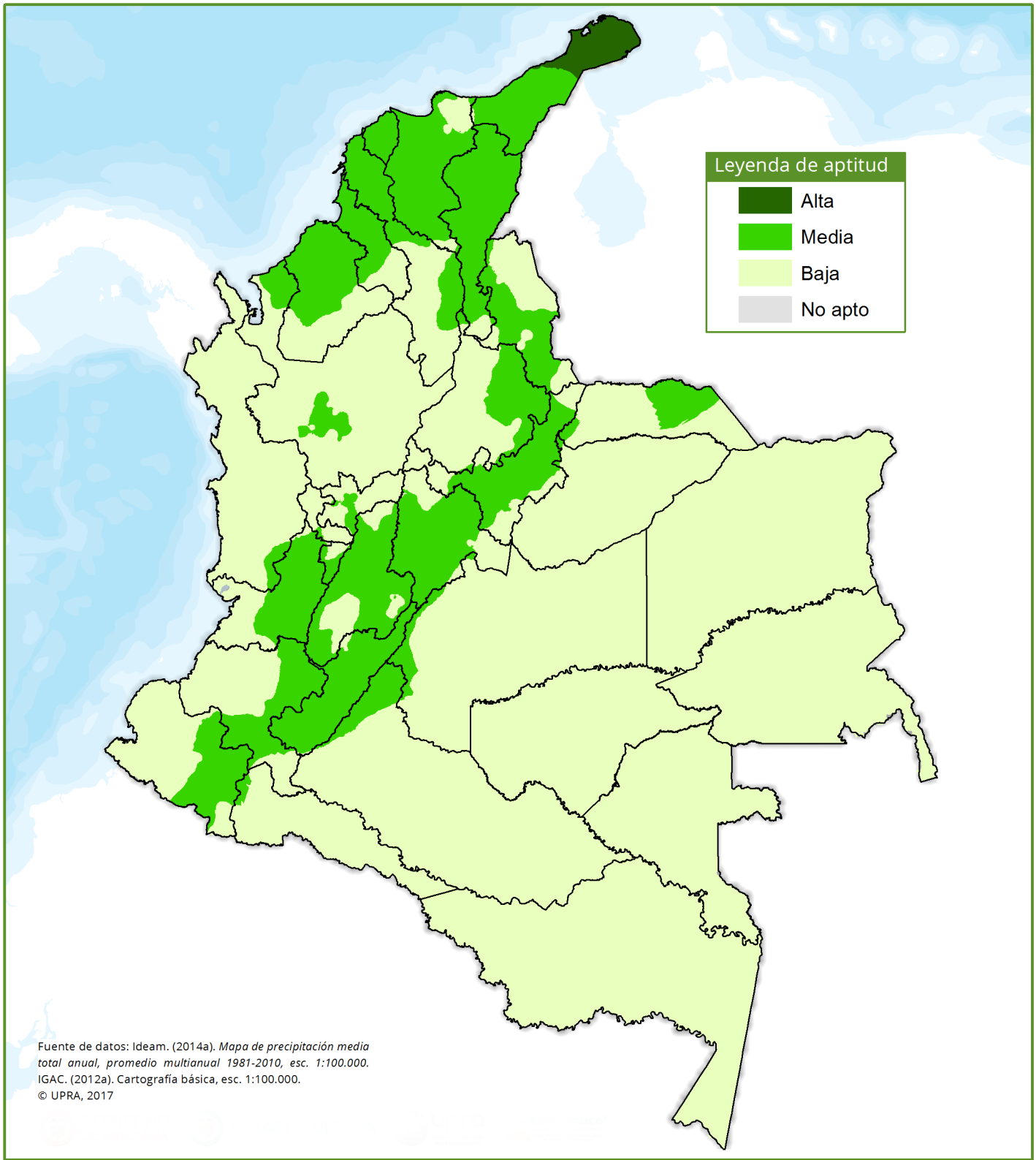
Fuente de datos: Ideam. (2014c). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario

Variable temperatura asociada con Phytophthora cactorum

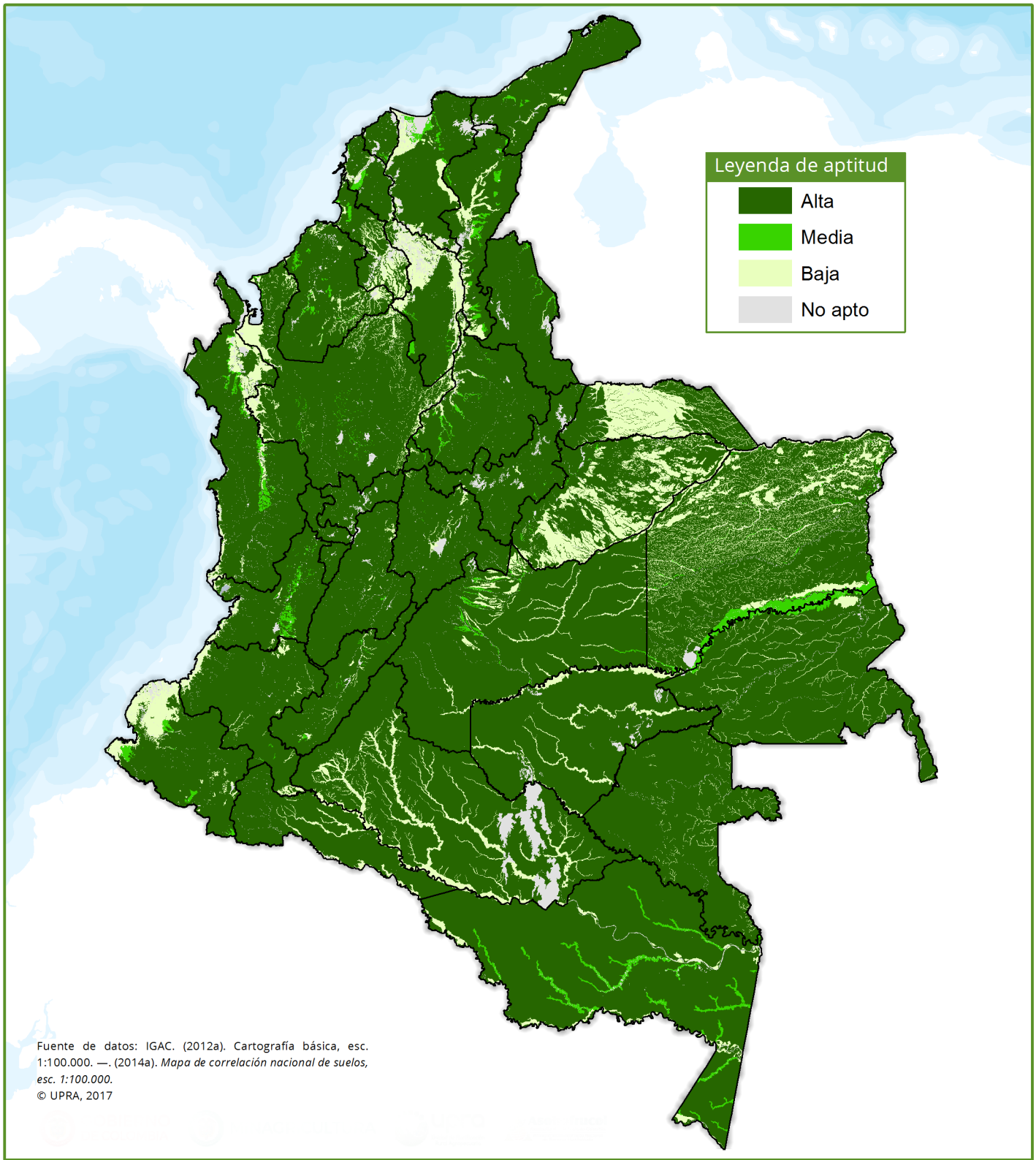
Representación cartográfica de la variable: Subvariable precipitación asociada a *Phytophthora cactorum*



Fuente de datos: Ideam. (2014a). *Mapa de precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.*
IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario
Variable precipitación asociada con Phytophthora cactorum

Representación cartográfica de la variable: Subvariable drenaje natural asociado a *P. cactorum*



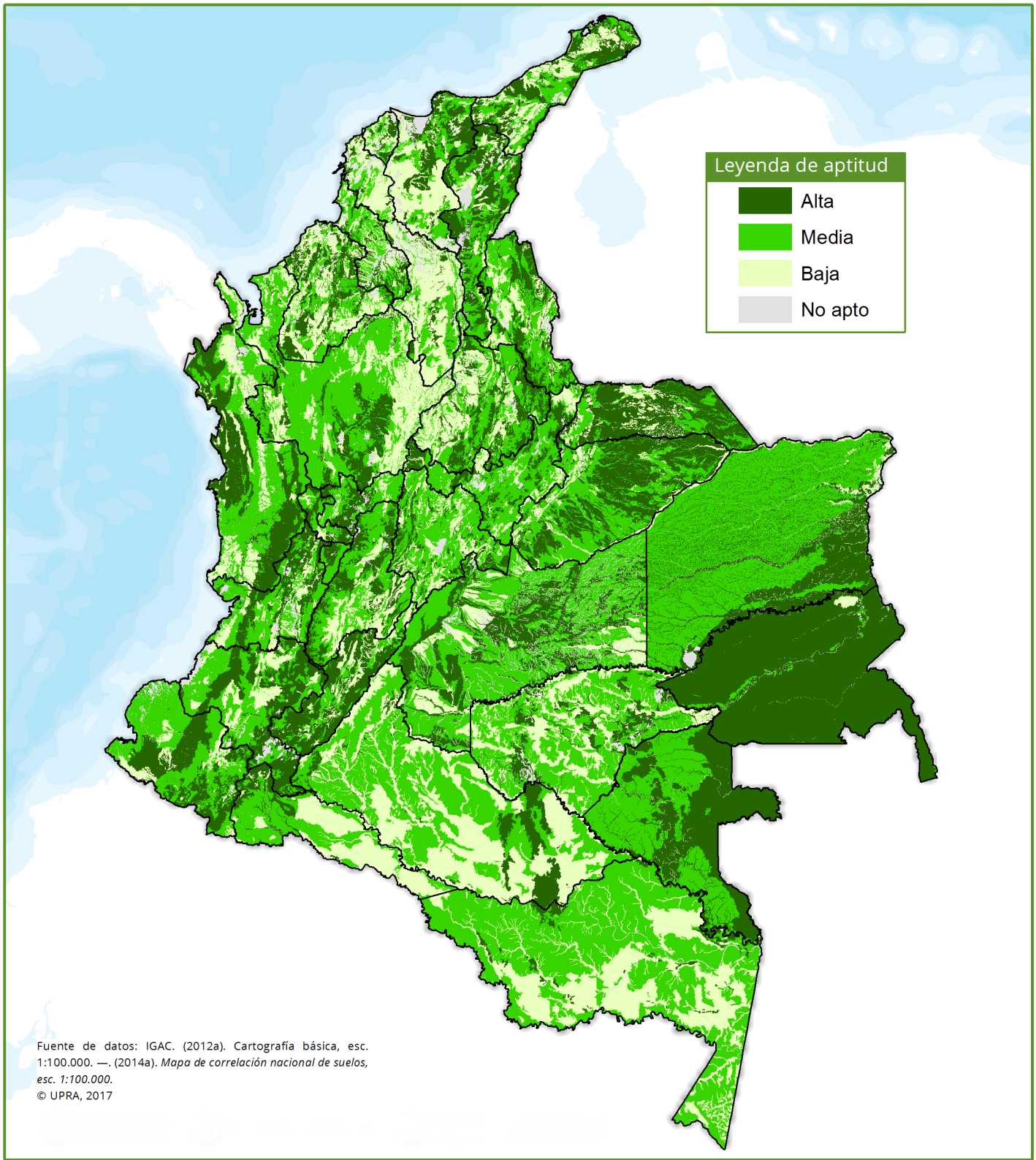
Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*

© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario

Variable drenaje asociada con Phytophthora cactorum

Representación cartográfica de la variable: Subvariable textura asociada a *P. cactorum*



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014a). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.*
© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario
Variable textura asociada con Phytophthora cactorum

1.9.2. Variable *Tetranychus urticae*, asociada con temperatura

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: *Tetranychus urticae*, asociada con temperatura	Unidad de medida: °C	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico. La temperatura del aire hace referencia a la medida del estado térmico del 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.

Para el riesgo fitosanitario, es la medida del estado térmico del aire que condiciona la aparición, infección y desarrollo de las limitantes fitopatógenas.

Importancia de la variable para el cultivo

La araña roja que ataca el cultivo de fresa presenta una relación con la temperatura del ambiente. La alta temperatura es uno de los principales factores de desarrollo de *T. urticae*, arácnido que encuentra en la temperatura el factor más importante para su aparición y desarrollo en campo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos de aptitud para temperatura media, para la araña roja en el cultivo comercial de fresa, son los siguientes:

Rangos de aptitud para la variable *T. urticae*, asociada con temperatura en el cultivo comercial del fresa				
Variable	**Unidad**	**A1**	**A2**	**A3**
Temperatura	°C	< 16	≥ 16 - ≤ 24	> 24

Para el caso de la araña roja (*T. urticae*), las zonas de alta aptitud (A1) para el cultivo de fresa, o de bajo riesgo fitosanitario, se establecen con temperaturas inferiores a 16 °C, debido a que el desarrollo del arácnido comienza a limitarse bajo esta condición de temperatura.

Como condición de riesgo medio (A2) de aparición y desarrollo, se establecen temperaturas entre 16 °C y 24 °C, en las cuales el ataque de esta plaga presenta condiciones normales para su manejo.

Como zonas de aptitud marginal (A3) para el cultivo, o de riesgo alto para el desarrollo de la plaga, se determinan aquellas con temperaturas superiores a 24 °C, en las cuales se presenta la mayor tasa de desarrollo y reproducción del arácnido, con un mayor número de ciclos, en periodos más cortos de tiempo.

Limitantes de la evaluación de la variable

No disponer de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas. La base que hay solo tiene datos hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica actual del país.

Metodología de procesamiento de la información

Serie histórica de la información:

La información utilizada de base para las unidades térmicas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014f), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 a 2010.

Tratamiento de la información:

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo de trabajo del componente físico, que se apoya en experticia profesional y en referentes bibliográficos; esta actividad es apoyada por el grupo TIC de la UPRA.

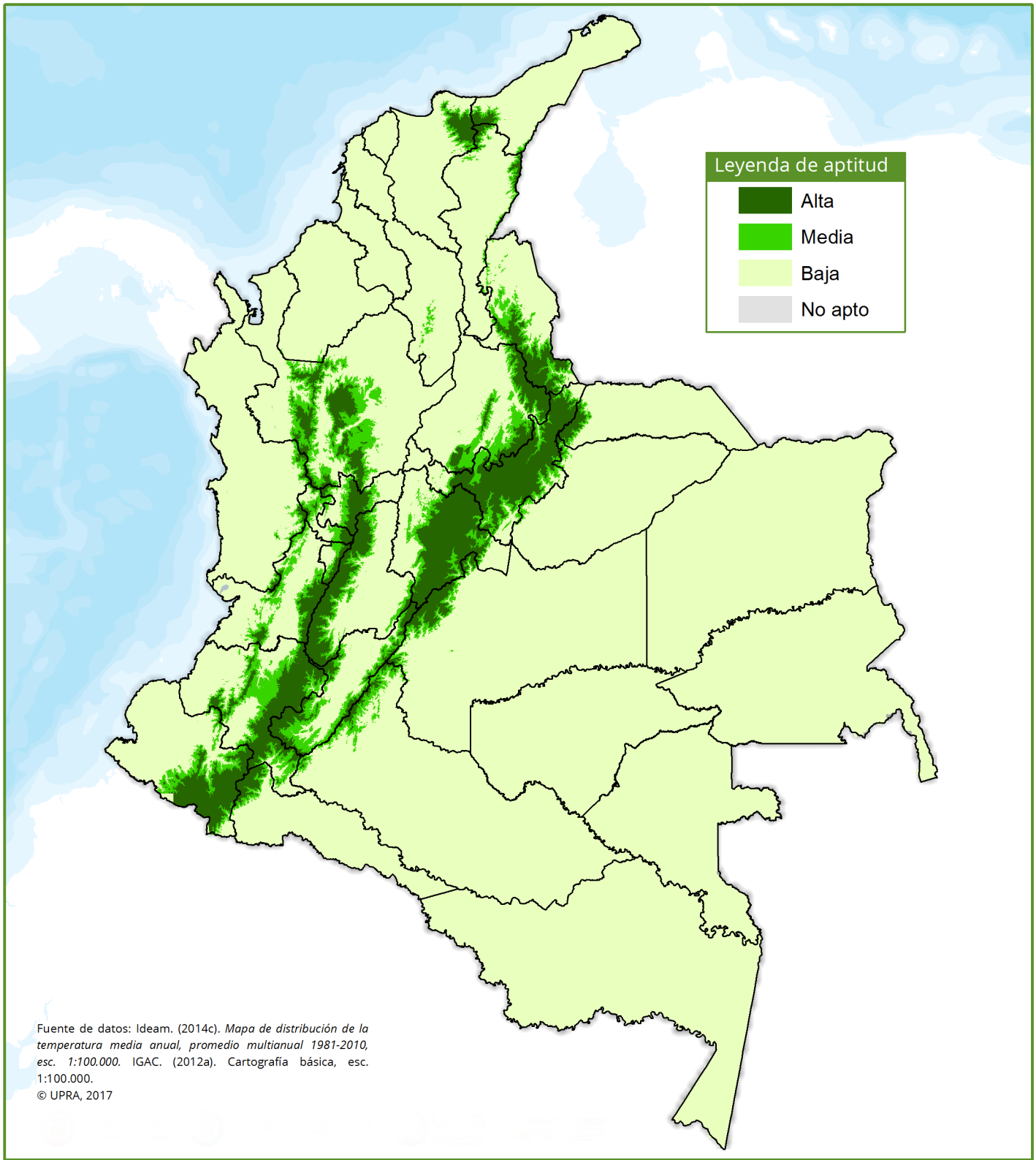
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta (A1), riesgo fitosanitario bajo para el cultivo, con fuertes restricciones para el desarrollo de la plaga. Aptitud media (A2), riesgo fitosanitario medio para el cultivo comercial de fresa, con restricciones moderadas para el ataque de *T. urticae*. Y aptitud baja (A3), riesgo fitosanitario alto para el cultivo de fresa, donde se presentan condiciones óptimas de temperatura que favorece al arácnido. El riesgo fitosanitario es inverso a la aptitud del cultivo; es decir, a mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo de fresa.

Fuentes de información

- Ideam. (2014f). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

Representación cartográfica de la variable: Subvariable *Tetranychus urticae* asociada a temperatura



Fuente de datos: Ideam. (2014c). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario

Variable temperatura asociada con Tetranychus urticae

1.9.3. Variable *Botrytis cinerea*, asociada con temperatura y humedad relativa

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: físico. Subcomponente: fitosanitario.		
Criterio asociado: riesgo fitosanitario		
Variable: *B. cinerea*, asociada con temperatura y humedad relativa	Unidad de medida: °C y porcentaje (%)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) que influyen sobre el desarrollo de la enfermedad producida por *Botrytis cinerea* en el cultivo comercial de fresa.

Importancia de la variable para el cultivo

Botrytis cinerea es una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo de fresa. La combinación de alta temperatura (mayor a 16 °C) y humedad relativa (mayor a 85 %) es una condición que favorece a este patógeno, mientras que bajos valores de temperatura y humedad limitan su ataque.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos establecidos para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa en relación con la temperatura y humedad relativa, y su influencia sobre el riesgo de ataque de *B. cinerea*, corresponden a los siguientes valores:

Rangos de aptitud para la subvariable temperatura, asociada con riesgo de *B. cinerea* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Temperatura	°C	< 12	≥ 12 - ≤ 16	> 16

Para *Botrytis cinerea*, las condiciones de bajo riesgo fitosanitario, o de alta aptitud (A1) para el cultivo, se establecen con temperaturas por debajo de 12 °C. Para la determinación de riesgo medio (A2) de aparición y desarrollo del hongo se define el rango entre 12 °C y 16 °C, donde se permite el desarrollo de *B. cinerea* a una tasa en la cual es posible implementar medidas de mitigación y control. Como zonas de baja aptitud (A3) para el cultivo, o de riesgo alto para el desarrollo de *B. cinerea*, se determinan zonas con temperaturas superiores a 16 °C, donde las tasas de infección y desarrollo del patógeno encuentran su máxima expresión y desarrollo.

Rangos de aptitud para la subvariable humedad relativa, asociada con el riesgo de *B. cinerea* en el cultivo comercial de fresa

Variable	Unidad	A1	A2	A3
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 70	≥ 70 - ≤ 85	> 85

Para las condiciones de alta aptitud (A1) para el cultivo, o con bajo riesgo fitosanitario, se establecen humedades relativas por debajo de 70 %. Para la determinación de aptitud moderada (A2) del cultivo de fresa, con riesgo medio de aparición y desarrollo de *B. cinerea*, se definen humedades relativas entre 70 y 85 %, las cuales permiten el desarrollo de este hongo a una tasa que permite implementar medidas de mitigación y control. Como zonas de aptitud marginal (A3) del cultivo comercial de fresa, con riesgo alto para el desarrollo de *B. cinerea*, se determinan zonas con humedades relativas superiores a 85 %, en las cuales se presentan las tasas más altas de infección, desarrollo y reproducción del patógeno.

Limitantes de la evaluación de la variable

Bajo número de estaciones meteorológicas que permitan un análisis más detallado de la información histórica reciente por lo que no se reflejan las condiciones actuales de temperatura y humedad relativa en el país.

Metodología de procesamiento de la información

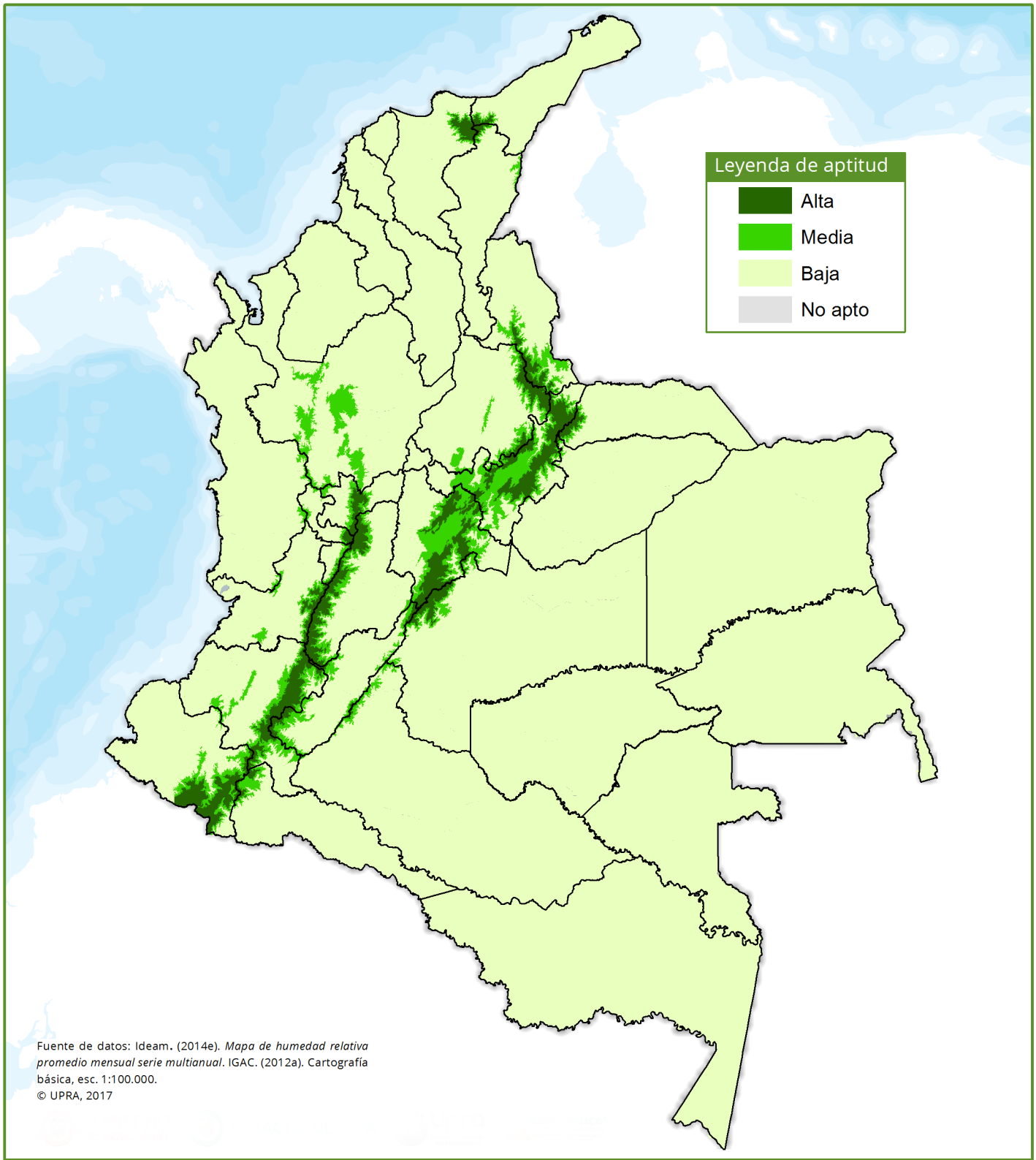
Serie histórica de la información:

La información utilizada de base para las unidades térmicas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014f), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1971 a 2010. Igualmente, se utiliza la información correspondiente al mapa de humedad relativa promedio multianual generado por el Ideam (2014e).

Tratamiento de la información:

Para la humedad relativa, el ejercicio utiliza gradientes de información con rangos de 5 %, como se presenta en el mapa de humedad relativa suministrado por la entidad. Se realiza un ejercicio de delimitación espacial para temperatura y humedad relativa, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo del componente físico y la revisión bibliográfica, actividad apoyada por el grupo TIC de la UPRA.

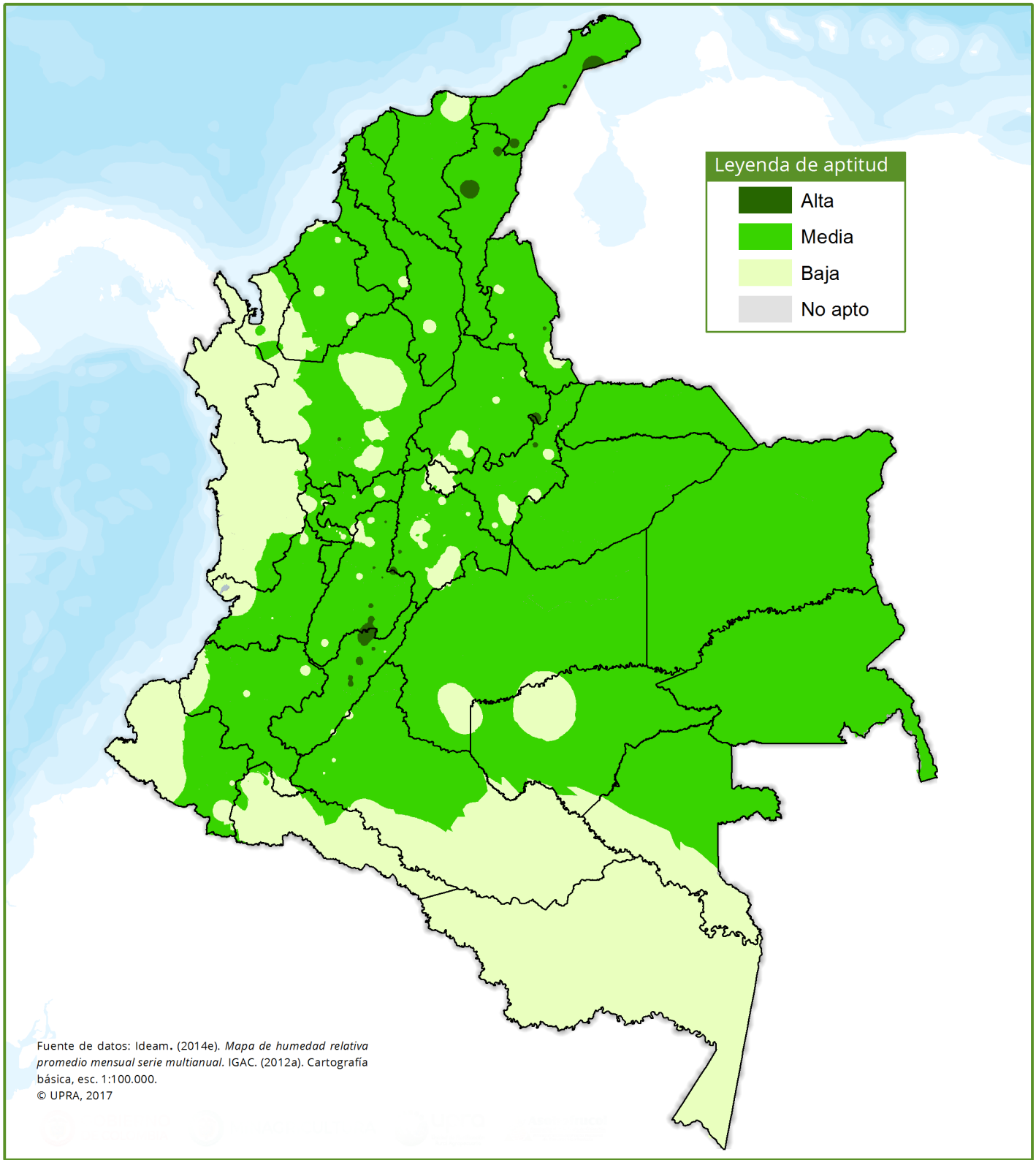
Representación cartográfica de la variable: Subvariable *Botrytis cinerea* asociada a temperatura



Fuente de datos: Ideam. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario
Variable temperatura asociada con Botrytis cinerea

Representación cartográfica de la variable: Subvariable *Botrytis cinerea* asociada a humedad relativa



Fuente de datos: Ideam. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio riesgo fitosanitario
Variable humedad relativa asociada con Botrytis cinerea

Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de aptitud, clasificadas así: aptitud alta para el cultivo (A1), riesgo fitosanitario bajo, con restricciones fuertes de temperatura y humedad relativa para el desarrollo de *B. cinerea*. Aptitud moderada (A2), riesgo fitosanitario medio, con pocas restricciones para la enfermedad. Y aptitud baja del cultivo (A3), riesgo fitosanitario alto, dadas las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) ideales para el ataque de *B. cinerea*. El riesgo fitosanitario es inverso a la aptitud del cultivo; es decir, a mayor riesgo fitosanitario, menor aptitud para el cultivo comercial de fresa.

Fuentes de información

- Ideam. (2014e). *Mapa de humedad relativa promedio mensual serie multianual.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014f). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.

Fotografía: Archivo UPRA.

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 fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: cambio de cobertura		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
Cobertura de la tierra, cuya unidad de medida es la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de fresa.		

Definición

Grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para el establecimiento del cultivo de fresa, determinado en el marco de la sostenibilidad del territorio, según 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 (Di Gregorio, 2005; Lambin y Geist, 2006); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Importancia del criterio

Por medio de este criterio es posible identificar áreas con vegetación natural sujeta a exclusiones y áreas transformadas, donde es favorable establecer cultivos de fresa,

desde una visión integral del territorio. Asi mismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas de menor impacto socioecosistémico como producto del cambio por el establecimiento del cultivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los valores de exclusión (N1) corresponden a las coberturas naturales y seminaturales existentes. Sin embargo, se establece que los herbazales densos de tierra firme, la vegetación secundaria baja y las zonas quemadas, en algunos casos puntuales, no son totalmente excluyentes y, como excepción, pueden ser áreas aptas para el establecimiento del cultivo, como es el caso de la altillanura.

Limitantes de la evaluación del criterio

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica por medio de la cual se construye la 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 *et al.*, 2009).

Valor de ponderación del criterio: 2,1 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la reclasificación de la «Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia», la cual proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010b).

Para la construcción de este criterio se emplea la información referente a biomas desarrollada en el «Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia» (Ideam *et al.*, 2007 y 2015), con cuyo análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas, de acuerdo con el bioma donde se localizan.

Mediante este ejercicio es posible reclasificar cada una de las unidades de la cobertura de la tierra y asignar un grado de aptitud: alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apta (N1), fundamentado en el tipo de bioma donde se localiza cada unidad de cobertura. Este procedimiento implica analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen favorable o no favorable el establecimiento del cultivo comercial de fresa.

Descripción de los tipos de aptitud para el cultivo de fresa

Descripción	Aptitud
Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas, donde predominan las áreas de cultivos transitorios y zonas quemadas.	A1
Corresponde a aquellas coberturas dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos enmalezados, los cultivos permanentes herbáceos, y mosaicos de cultivos.	A2
Corresponde a aquellas coberturas donde predominan los cultivos de ciclo corto o permanentes dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para cultivos de fresa, mosaicos con espacios naturales, pastos limpios, cultivos agroforestales y, adicionalmente, incluye algunos herbazales densos de tierra firme.	A3
Corresponde a coberturas no favorables para el establecimiento de cultivos de fresa; son aquellas excluidas técnicamente y están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, las áreas húmedas, las superficies de aguas y los territorios artificializados. Categorías Leyenda 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.	N1

La categoría N1 identifica principalmente aquellas áreas que, por sus características naturales o porque tienen algún valor de identidad sociocultural reconocido que debe ser protegido, deben mantener su cobertura actual por lo cual no pueden establecerse cultivos comerciales de fresa.

En lo referente a las coberturas naturales y seminaturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se establece que los herbazales densos de tierra firme, la vegetación secundaria baja y las zonas quemadas en algunos casos puntuales no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas marginalmente aptas (A3) para las actividades agrícolas comerciales.

Fotografía: Archivo UPRA.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Aptitud alta (A1)

BIOMAS	Cultivos transitorios	Zonas quemadas
Halobioma del Caribe	■	
Halobiomas del Pacífico	■	
Helobiomas andinos	■	
Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	■	■
Helobiomas del Magdalena y Caribe	■	■
Helobiomas del Pacífico y Atrato	■	
Helobiomas del Valle del Cauca	■	
Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia		■
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira		■
Orobioma de San Lucas		■
Orobiomas medios de los Andes	■	
Orobioma medio de Santa Marta		■
Orobiomas altos de los Andes	■	■
Orobiomas azonales del Valle del Patía	■	■
Orobiomas bajos de los Andes	■	■
Orobiomas medios de los Andes	■	■
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	■	
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia		■
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	■	
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	■	■
Zonobioma seco tropical del Caribe	■	■

Aptitud media (A2)

BIOMAS	Plátano y banano	Cultivos permanentes arbustivos	Pastos enmalezados	Mosaicos de cultivos	Mosaicos de pastos y cultivos
Halobioma del Caribe	■		■	■	■
Halobiomas del Pacífico			■	■	■
Helobioma de La Guajira				■	■
Helobiomas andinos			■	■	■
Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia			■	■	■
Helobiomas del Magdalena y Caribe	■	■	■	■	■
Helobiomas del Pacífico y Atrato	■		■	■	■
Helobiomas del Río Zulia			■	■	■
Helobiomas del Valle del Cauca			■	■	■
Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia			■	■	■
Orobioma alto de Santa Marta			■		
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	■	■	■	■	■
Orobioma de La Macarena			■		■
Orobioma de San Lucas		■	■	■	■
Orobioma del Baudó y Darién		■	■	■	■
Orobioma medio de Santa Marta		■	■		
Orobiomas altos de los Andes		■	■	■	■
Orobiomas azonales de Cúcuta		■	■	■	■
Orobiomas azonales del río Sogamoso		■	■		■
Orobiomas azonales del Valle del Patía		■	■	■	■
Orobiomas azonales del río Dagua		■	■		■
Orobiomas bajos de los Andes	■	■	■	■	■
Orobiomas medios de los Andes		■	■	■	■
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia			■	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena		■	■	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	■	■	■	■	■
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta			■		■
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia			■	■	■
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo			■		■
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	■	■	■		■
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato	■		■		■
Zonobioma seco tropical del Caribe	■	■	■		■

Aptitud baja (A3)

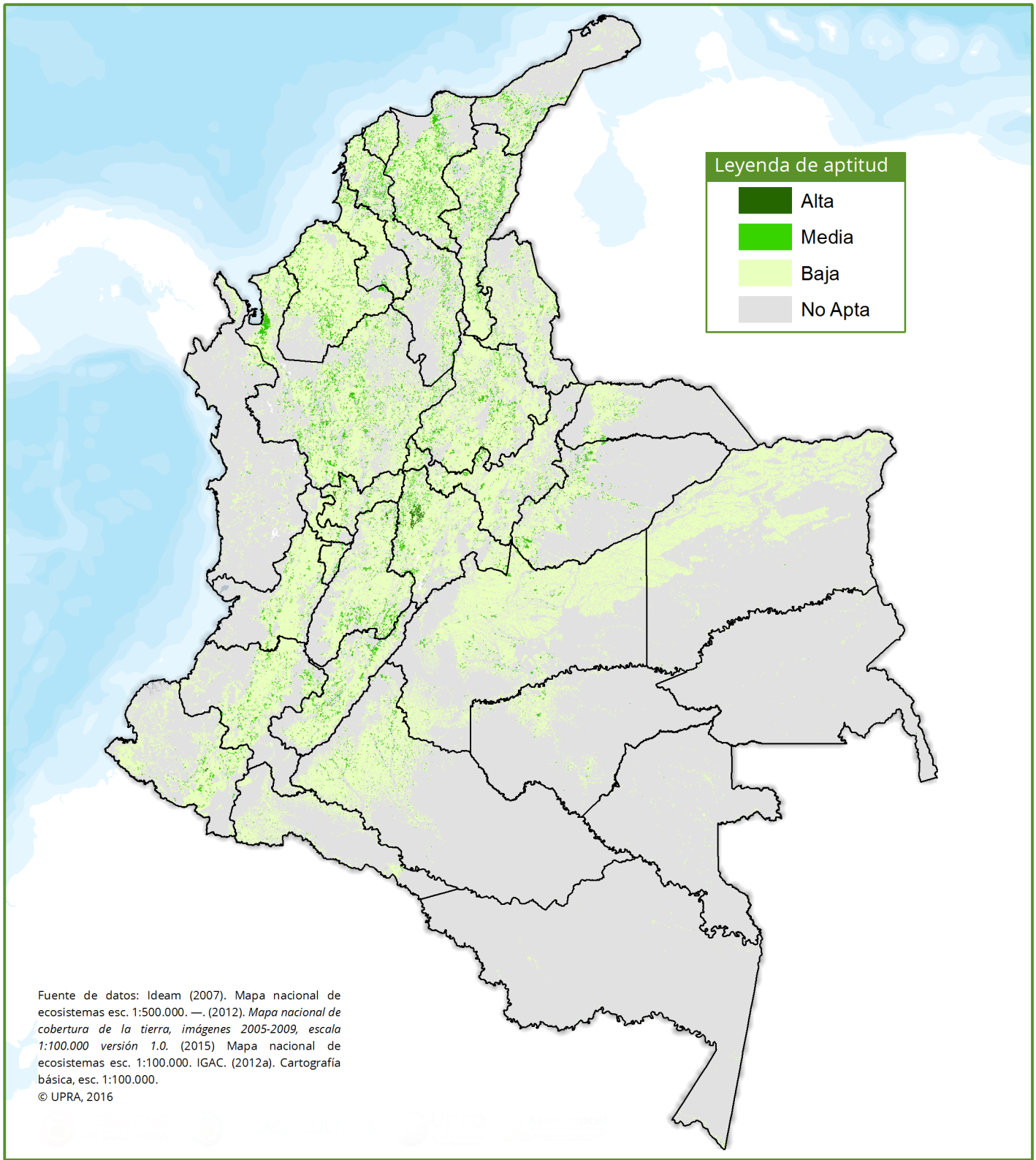
Biomas	Cultivos permanentes herbáceos	Caña panelera	Cultivos permanentes arbóreos	Palma de aceite	Pastos limpios	Pastos arbolados	Mosaico con espacios naturales	Plantación forestal	Herbazal denso de tierra firme
Halobioma del Caribe	■		■	■	■	■	■	■	■
Halobiomas del Pacífico			■		■		■		■
Helobioma de La Guajira					■		■		■
Helobiomas andinos					■		■	■	■
Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia				■	■	■	■	■	■
Helobiomas del Magdalena y Caribe			■	■	■		■	■	■
Helobiomas del Pacífico y Atrato				■	■	■	■		■
Helobiomas del río Zulia				■	■	■	■		
Helobiomas del Valle del Cauca	■				■	■	■	■	■
Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia					■		■		■
Orobioma alto de Santa Marta					■		■		
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	■			■	■	■	■		■
Orobioma de La Macarena					■		■		
Orobioma de San Lucas				■	■	■	■		
Orobioma medios de los Andes							■		
Orobioma del Baudó y Darién					■	■	■		
Orobioma medio de Santa Marta					■		■		
Orobiomas altos de los Andes			■		■	■	■		
Orobiomas azonales de Cúcuta	■				■	■	■		
Orobiomas azonales del río Sogamoso					■	■	■		
Orobiomas azonales del Valle del Patía					■	■	■		
Orobiomas azonales del río Dagua					■		■		
Orobiomas bajos de los Andes	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Orobiomas medios de los Andes		■	■		■	■	■	■	■
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	■		■	■	■	■	■	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Alto Magdalena			■		■	■	■	■	■
Zonobioma alterno hígrico o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	■	■	■		■	■	■	■	■
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta					■		■		■
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia				■	■	■	■		■
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo				■	■	■	■		
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	■		■	■	■	■	■	■	■
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato			■	■	■	■	■		
Zonobioma seco tropical del Caribe	■		■	■	■	■	■	■	■

Fuentes de información

- Aguilera *et al.* (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. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección.* Calatayud: Congreso de la Asociación Española de Teledetección.
- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra: conceptos de clasificación y manual para el usuario.* Roma: FAO.
- Ideam. (2010b). *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 *et al.* (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.* Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Lambin, E. y Geist, H. (Eds.). (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts.* Berlín: Springer.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam (2007). Mapa nacional de ecosistemas esc. 1:500.000. —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* (2015) Mapa nacional de ecosistemas esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio cambio de cobertura

2.2. Criterio integridad ecológica

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: integridad ecológica		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
Variables asociadas al criterio		
• Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN). • Índice de naturalidad (Inat). • Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).		

Definición

La integridad ecológica (IE) es un estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación y se refiere a la «[…] habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Mackey, 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 juegan 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 -CLC-) 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 pero 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 de ciclos ecológicos esenciales e, incluso, el establecimiento de cultivos puede propiciar la continuidad de los procesos naturales.

Índice de naturalidad (Inat): la prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un territorio[1] están determinadas por el área de las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, que 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, cuanta 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.

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).

---

[1] Se emplea la subzona hidrográfica (SZH) por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

La variable mide la concentración (densidad, o riqueza potencial) de especies sensibles en polígonos identificados como de especial importancia, así:

- Áreas prioritarias para la conservación (APC) (IAVH y ANH, 2010).
- Áreas críticas (AC) para especies migratorias en agroecosistemas (SELVA, 2012).
- Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA) (IAVH, 2015).

De esta forma, cuanta mayor sea la concentración de estas especies, menor es la aptitud para el potencial establecimiento del cultivo, debido a que las labores asociadas a estas presionan las poblaciones de interés o sus hábitats, lo que aumenta las amenazas para los grupos taxonómicos considerados (aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces y plantas). Por el contrario, en 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 fresa, 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 fresa varía en relación inversa con la IE del territorio, de manera que la aptitud es baja (A3) donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC), pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud es alta (A1) en 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 (2010-2012) limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible.

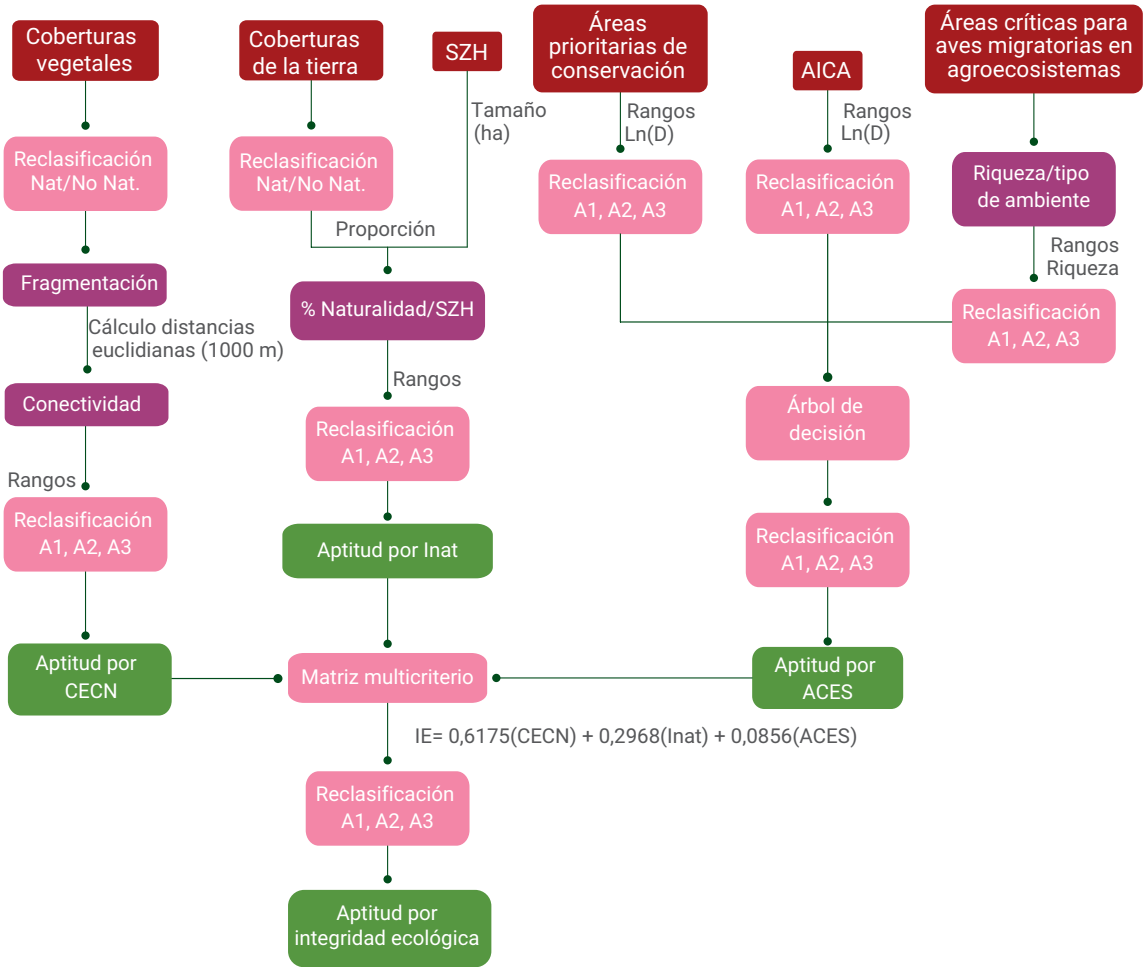
La información sobre biodiversidad siempre cuenta con limitaciones relacionadas con el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para todo el país.

Valor de ponderación del criterio: 5,8 %

Metodología de evaluación

Para la evaluación del criterio, se realiza el procesamiento de cada una de sus tres variables como se describe en la siguiente gráfica:

Integridad ecológica



a. Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) en paisajes transformados:

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para realizar dicho análisis, se parte del mapa de coberturas de la tierra, adaptado para Colombia (Ideam, 2012). A partir de este, se realiza 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, realizado en ArcGIS, se establece la conectividad estructural desde los centroides de los fragmentos como objeto foco de conectividad, empleando una distancia de referencia de 1000 m entre núcleos.

Finalmente, los valores de distancia obtenidos se normalizan mediante la técnica de lógica difusa, empleando la herramienta Fuzzy del *software* ArcGIS versión 10.3. La conectividad estructural así obtenida se distribuye en un rango entre 0 y 1, donde 0 representa la menor conectividad y 1, la mayor conectividad, la cual posteriormente se reclasifica en términos de la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de fresa. Los valores obtenidos se distribuyen en tres rangos mediante el método de clasificación Natural Breaks, así:

Calificación de la conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)		
Descripción	**Rango**	**Aptitud**
Conectividad menor	0,13-0,49	A1
Conectividad media	≥ 0,49 - ≤ 0,82	A2
Conectividad mayor	0,82-1	A3

La CECN es una medida a escala de paisaje que, en la matriz transformada, permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento e intercambio de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

b. Índice de naturalidad (Inat) de las subzonas hidrográficas:

Esta variable se construye a partir de las coberturas naturales, según la clasificación de Corine Land Cover (bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua, Ideam, 2010b). Se realiza una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua» del Ideam (2015a).

De esta forma,

$$\text{Inat} = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

A partir de este cálculo, se establecen los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros adaptados por Márquez (2003), y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de fresa:

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica		
Descripción	**Rango (%)**	**Aptitud**
% Inat muy bajo (vital) % Inat bajo (estratégica) % Inat moderado	0-5 5-30 30-50	A1
% Inat alto	≥ 50 - ≤ 75	A2
% Inat muy alto (protección)	75-100	A3

c. Áreas de concentración de especies sensibles (ACES):

Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: áreas prioritarias de conservación (APC), 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, 2010), se toma la información de especies sensibles en las APC, las cuales se relacionan con el tamaño de cada polígono para obtener la densidad de especies/km^2. Para incorporar esta información, se toman los objetos de conservación de filtro fino y de filtro grueso del estudio, que representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies, o ecosistemas, respectivamente.

Cuanto mayor sea el número de especies sensibles o endémicas (riqueza) con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio para el establecimiento de cultivos comerciales.

Para aquellos polígonos sin información, se asume el mínimo número de especies registrado, desde la premisa de que existe por lo menos una especie sensible o endémica. Finalmente, los valores obtenidos de densidad de especies se normalizan 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 obtiene la siguiente calificación:

Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas prioritarias de conservación (APC)		
Descripción	**Rango ln (D)**	**Aptitud**
Áreas sin identificación de APC	< -10,02	A1
APC con muy baja o baja densidad de especies sensibles	-10,02 a -2,77	A2
APC con moderada, alta o muy alta densidad de especies sensibles	-2,76 a 6,42	A3

- Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA): para el tratamiento de este insumo se parte de la información espacial de AICA suministrada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH, 2015a y b) y su base de datos asociada.

La información se depura de la siguiente forma: de la base de datos de especies se excluyen las AICA sin información georreferenciada. Posteriormente, se organiza la información por AICA y se eliminan las especies duplicadas. Para cada AICA, se obtiene el número de especies por cada categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

Con la información depurada, se calcula la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerable) que se reporta en cada AICA y se divide por el área del AICA en km^2. Con la información disponible, se establecen dos zonas en el país: la primera corresponde al área donde no hay AICA (categoría de aptitud alta), y la segunda agrupa aquellas áreas donde hay AICA establecidas (categoría de aptitud moderada y aptitud marginal).

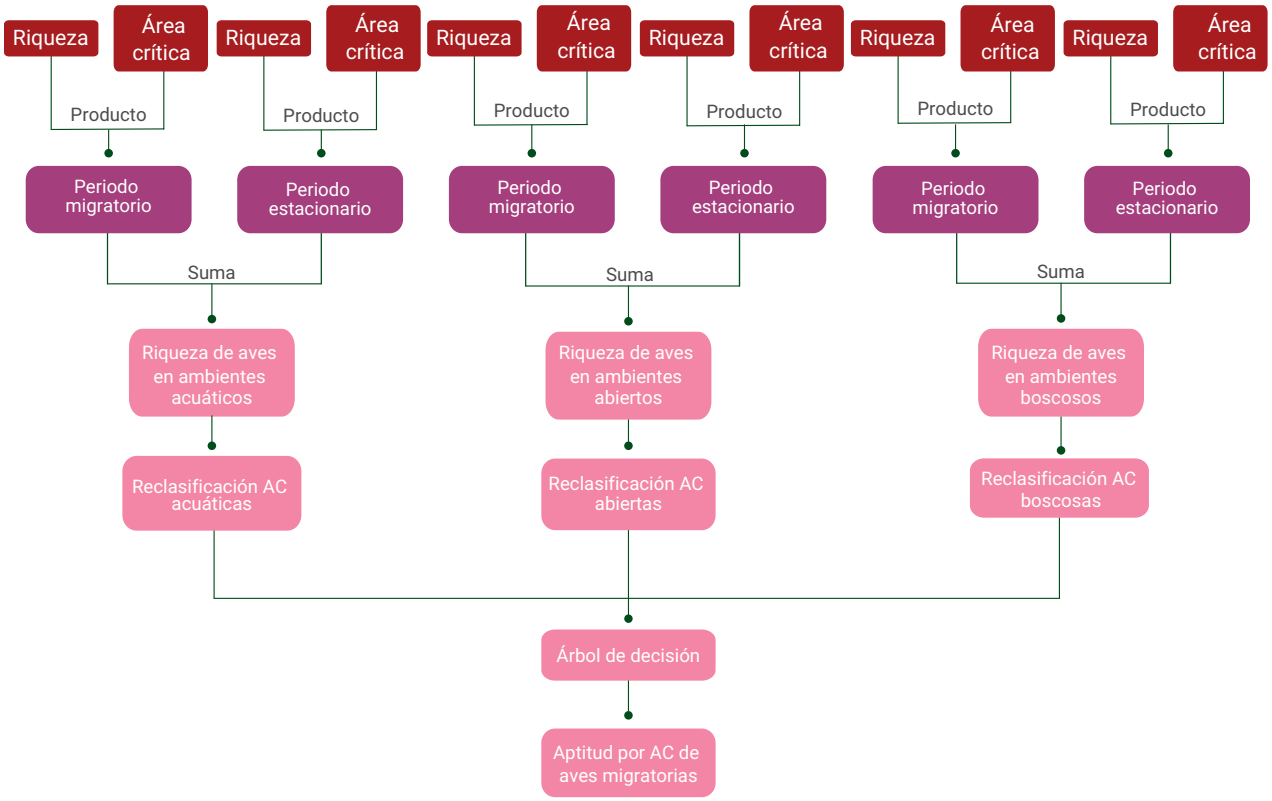
Las áreas donde hay AICA establecidas se clasifican de acuerdo con el valor de ln (D), mediante el método de clasificación Natural Breaks del *software* ArcGIS 10.3. De esta forma, a los rangos definidos se les asigna la siguiente calificación:

Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA)		
Descripción	**Rango ln (D)**	**Aptitud**
Áreas sin AICA	< -8,085	A1
AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles	-8,085 a -4,189	A2
Densidad moderada, alta o muy alta de especies sensibles en las AICA	-4,189 a 1,67	A3

- Áreas críticas para especies migratorias en paisajes agropecuarios: a partir de la información para especies migratorias (aves, murciélagos, peces e insectos) en paisajes agropecuarios (SELVA, 2012), se emplean las capas de áreas críticas y riqueza potencial del grupo taxonómico de aves asociadas 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 siguiente figura:

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000.



Fuente: García, Moreno, y Sacharow (2012).

Se realiza el producto entre las capas de las áreas críticas y riqueza potencial, tanto en periodo migratorio como para el periodo estacionario, para cada grupo de aves asociadas a los ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, respectivamente. De esta forma, el resultante es el nivel de importancia de las áreas críticas tipificadas, a partir de su riqueza potencial.

Posteriormente, mediante la adición del valor de la riqueza del periodo estacionario y del periodo migratorio, se obtiene la importancia total para cada uno de los ambientes (bosque, abierto o acuático). A partir de esto se obtiene una visión completa a lo largo de todo el proceso migratorio, respecto de la importancia de los diferentes hábitats críticos.

Los valores de importancia total resultante se dividen en dos categorías, mediante la utilización del método de clasificación Natural Breaks del *software* ArcGIS 10.3. Seguidamente, se asigna el mayor valor de importancia a las áreas con alta riqueza, y de importancia moderada a aquellas con menor valor de riqueza potencial.

Para los lugares en los que no existen áreas críticas se asigna la categoría de «no aplica».

Fotografía: Archivo UPRA.

Finalmente, por medio de un árbol de decisión entre las categorías de importancia asignadas a cada uno de los ambientes, se establece la aptitud para el cultivo comercial de fresa, así:

Reclasificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa, de acuerdo con la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias			
Importancia de las áreas críticas			
Bosque	Abiertos	Acuáticos	Aptitud
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A2
Alta	Alta	No aplica	A2
Alta	Moderada	Alta	A2
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A2
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A2
Moderada	Alta	Alta	A3
Moderada	Alta	Moderada	A2
Moderada	Alta	No aplica	A2
Moderada	Moderada	Alta	A2
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A2
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A2
No aplica	Alta	Alta	A3
No aplica	Alta	Moderada	A3
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A2
No aplica	No aplica	Alta	A2
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A2

Para integrar los insumos de la variable ACES (AP, AICA, AC), se realiza una reclasificación de acuerdo con un árbol de decisión, cuya calificación está dada por el nivel de mayor restricción, así:

Árbol de decisión para integración de los insumos de la variable 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

a. Integración de variables: para integrar la variable, se realiza una suma ponderada mediante la siguiente fórmula:

$$IE = a(CECN) + b(INAT) + c(ACES)$$

En la que *a, b* y *c* representan los factores de ponderación de las tres variables (CECN, Inat y ACES), los cuales se determinan mediante el establecimiento de la matriz multivariable que es evaluada por la metodología de la matriz multicriterio.

De esta forma, se obtienen los valores de *a, b* y *c,* así:

a = 0,6175 *b* = 0,2968 *c* = 0,0856

Rangos para la asignación de valores de aptitud

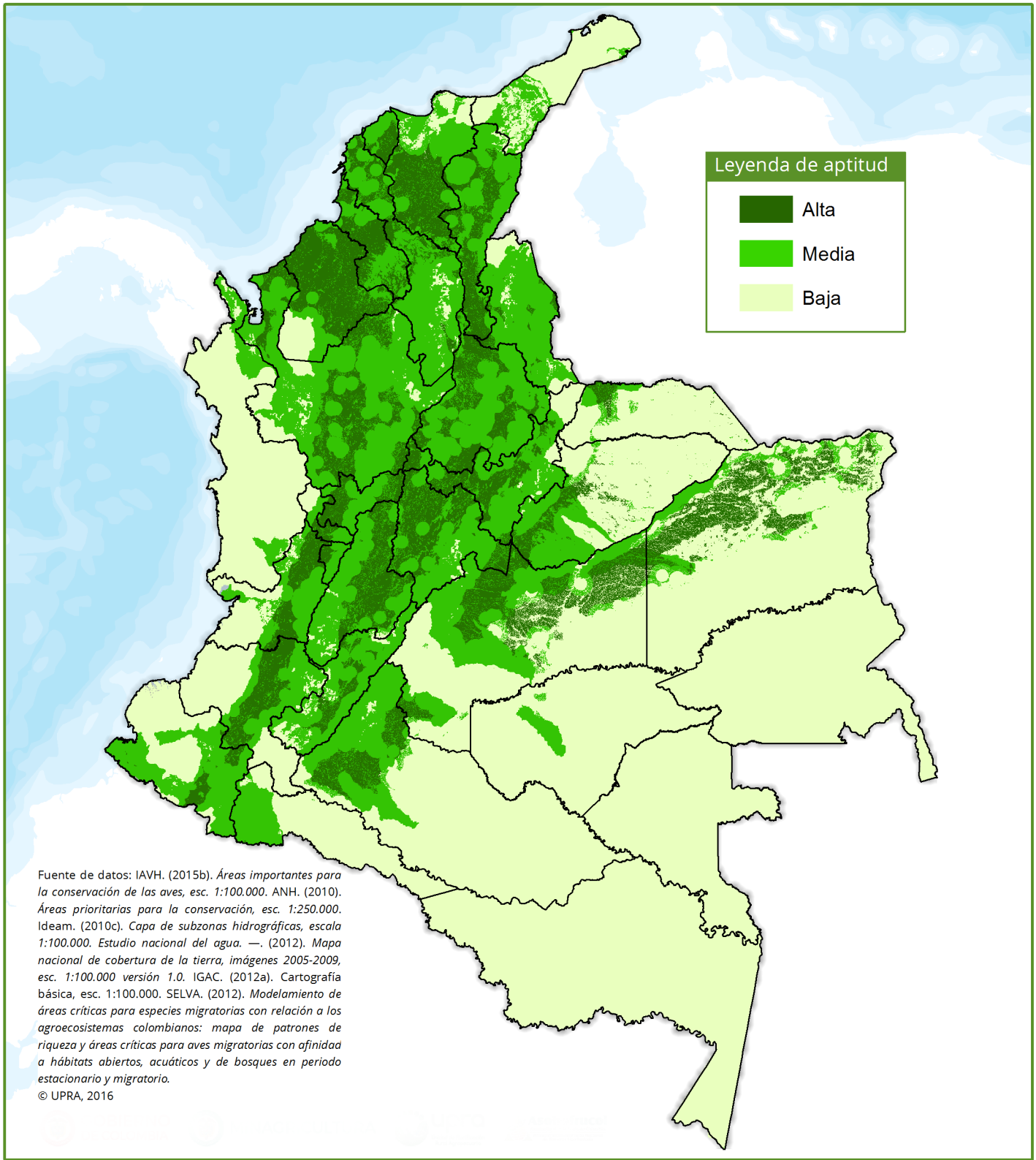
Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3), se divide empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGIS, así:

Aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de fresa por el criterio de 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 las 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.
- Franco *et al.* (2009). «Colombia». En C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson, e Í. Yépez (Eds.). *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation.* Quito: BirdLife International.
- García-Márquez, J., Moreno, M y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia.* Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- —. (2012). Figuras 11 a la 17: patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio [mapas]. *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia.* Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia.
- IAVH. (2015b). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000.* Bogotá: IAVH.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000.* Bogotá: IAVH y ANH.
- Ideam. (2010b). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2010c). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000.* «Estudio nacional del agua (ENA)». Bogotá: Ideam.
- —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mackey, B. (2005). «La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra». En P. Corcoran, *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible.* Ámsterdam: KIT Publishers BV.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia.*

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IAVH. (2015b). *Áreas importantes para la conservación de las aves, esc. 1:100.000*. ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, esc. 1:250.000*. Ideam. (2010c). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000. Estudio nacional del agua.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. SELVA. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas colombianos: mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosques en periodo estacionario y migratorio.*

© UPRA, 2016

Criterio integridad ecológica

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 fresa**	
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 la prestación de los servicios ecosistémicos (que son la base ambiental que sustenta los procesos productivos). La variable mide la distancia entre los parches de todos los tipos de coberturas naturales que se encuentran en la matriz cultural y determina áreas con diferente nivel de conectividad estructural.

De esta forma, en términos de la aplicación, en el presente estudio, en aquellas áreas con mayor conectividad estructural de las coberturas naturales dentro de la matriz transformada (por ejemplo, mosaicos con dominancia de espacios naturales), se reduce la aptitud para el establecimiento del cultivo, por cuanto en estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales. Por el contrario, en aquellas áreas donde la conectividad de las coberturas naturales es menor en el interior de la matriz transformada (por ejemplo, pastizales limpios), la aptitud para 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

La conectividad estructural 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

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

La información se basa en la capa base oficial de «Coberturas de la tierra, 2012», y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam *et al.*, 2012) y, aunque es la última cobertura generada, tiene cierto nivel de desactualización, en función de los cambios que se hayan producido hasta la fecha.

Metodología de procesamiento de la información

La CECN permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, requerida para el mantenimiento de la biodiversidad natural y las funciones ecosistémicas. Para dicho análisis se parte del mapa de coberturas de la tierra, adaptado para Colombia (Ideam *et al.*, 2012). Se toman todos los tipos de coberturas vegetales naturales como objeto del foco de conectividad y se realiza el análisis por medio de las métricas de paisaje como la fragmentación o la distancia euclidiana de núcleos (con base en una distancia de 1000 m entre núcleos).

La CECN es una medida a escala del paisaje, que en la matriz transformada permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

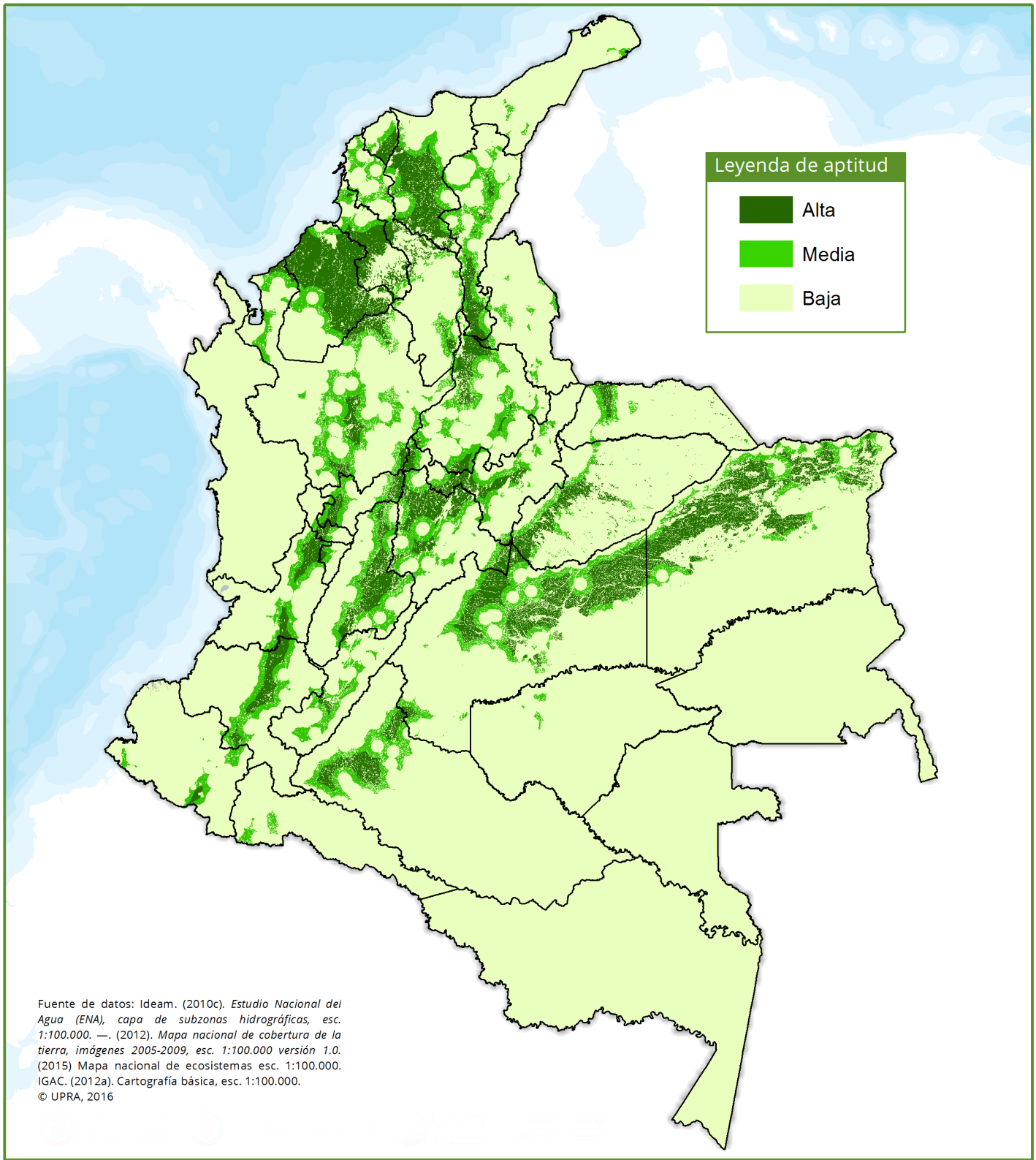
La conectividad estructural así obtenida se distribuye en un rango entre 0 y 1, donde 0 representa la menor conectividad y 1, la mayor conectividad, y se reclasifica en términos de la aptitud para establecimiento de cultivos comerciales de fresa, así:

Calificación de la variable CECN		
Rango	**Descripción**	**Aptitud**
0,13-0,49	Conectividad menor	A1
≥ 0,49 - ≤ 0,82	Conectividad media	A2
0,82-1	Conectividad mayor	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2010b). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam. (2010c). *Estudio Nacional del Agua (ENA), capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0.* (2015) Mapa nacional de ecosistemas esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

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 fresa**	
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 análisis[2] están influenciadas por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio. De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas aquellas coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, entre otros), en proporción al tamaño de la SZH.

Cuanta más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos, por cuanto las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de procesos naturales. Entre tanto, en las áreas con menor naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento del cultivo, por lo que no interrumpe los procesos naturales e, incluso, potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico, en comparación con la cobertura existente.

Importancia de la variable para el cultivo

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental de la unidad geográfica de análisis (subzona hidrográfica), mediante la cantidad de espacios disponibles para el funcionamiento natural que sostiene los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identifica un rango de variación porcentual respecto del área de la subzona hidrográfica, y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

---

[2] Se emplea la subzona hidrográfica (SZH) por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

Limitantes de la evaluación de la variable

La «Leyenda nacional de coberturas de la tierra, metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia», aunque permite determinar la ocupación del suelo con información para el análisis espacial y territorial, engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de detalle que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al.*, 2009).

Metodología de procesamiento de la información

Para el presente 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 realiza el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de subzonas hidrográficas del «Estudio Nacional del Agua» (Ideam, 2010c), en relación con la unidad geográfica de análisis.

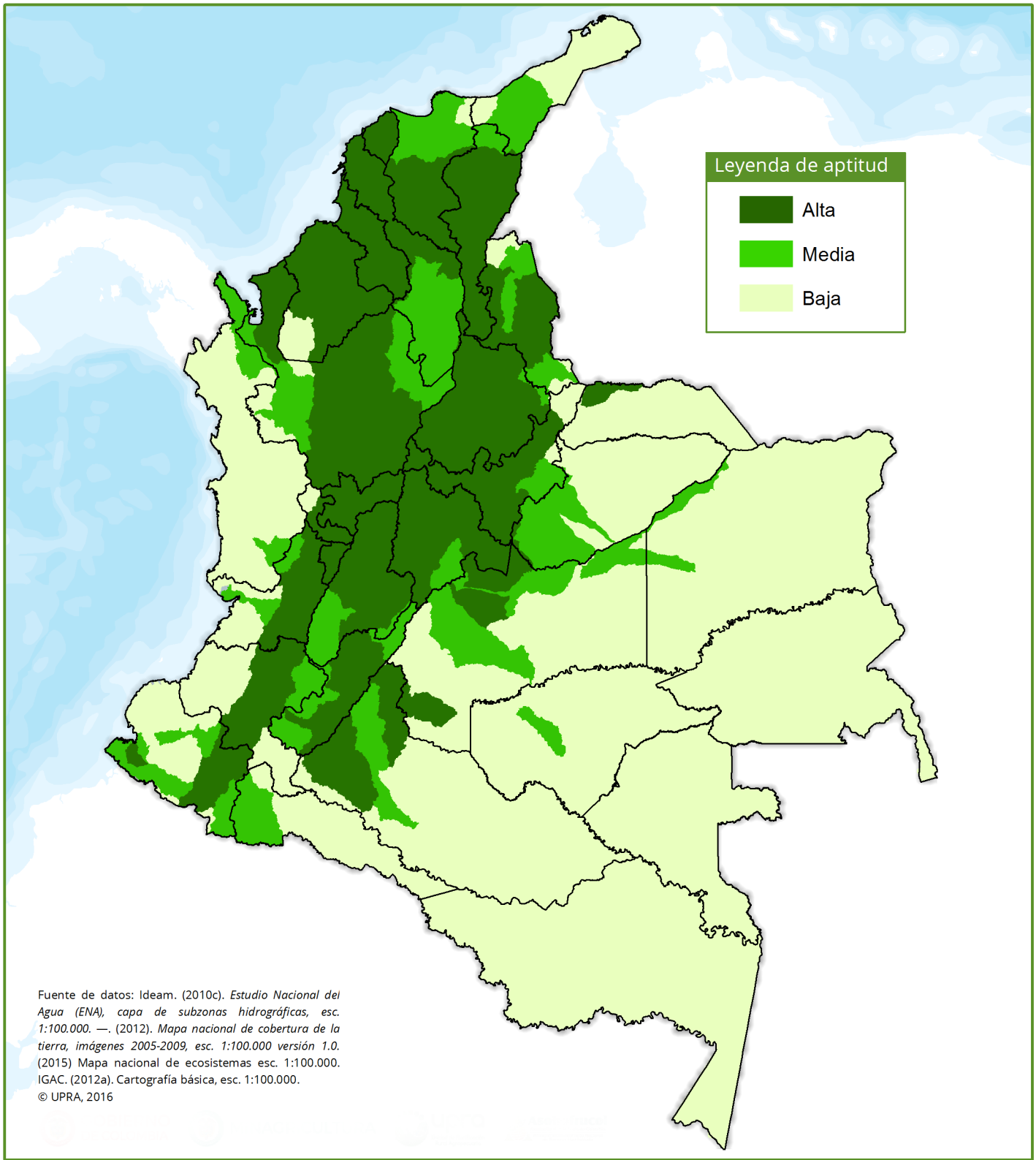
$$Inat = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

Se establecen los siguientes rangos de aptitud, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003), y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de fresa, así:

Calificación de la variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica		
Descripción	**Rango (%)**	**Aptitud**
% Inat muy bajo (vital) % Inat bajo (estratégica) % Inat moderado	0-5 5-30 30-50	A1
% Inat alto	50-75	A2
% Inat muy alto (protección)	75-100	A3

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam. (2010c). *Estudio Nacional del Agua (ENA), capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0.* (2015) Mapa nacional de ecosistemas esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio integridad ecológica
Variable índice de naturalidad

Fuentes de información

- Ideam. (2010b). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- —. (2010c). *Capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000.* «Estudio nacional del agua (ENA)». Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.*. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). 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>.

Fotografía: Archivo UPRA.

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

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio asociado: integridad ecológica		
Variable: áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Unidad de medida: adimensional ln (spp./km^2)	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

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 también se reduce. 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 establece sitios donde tiene lugar la concentración de especies sensibles, por medio de indicadores como la densidad en polígonos, y los define como áreas prioritarias para la conservación (APC) o la riqueza de especies migratorias en áreas críticas sobre agroecosistemas (ACMig). También se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICA).

De esta forma, cuanta mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, será menor la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de fresa, 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 fresa es mayor.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite identificar áreas donde el establecimiento del cultivo comercial de fresa puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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 del hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas y el 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 desarrolla, 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 es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades para complementar el panorama nacional.

Se parte del supuesto de que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, y se destacan algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por consiguiente, la variable supone 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.

Metodología de procesamiento de la información

Áreas prioritarias de conservación (APC)

Esta variable se mide por medio de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se toma de base la información generada en 2010 por el IAVH y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), en el portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000.

Para incorporar esta información, se toman los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso de los estudios mencionados, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad para especies o ecosistemas, respectivamente. Cuanto mayor sea el número 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 será la compatibilidad del territorio para el establecimiento del cultivo comercial de fresa.

Para este análisis, se asigna a cada polígono de APC (tamaño medido en km^2) el valor identificado en el estudio del número de especies sensibles objeto de protección para obtener un valor de densidad o concentración de especies. Para aquellos polígonos sin información, se asume el mínimo valor registrado desde la premisa de que existe, por lo menos, una especie sensible o endémica.

Los rangos de aptitud para las APC son los siguientes:

Descripción	Rango ln (D)	Aptitud
Áreas sin identificación de APC	< -10,02	A1
APC muy baja de especies sensibles	-10,02 a -2,77	A2
APC baja de especies sensibles		
APC moderada de especies sensibles	-2,76 a 6,42	A3
APC alta de especies sensibles		
APC muy alta de especies sensibles		

- Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA): el desarrollo y análisis de las AICA requiere inicialmente de la solicitud de información oficial al Instituto Alexander von Humboldt, el cual facilitó la última capa temática y una base de datos con información de especies de cada una de las AICA.

Posteriormente, se realiza una depuración de la información, mediante los siguientes pasos:

- Se eliminan de la base de datos de especies las AICA que no tengan polígono en la capa (*shape*) entregada.
- Se organiza la información por AICA y se eliminan duplicados de la información, en cuanto a especies.
- Se obtiene, por cada AICA, el número de especies por cada categoría de amenaza para el país, al igual que los endemismos, la distribución restringida y la congregación de aves.

Para cada AICA, se calcula la densidad mediante el número de especies amenazadas (en peligro crítico, en peligro y vulnerables) que se reporta en cada una, de acuerdo con la base de datos facilitada, y se divide por el área del AICA (km^2).

Finalmente, se calcula el logaritmo natural de la densidad obtenida y, de allí, se determinan los rangos para su reclasificación, así:

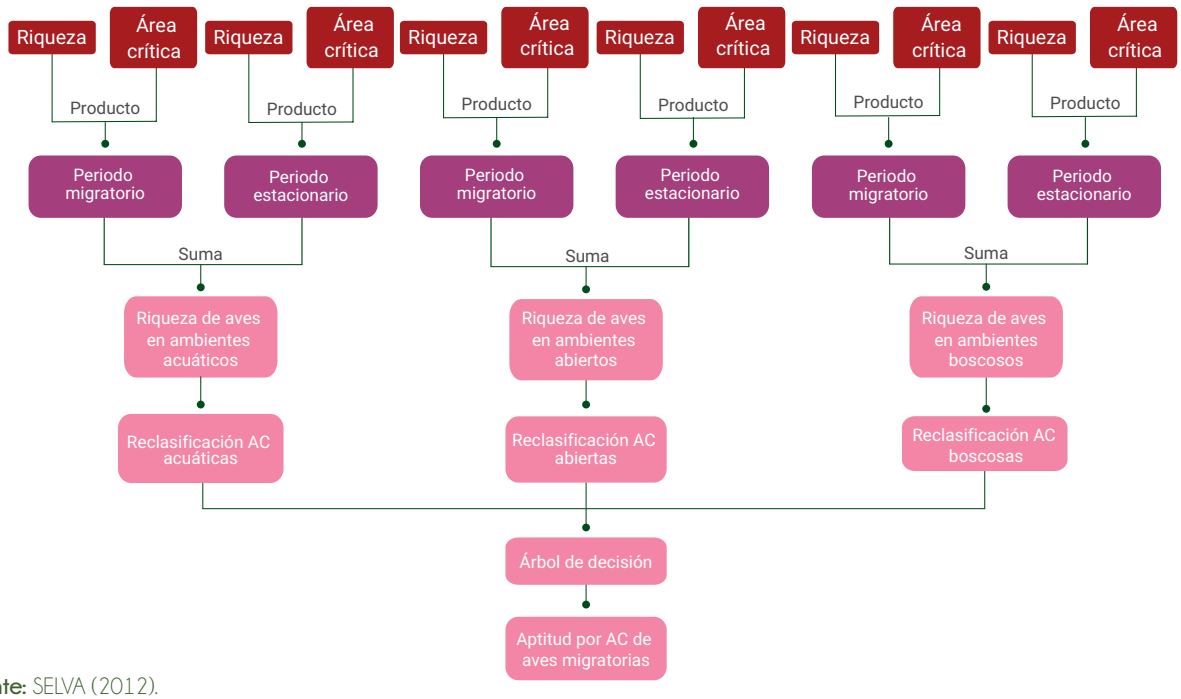
Descripción	Rango ln (D)	Aptitud
Áreas sin identificación de AICA	< -8,085	A1
AICA muy baja de especies sensibles	-8,085 a -4,189	A2
AICA baja de especies sensibles		
AICA moderada de especies sensibles	-4,189 a 1,67	A3
AICA alta de especies sensibles		
AICA muy alta de especies sensibles		

Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios

A partir de la información producida por SELVA (2012) para especies migratorias en paisajes agropecuarios, se emplean las capas relacionadas con áreas críticas para el grupo taxonómico de aves, por cuanto contienen un número considerable de registros biológicos que soportan el estudio (N = 143), así como mayor confiabilidad en el proceso de depuración de las bases de datos.

La siguiente figura ilustra el procedimiento para encontrar la aptitud, de acuerdo con la riqueza de especies migratorias asociadas con ambientes acuáticos, abiertos y de bosque.

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000



Fuente: SELVA (2012).

El primer paso es combinar las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque, en periodo migratorio.

Posteriormente, para el grupo de aves de cada tipo de ambiente, se suman las capas correspondientes a los periodos estacionario y migratorio, con el fin de tener una visión completa respecto de la importancia de los diferentes tipos de hábitats a lo largo de todo el proceso migratorio. De esta forma, con estas dos capas generadas (migratorio y estacional) se realiza una suma para identificar aquellas áreas que representan ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio.

Finalmente, para cada grupo de aves asociado con cada tipo de ambiente, se reclasifica la tabla resultante de los tres pasos anteriores, asignando mayor valor de importancia a aquellos lugares que representan hábitats críticos a lo largo de todo el ciclo de migración, como se muestra a continuación:

Reclasificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa de acuerdo con la importancia del hábitat para aves asociadas con diferentes tipos de ambientes

Importancia de las áreas críticas			Aptitud
Bosque	Abiertos	Acuáticos	
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A2
Alta	Alta	No aplica	A2
Alta	Moderada	Alta	A2
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A2
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A2
Moderada	Alta	Alta	A3
Moderada	Alta	Moderada	A2
Moderada	Alta	No aplica	A2
Moderada	Moderada	Alta	A2
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A2
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A2
No aplica	Alta	Alta	A3
No aplica	Alta	Moderada	A3
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A2
No aplica	No aplica	Alta	A2
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A2

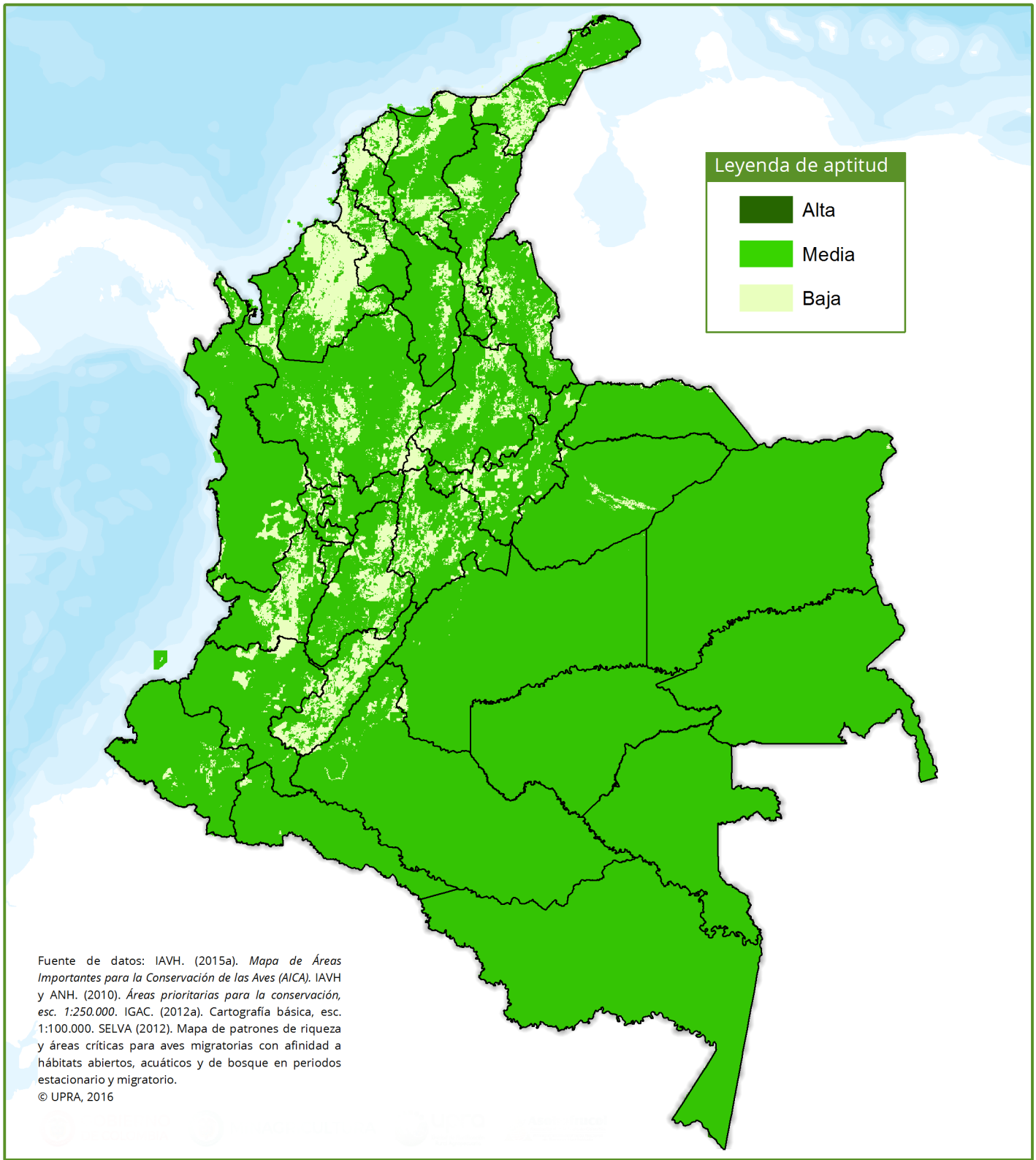
Para integrar toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se combinan las capas resultantes; se realiza una reclasificación de acuerdo con un árbol de decisión, en el cual se adopta el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

Árbol de decisión para la integración de la información de ACES			
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

Fuentes de información

- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En: C. Devenish, D. Díaz, R. Clay, I. Davidson e I. Yépez (Eds.). *Important Bird Areas Americas. Priority sites for biodiversity conservation.* Quito: BirdLife International.
- García-Márquez, J., Moreno, M y Sacharow, O. (2012). *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia.* (Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA). Bogotá, Colombia.
- —. (2012). Figuras 11 a la 17: patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio [mapas]. *Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia.* Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y la UPRA. Bogotá, Colombia
- IAVH. (2015b). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000.* Bogotá: IAVH.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000.* Bogotá: IAVH y ANH.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IAVH. (2015a). *Mapa de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA).* IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, esc. 1:250.000*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. SELVA (2012). Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio.

© UPRA, 2016

Criterio integridad ecológica

Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

2.3. Criterio apropiación de agua

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: apropiación de agua		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Uso consuntivo. • Índice de uso del cultivo.		

Definición

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como para la producción del fruto 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 (fruto) o mediante la evapotranspiración.

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 fresa) y la situación de un consumo real 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 del establecimiento del cultivo de fresa.

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.

Limitantes de la evaluación del criterio

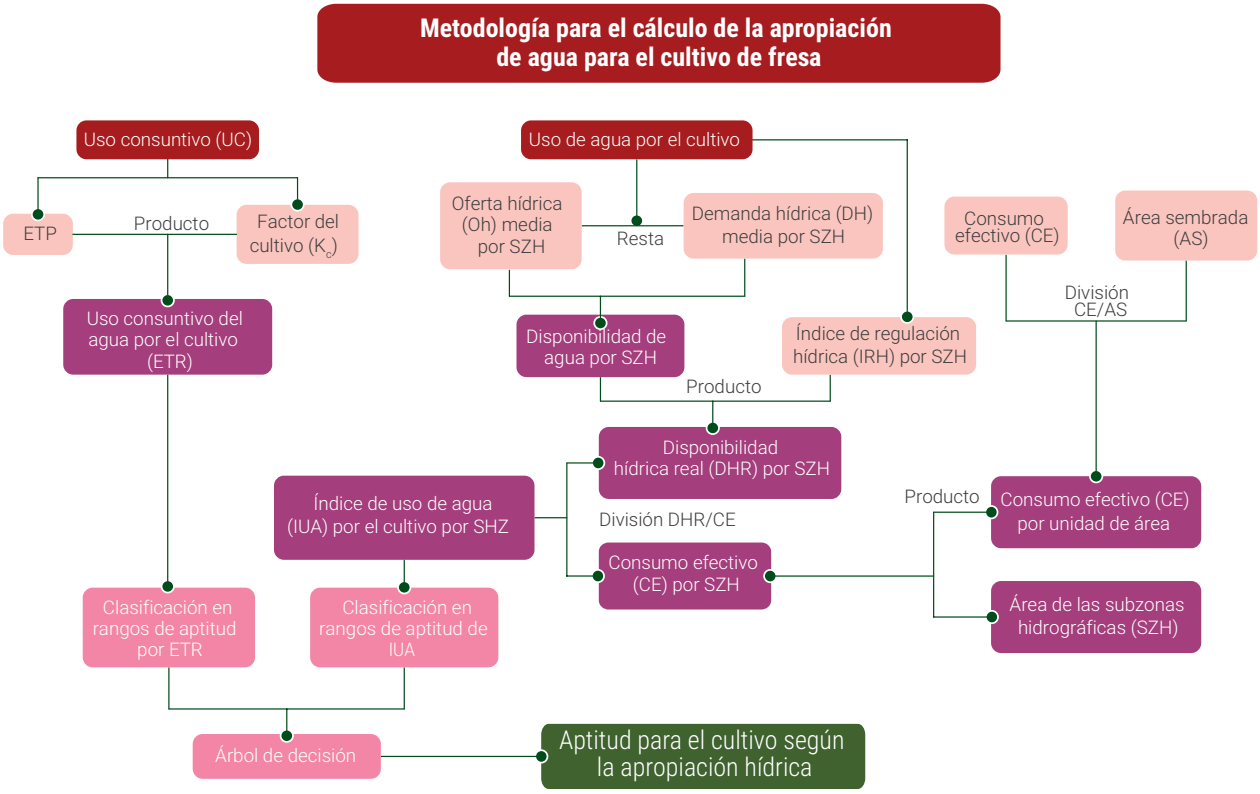
Para el procesamiento del componente de índice de uso de agua por el cultivo, se recurre al dato de área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de área, lo cual depende de la confiabilidad de las estadísticas oficiales.

Valor de ponderación del criterio: 10,9 %

Metodología de evaluación

Para el procesamiento de la variable de apropiación de agua para el cultivo se sigue la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua para el cultivo de fresa



Uso consuntivo:

Para su cálculo, se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP) generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el índice calórico (I), de acuerdo con el método de Thornthwaite, adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0{,}53 \left(\frac{10T}{I}\right)^{\alpha}$$

En donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar (mm)
T = temperatura media (ºC)
I = índice calórico anual

$$I = 12 \left(\frac{T_{anual}}{5}\right) \times 1{,}514$$

$$\alpha = (675 \times 10^{-9})I^3 - (771 \times 10^{-7})I^2 + (179 \times 10^{-4})I + 0{,}492$$

Posteriormente, se calcula la evapotranspiración real del cultivo (ETR), que representa el uso de agua para 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, es decir, que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (K_c) de fresa, 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	Allen *et al.* (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma: FAO.
Piña	0,25	
Pimentón	0,8	
Papaya	1	Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional (Vifinex). (2002). *Manual técnico de buenas prácticas agrícolas en papaya.* El Salvador.
Fresa	0,85	Allen *et al.* (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma: FAO.
Ají tabasco	0,85	Universidad de Concepción. (2012). Necesidades de agua de los cultivos. *Boletín técnico No. 1.* Centro del Agua para la Agricultura. Departamento de Recursos Hídricos. Facultad de Ingeniería Agrícola.

El dato generado requiere una conversión por un factor multiplicador, en este caso 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática) a m^3 de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas). De esta manera, para el cultivo de fresa se tiene:

$$ETR = (0{,}85) \times ETP \times 10$$

Al final, de acuerdo con la amplitud de rango de los datos, se establece una división en cuatro 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 fresa		
Descripción	**Rango ETR (Mm³/ha/año)**	**Aptitud**
Uso consuntivo menor	< 8500	A1
Uso consuntivo moderado	≥ 8500 - ≤ 11.900	A2
Uso consuntivo alto	> 11.900	A3

Índice de uso de agua por el cultivo (IUA) en subzonas hidrográficas:

Para este componente del cálculo, se parte de la información sobre oferta y demanda hídrica de la capa de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua» (Ideam, 2015a).

El procesamiento inicia con la identificación de 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 analiza a la luz de la capacidad de retención de agua en cada unidad geográfica de análisis y su distribución a lo largo del tiempo. Para esto, se hace uso del índice de retención y regulación hídrica (IRH)[3] del «Estudio nacional del agua», con el cual se determina la disponibilidad hídrica real (DHR) actual de la SZH, así:

$$DHR = DH \times IRH$$

Para calcular el consumo efectivo del cultivo, se parte de la información sobre requerimiento hídrico para cada cultivo, referido a un requerimiento teórico basado en el «Estudio nacional del agua» (Ideam, 2015a) y se obtiene a partir del K_c obtenido de la FAO, la información climática del Ideam y el factor K_c, que son las condiciones de humedad del suelo.

De esta forma, se establece una relación entre el requerimiento hídrico del cultivo comercial de fresa y la disponibilidad real de agua en cada subzona hidrográfica, lo que determina un índice de uso de agua por el cultivo comercial de fresa (IUA), el cual muestra la presión que ejerce el cultivo por desarrollar, sobre el agua disponible, cuyo rango de variación permite establecer los diferentes niveles de variación de aptitud por oferta hídrica.

$$IUA_{Fresa} = DHR \times SZH/CE_{Fresa}$$

[3] 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: 0 es la mínima regulación y 1, la máxima regulación (Ideam, 2010c).

La siguiente tabla muestra la aptitud por el índice de la subzona hidrográfica:

Aptitud por índice de uso de agua del cultivo de fresa (IUA)		
Descripción	**IUA**	**Aptitud**
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de fresa.	> 15.715,28	A1
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de fresa.	≤ 15.715,28 - ≥ 3545,11	A2
La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con el consumo efectivo del cultivo comercial de fresa.	< 3545,11	A3

Aptitud por apropiación de agua para el cultivo:

El último paso consiste en establecer la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, mediante un árbol de decisión que incluye 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 fresa			
Uso consuntivo	**IUA_{Fresa}**	**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.

La aptitud varía entre un máximo (aptitud alta), en aquellos lugares de ETR × SZH donde exista agua disponible para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo al mismo o a los usos preexistentes, y un valor mínimo (aptitud baja), que se establece en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico en los cuales el establecimiento del cultivo (máxime si es de consumo considerable, como la fresa) puede generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el mismo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: uso consuntivo (ETR) e índice de uso de agua por el cultivo (IUA).

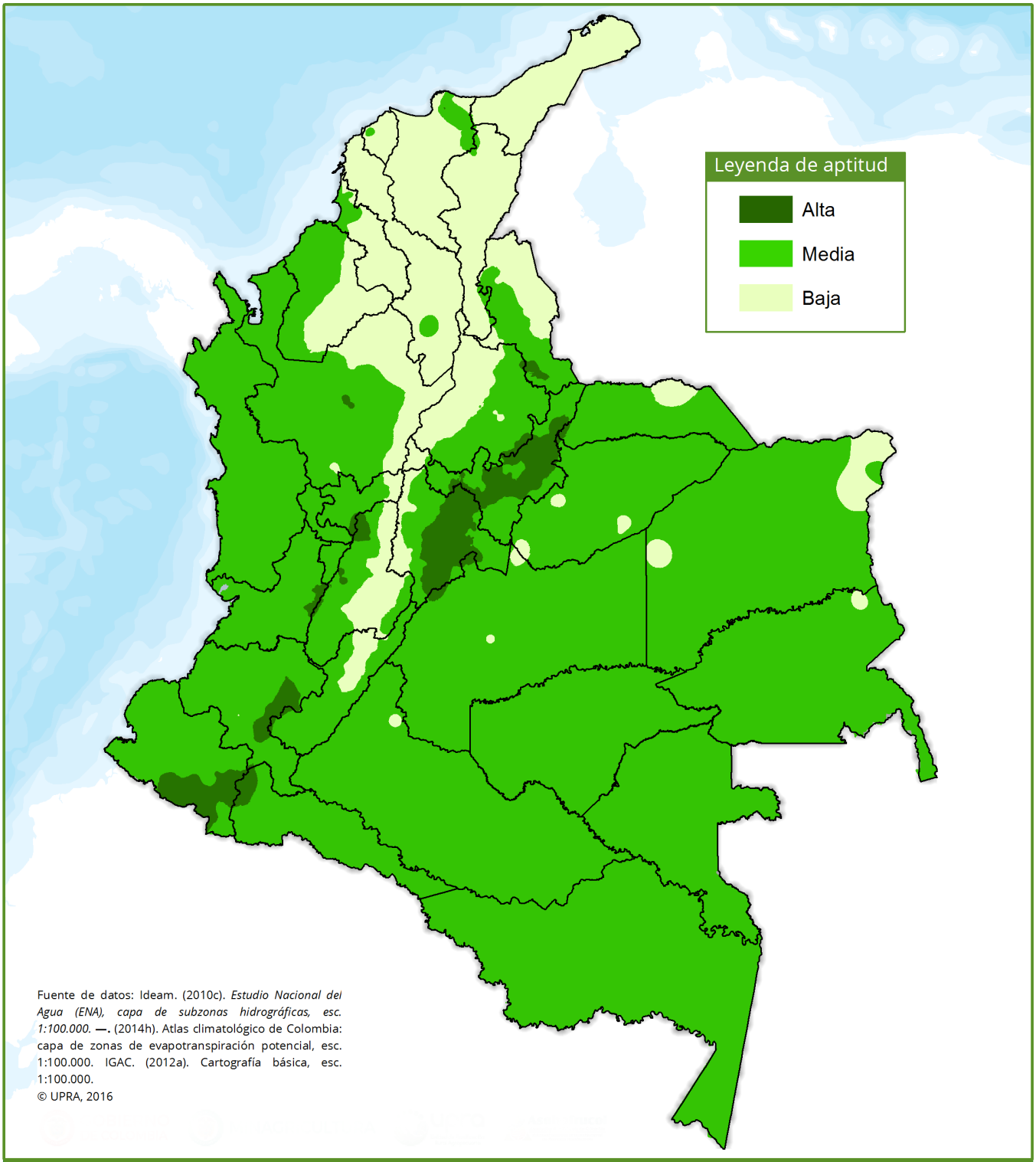
Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua para el cultivo comercial de fresa		
Descripción	**Rango de variación**	**Aptitud**
Lugares con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico 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

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* FAO. Roma.
- Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA); Good Stuff International Latinoamérica y Caribe (GSI-LAC); Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (Cosude); Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014.* Bogotá: Ideam. IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- González, M., Saldarriaga, G. y Jaramillo, O. (2010). Capítulo 5. «Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial». *Estudio Nacional del Agua (ENA).* Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2014h). «Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000». *Atlas climatológico de Colombia.* Bogotá: Ideam.
- —. (2015a). *Estudio Nacional del Agua 2014.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam.
- WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica. Reporte Colombia 2012.*

Representación cartográfica del criterio

Para obtener el mapa resultante de aptitud por apropiación de agua para el cultivo comercial de fresa, se cruzaron los mapas relacionados a continuación:

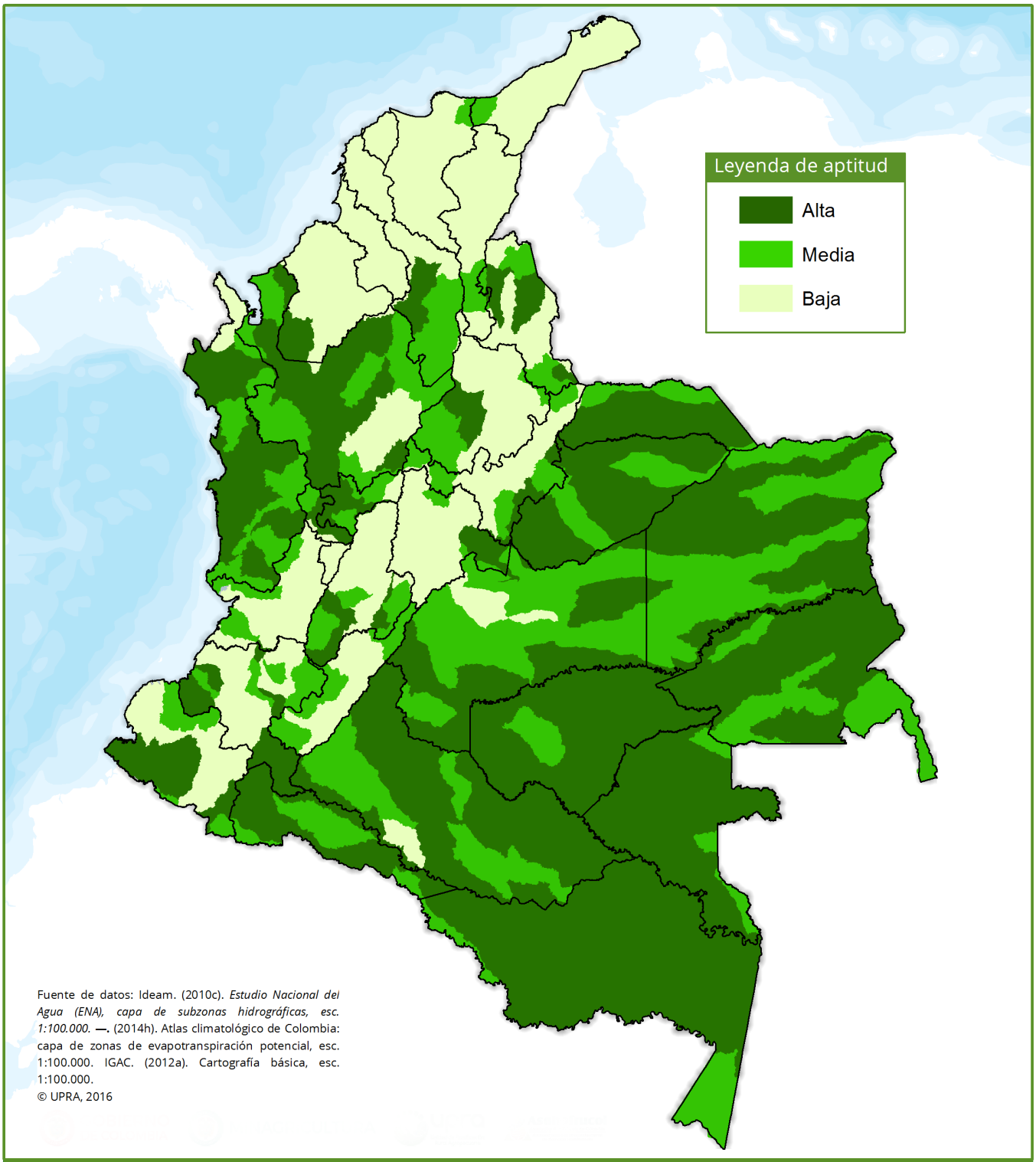


Fuente de datos: Ideam. (2010c). *Estudio Nacional del Agua (ENA), capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* —. (2014h). Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio apropiación de agua
Variable uso consuntivo

Representación cartográfica del criterio

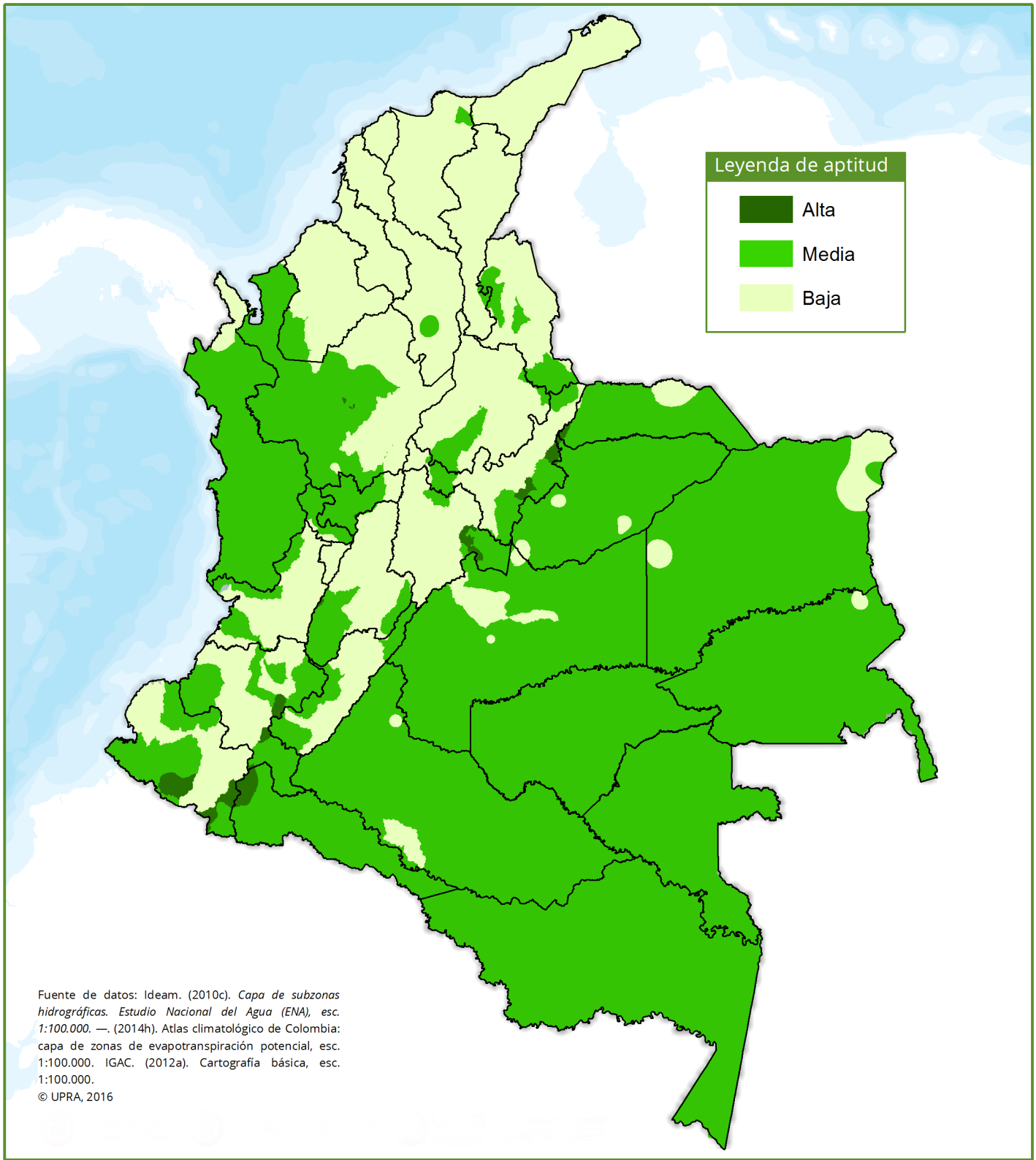


Fuente de datos: Ideam. (2010c). *Estudio Nacional del Agua (ENA), capa de subzonas hidrográficas, esc. 1:100.000.* —. (2014h). Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio apropiación de agua
Variable índice de uso de agua

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam. (2010c). *Capa de subzonas hidrográficas. Estudio Nacional del Agua (ENA), esc. 1:100.000.* —. (2014h). Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio apropiación de agua

2.4. Criterio variación del contenido estimado de carbono

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: variación del contenido estimado de carbono		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
Variación del contenido estimado de carbono.		

Definición

Balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual y en el suelo, frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento de cultivos comerciales de fresa.

Una de las funciones de los ecosistemas es la regulación del clima del planeta mediante el almacenamiento de carbono y la eliminación de los gases de efecto invernadero (GEI) como el CO_2 de la atmósfera, entre otros. Los ecosistemas contribuyen a la regulación de CO_2 de la atmósfera por medio del almacenamiento del carbono en la biomasa y el suelo, lo cual es, quizás, el más reconocido de todos los servicios de los ecosistemas (IPCC, 2006; Stern, 2007; Canadell *et al.*, 2008; Capoor *et al.*, 2008).

Según 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 variable en los procesos de zonificación de aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de fresa.

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 realiza a partir de información general, en escala menor a la requerida.

Valor de ponderación del criterio: 3,6 %

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:

Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea (BA): la estimación se realiza a partir de la articulación entre la información contenida en el mapa de «Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia» del Ideam (Phillips *et al.*, 2011), y el mapa de «Carga de combustible (biomasa) de las coberturas vegetales de Colombia» del MAVDT (2007).

A partir de esta información cartográfica, se realiza la diferencia simétrica entre los dos mapas, con el propósito de complementar la información faltante de biomasa en el mapa del Ideam en lo referente a coberturas no boscosas.

El mapa resultante de la diferencia simétrica se une con el mapa del Ideam (2011a), para obtener el mapa de biomasa aérea (BA) para todas las coberturas vegetales del país.

El contenido de carbono se estima con base en la ecuación propuesta por IPCC (2006), así:

$$C_{BA} = BA / 2$$

Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea: calculada de acuerdo con los fundamentos planteados por Brown *et al.* (1992) y Cairns *et al.* (1997), según la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa subterránea} = e^{(-1.085+.925 \times \ln(BA))}$$

Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la fórmula:

$$C\ (\text{biomasa subterránea}) = \text{biomasa subterránea}/2$$

Contenido de carbono en la biomasa: mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.

Contenido de carbono en el suelo: se estima con base en la información suministrada por ISRIC (2015), a partir de las capas de porcentaje de carbono orgánico en el suelo, la densidad aparente y el porcentaje de fragmentos de más de 2 mm (*organic carbon, bulk density, coarse fragments* > 2 mm), a 30 cm de profundidad.

El mapa de carbono orgánico total en el suelo se efectúa por álgebra de mapas, mediante la aplicación de la ecuación propuesta por la FAO (Comisión Europea, 2013), así:

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

Fotografía: Archivo UPRA.

Contenido de carbono total: el mapa de carbono total se genera a partir de la suma de los mapas generados de biomasa subterránea y carbono orgánico en suelo. La representación cartográfica se presenta más adelante.

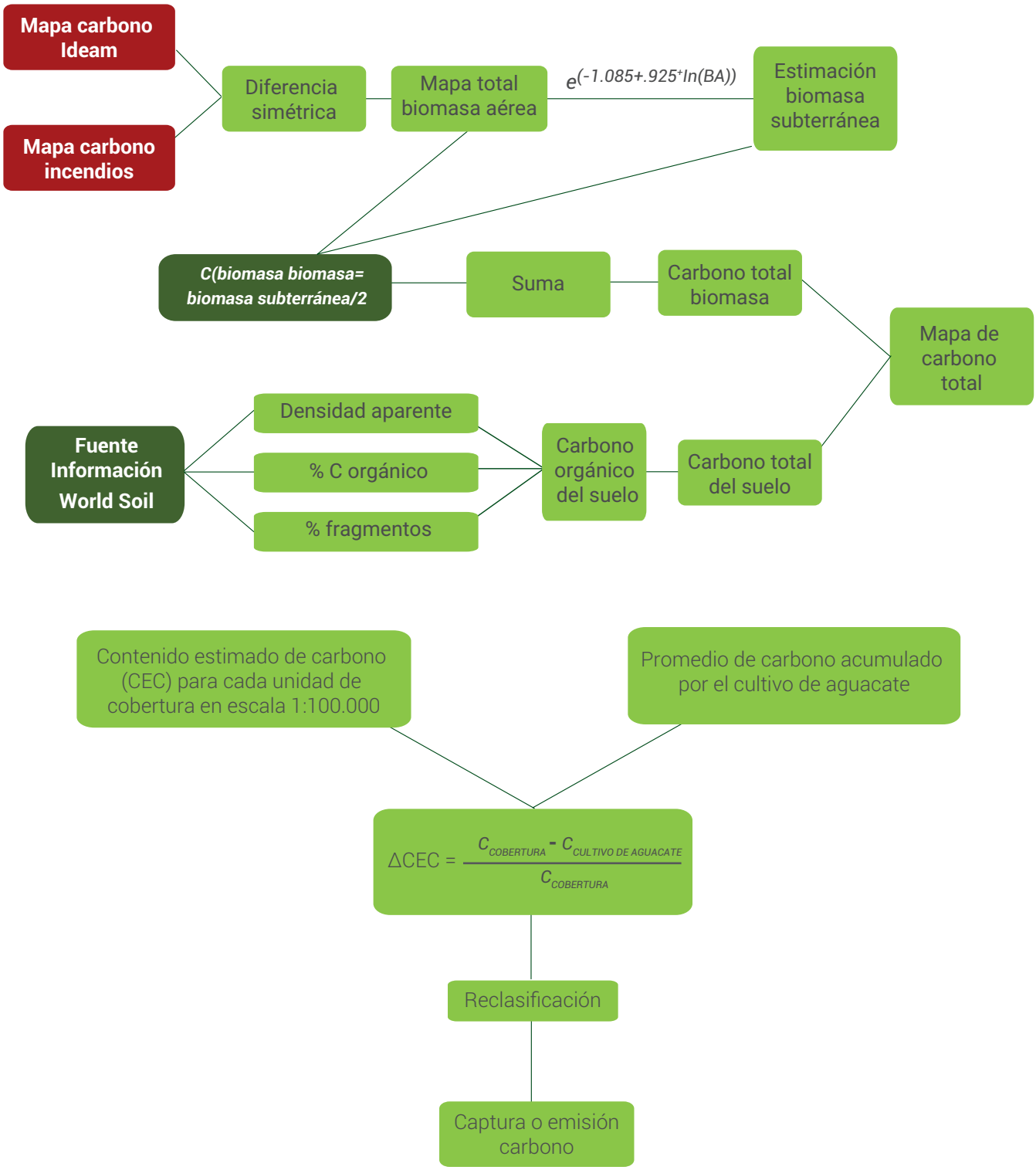
Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono: se compara el contenido estimado de carbono (CEC)[4] para cada unidad de cobertura en escala 1:100.000, con el valor de referencia del contenido estimado de carbono en el cultivo de fresa, con el fin de obtener el mapa de la variación del contenido de carbono total frente al cultivo de fresa.

$$\Delta CEC = \frac{C_{COBERTURA} - C_{CULTIVO\ DE\ FRESA}}{C_{COBERTURA}}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de un nuevo cultivo de fresa puede representar tres posibilidades: fijar una mayor cantidad de carbono en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el remplazo representa una ganancia en términos de la captura (cantidad en t de carbono/ha/año). Puede presentarse que, al establecer un nuevo cultivo de fresa, este representa una cantidad capturada semejante de carbono al de la cobertura actual. O el cultivo de fresa 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.

[4] Valor del píxel o de la unidad de análisis espacial.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:



Los valores obtenidos en este mapa se reclasifican según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

Los valores de la diferencia en carbono total frente al cultivo menor a -20 % corresponden a la categoría de aptitud alta (A1), mientras que el rango entre 0 y -20 % corresponde a la categoría de aptitud moderada (A2), y los mayores a 0 % se sitúan en la categoría de aptitud baja (A3).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

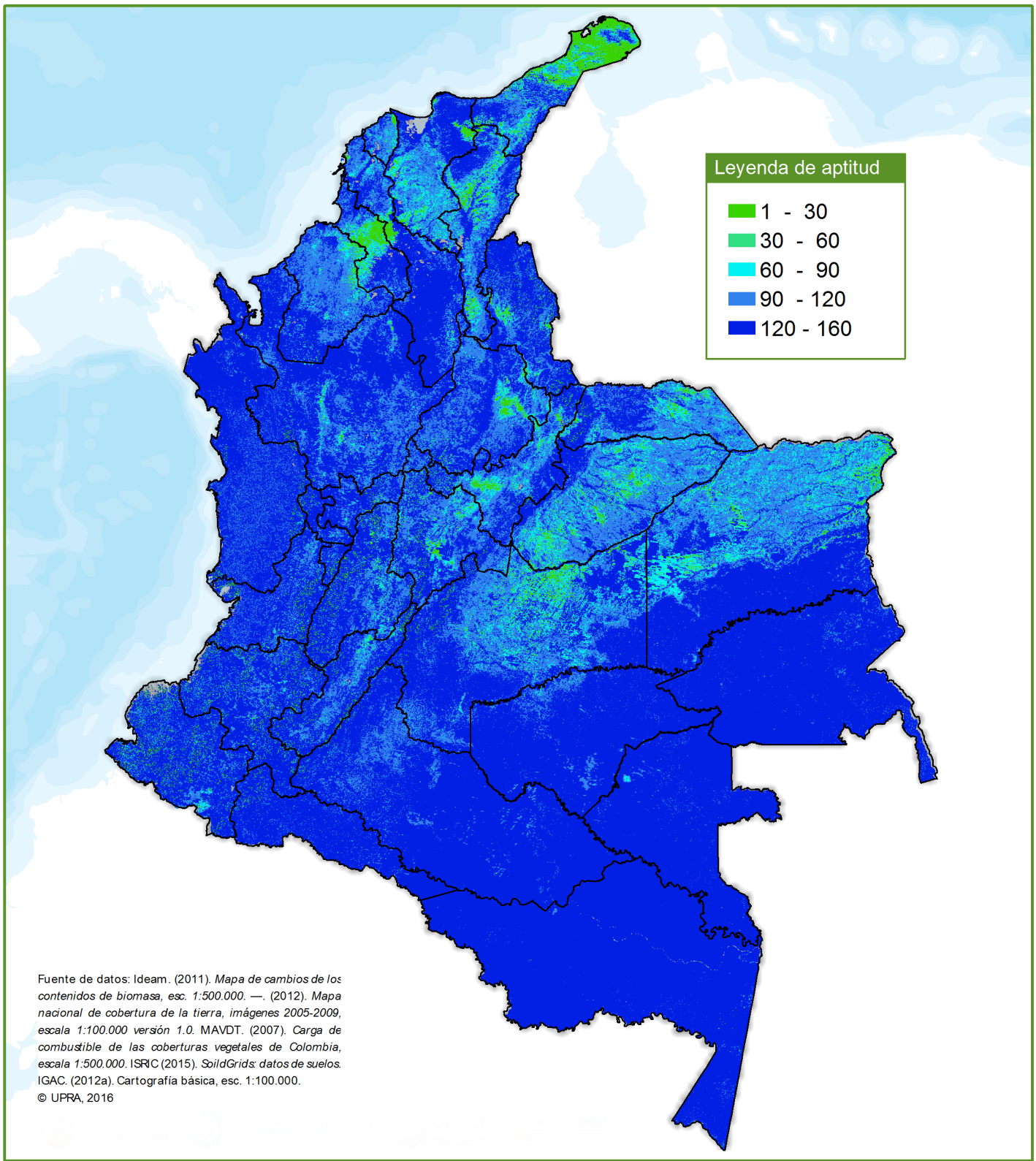
La calificación de la aptitud para el cultivo se establece según los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)	Aptitud
El cultivo se convierte en sumidero de carbono.	< -20	A1
El cultivo es fuente de carbono.	> 0 y ≤ -20	A2
El cultivo es fuente de emisión de carbono alta.	≥ 0	A3

Fuentes de información

- Brown, S. y Lugo, A. (1992). «Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon». *Interciencia 17*(1), 8-18.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E. y Baumgardner, G. (1997). «Root biomass allocation in the world's upland forests». *Oecologia 111*(1), 1-11.
- Canadell, J. y Raupach, M. (2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». *Science 320*(5882).
- Capoor, K. y Ambrosi, P. (2008). *State and Trends of the Carbon Market 2008.* Washington, D. C.: World Bank Institute.
- Ideam. (2011a). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Hayama,* Japón: Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES).
- ISRIC. (2013). *SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping.*
- ISRIC (2015). *SoildGrids: datos de suelos.*
- MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* Bogotá: MAVDT.
- Phillips, J., Duque, Á., Cabrera, K., Yepes, A., Navarrete, D., García, M., Álvarez, E. … Vargas D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.* Bogotá: Ideam.
- Stern, N. (2007). *Stern Review: The Economics of Climate Change.* Reino Unido: Cambridge University Press. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

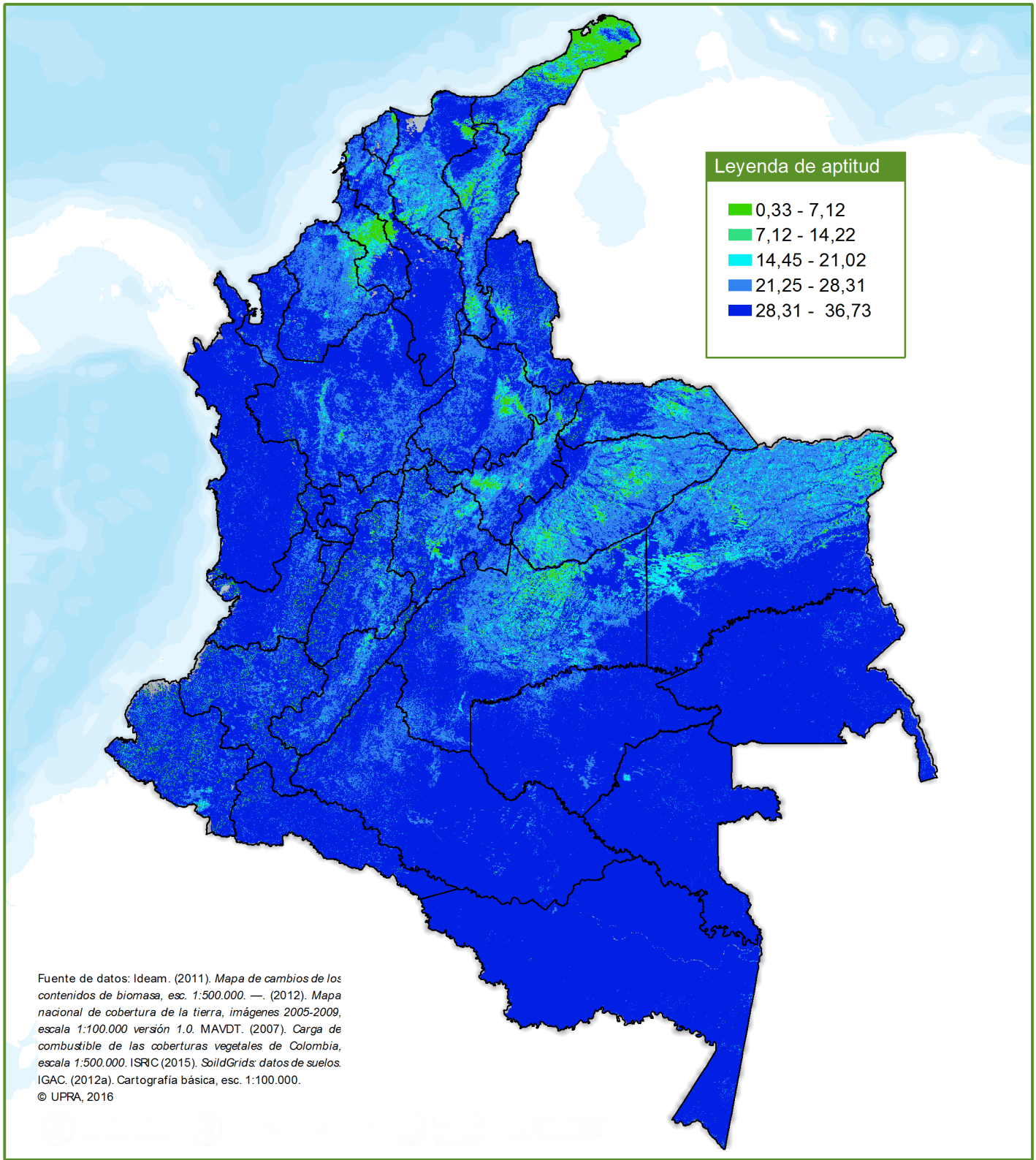
Representación cartográfica



Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono
Biomasa vegetal aérea (t)

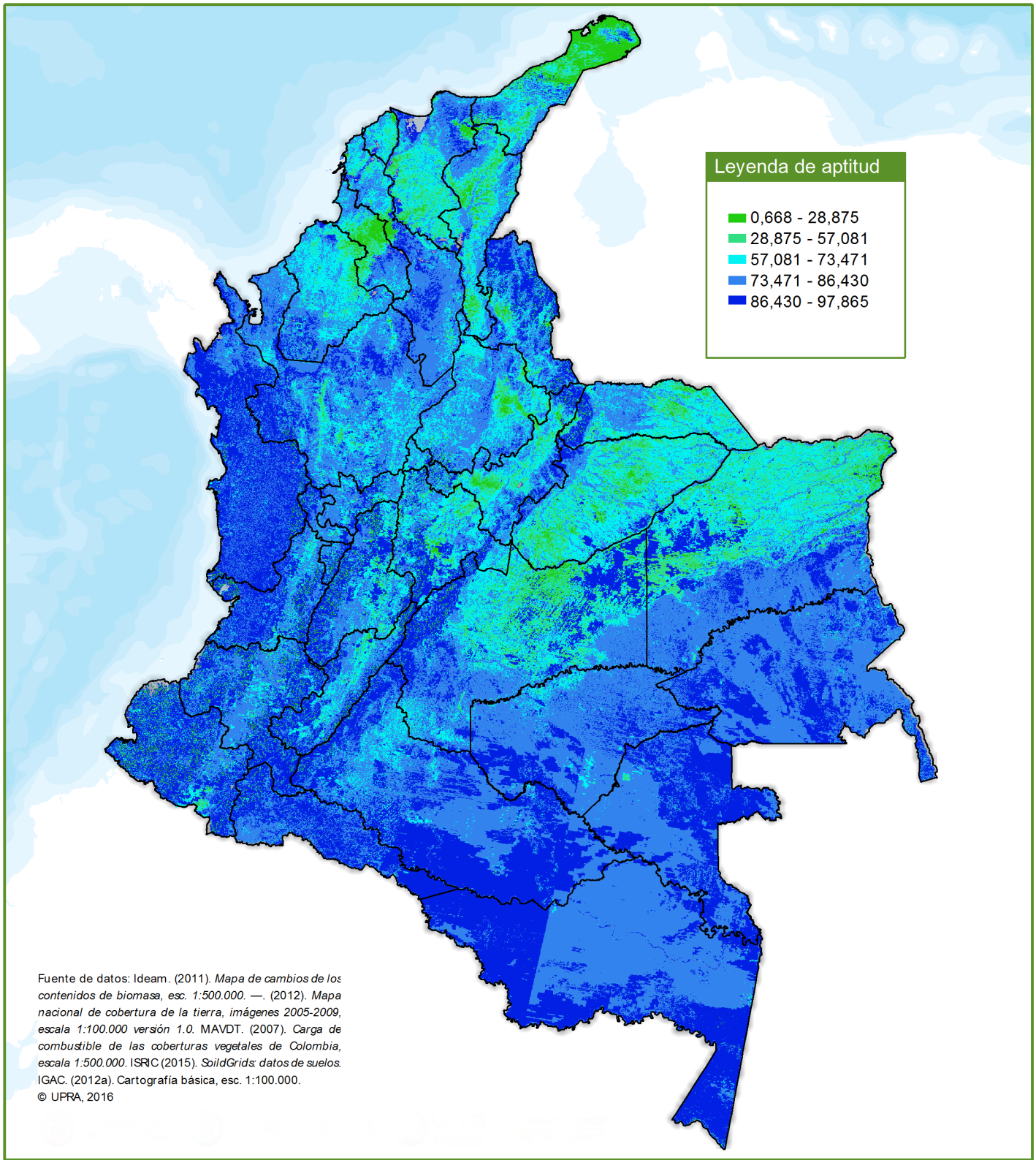
Representación cartográfica



Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoildGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono
Biomasa vegetal subterránea (t)

Representación cartográfica



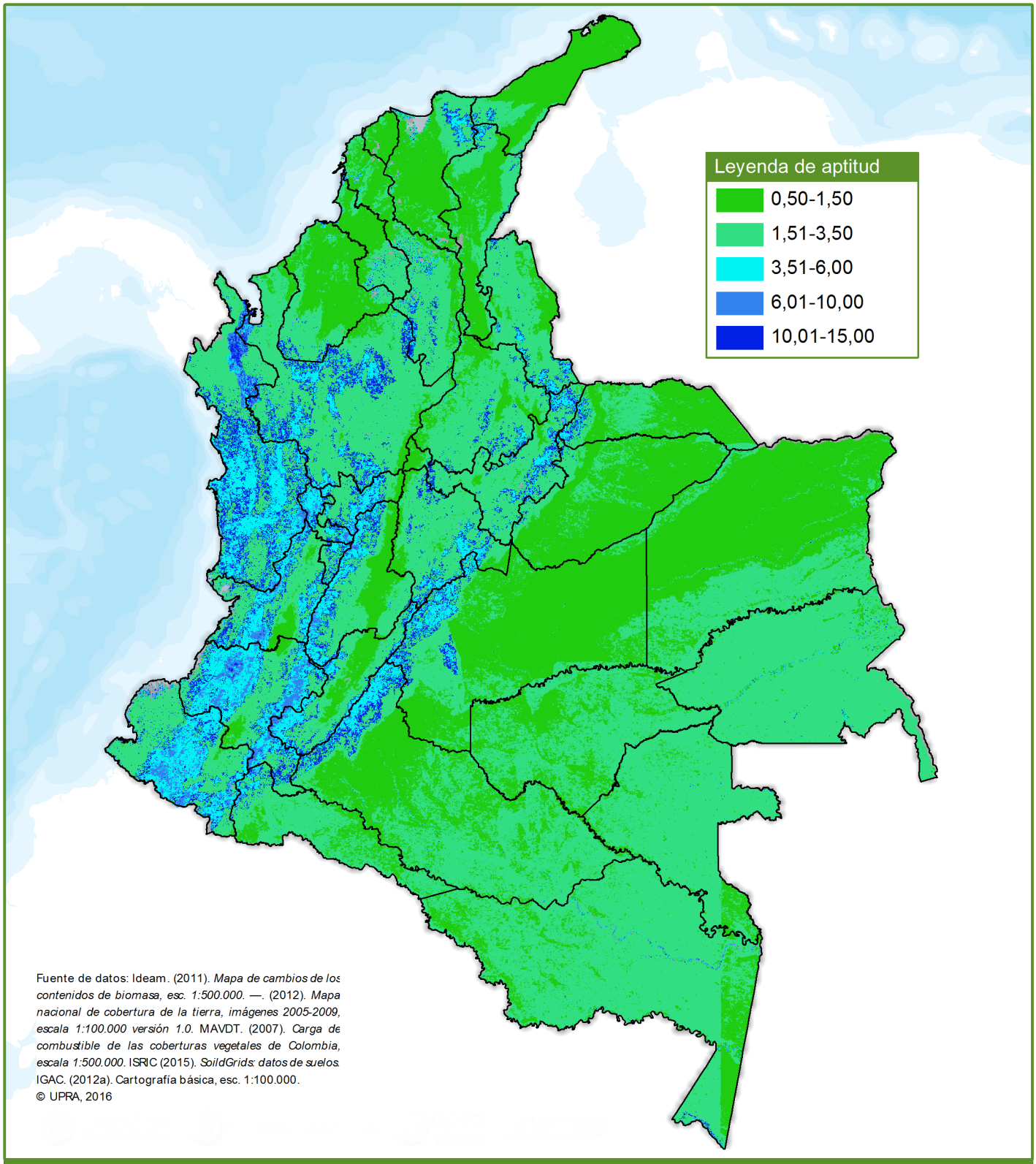
Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono

Contenido de carbono de la biomasa (t)

Representación cartográfica

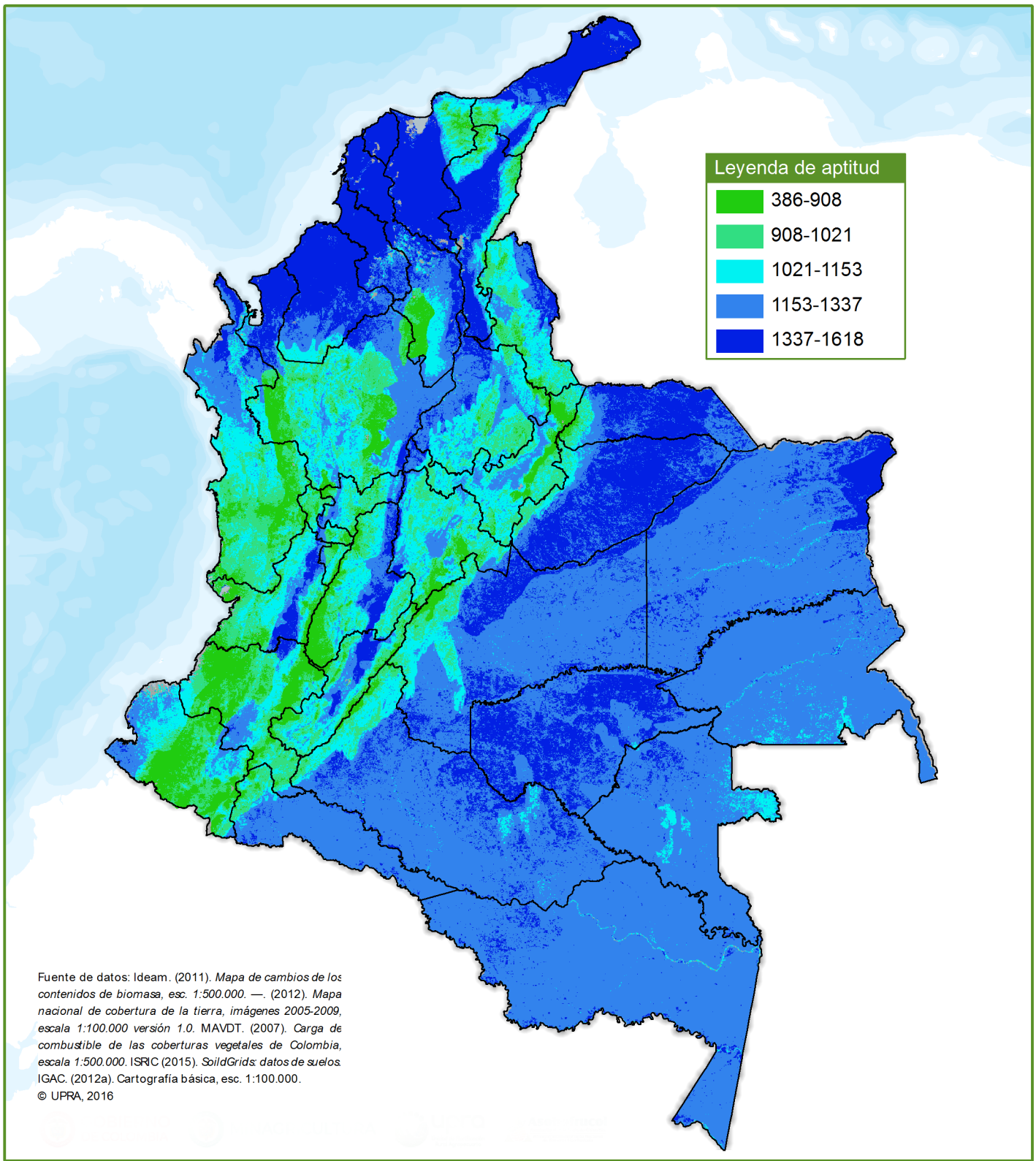


Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoildGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono

Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (%)

Representación cartográfica



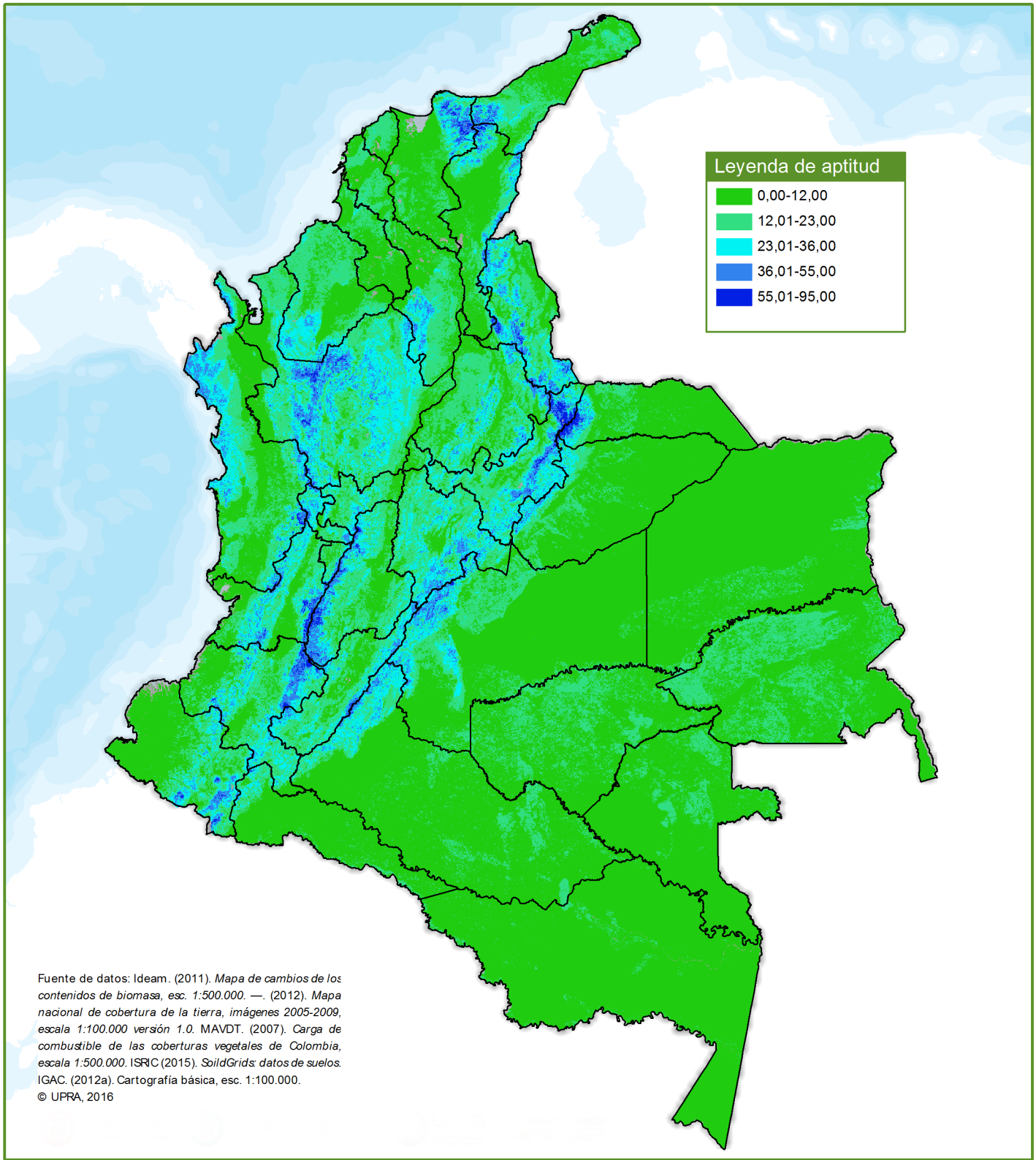
Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono

Densidad aparente del suelo (g/cm^3)

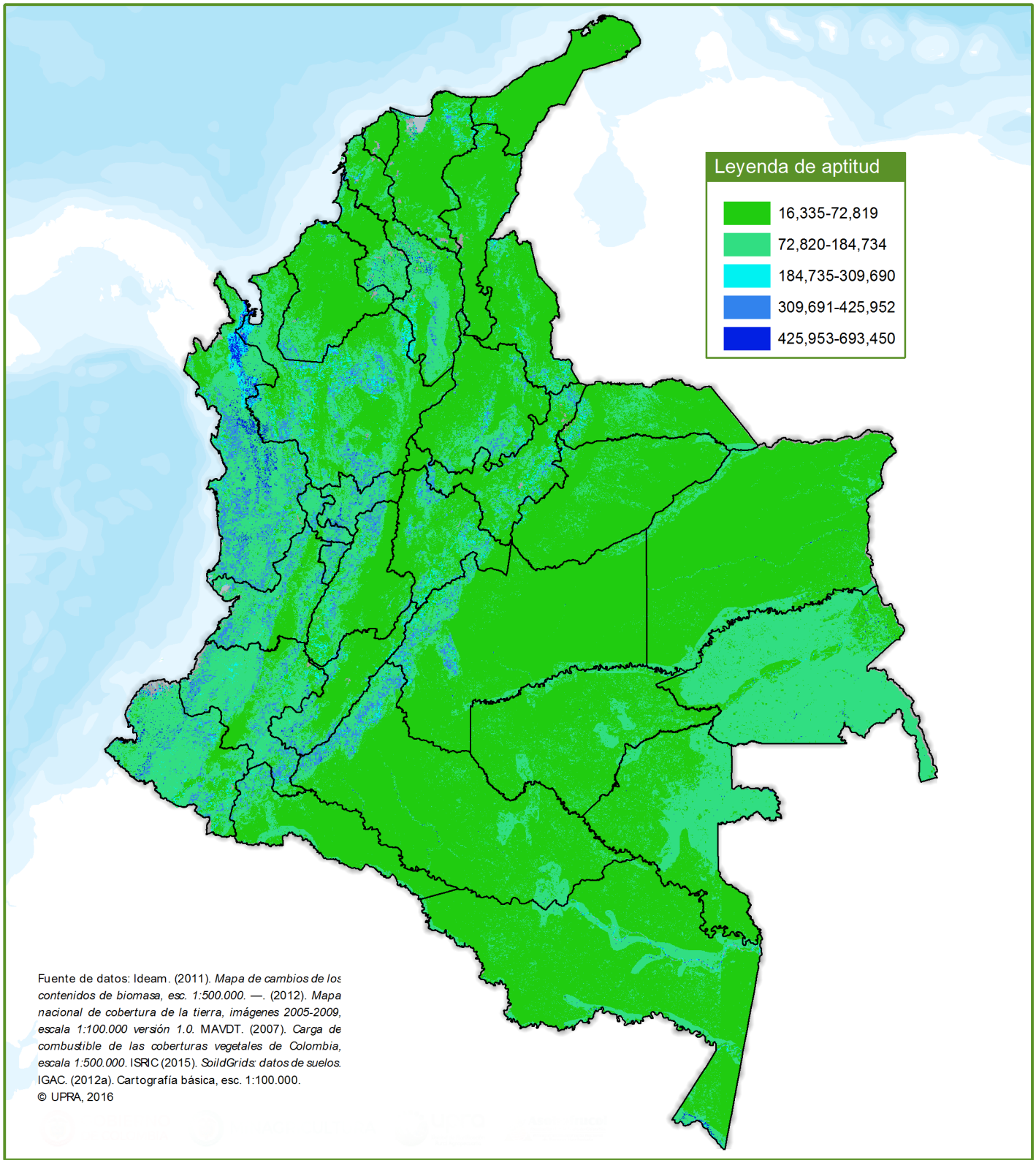
Representación cartográfica



Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono
Porcentaje de fragmentos gruesos en el suelo (%)

Representación cartográfica



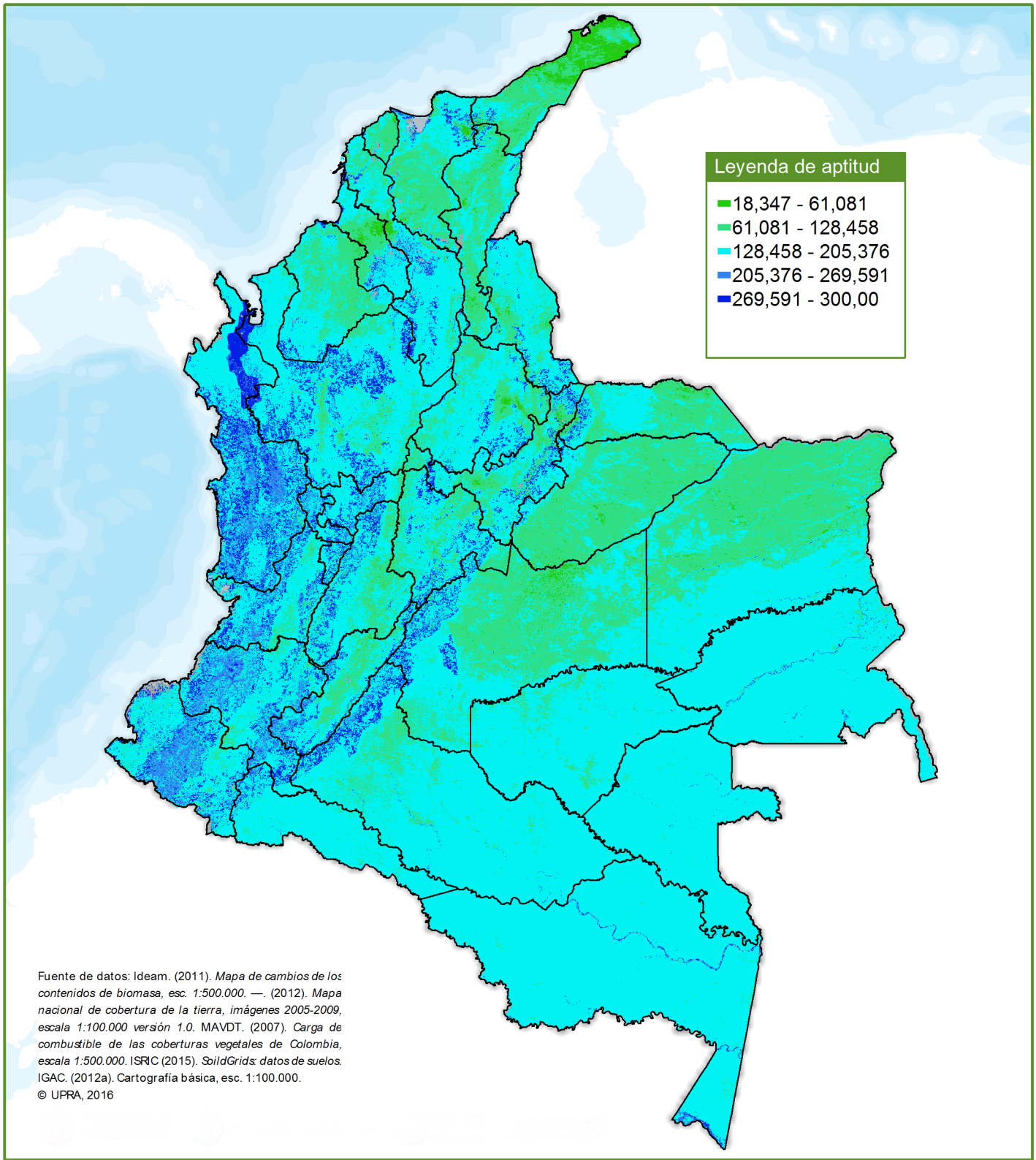
Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoildGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono

Contenido ce carbono en el suelo (t)

Representación cartográfica



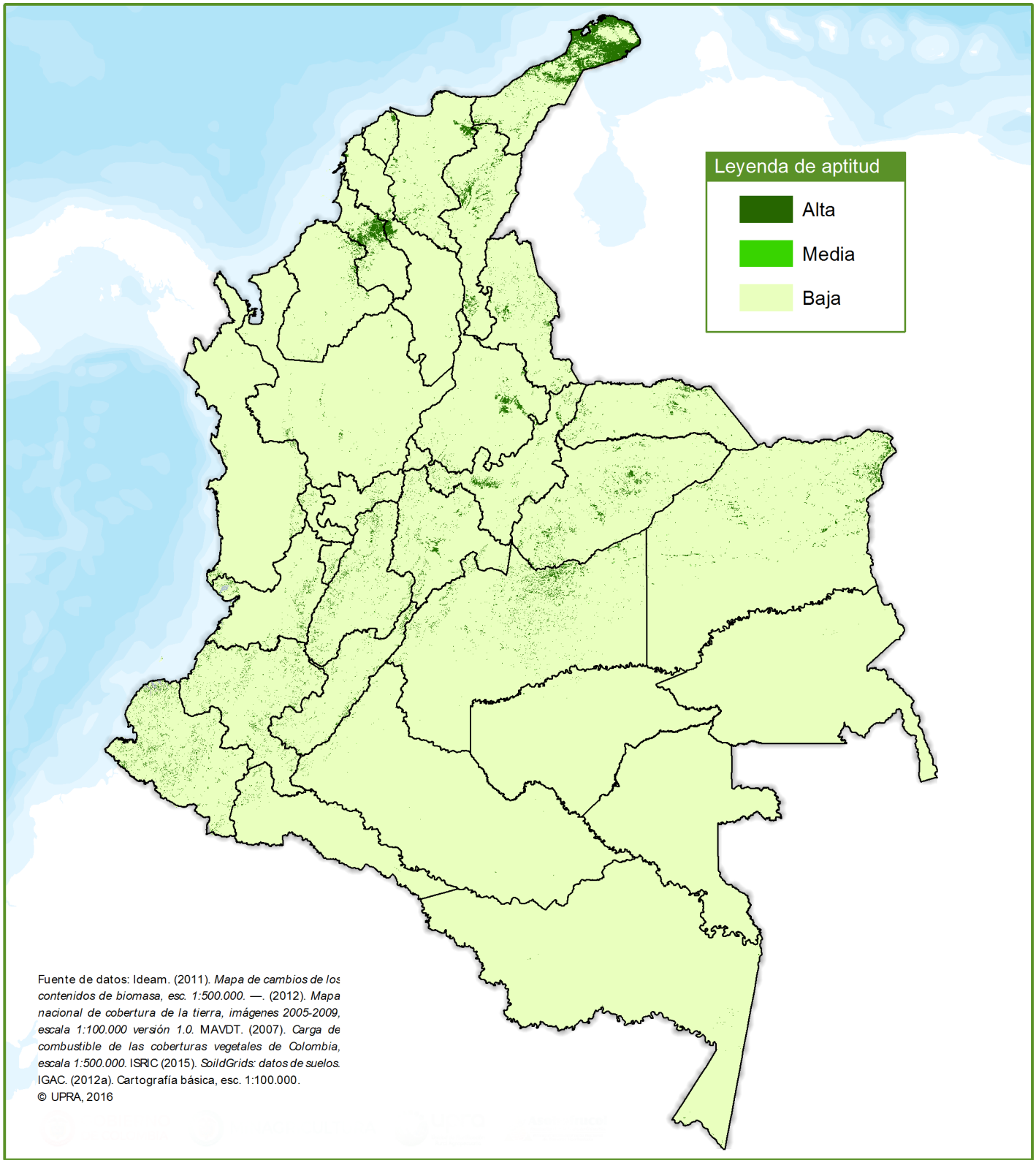
Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio variación en el contenido de carbono

Carbono total (t)

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Ideam. (2011). *Mapa de cambios de los contenidos de biomasa, esc. 1:500.000.* —. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000.* ISRIC (2015). *SoilGrids: datos de suelos.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2016

Criterio variación del contenido estimado de carbono

2.5. Criterio de amenaza por incendios de la cobertura vegetal

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: amenaza por incendios de la cobertura vegetal		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
Mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, donde se consideran las siguientes categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Este mapa es el resultado de la integración y evaluación de los siguientes factores: susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal, precipitación, temperatura, velocidad del viento, radiación solar, frecuencia de incendios de la cobertura vegetal y pendientes. 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 2009.		

Definición

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. Permite observar cómo puede esta posibilidad afectar en mayor o en menor medida los cultivos de fresa 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, lo que genera pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercana.

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 esta es 1:500.000, lo que generaliza la información analizada y, a su vez, resta exactitud en el análisis para la presente escala, 1:100.000.

Valor de ponderación del criterio: 0,8 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye con base en el mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, el cual relaciona factores tales como la susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal, 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, 2009).

El criterio se construye mediante la reclasificación de las categorías del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal y solo tiene tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

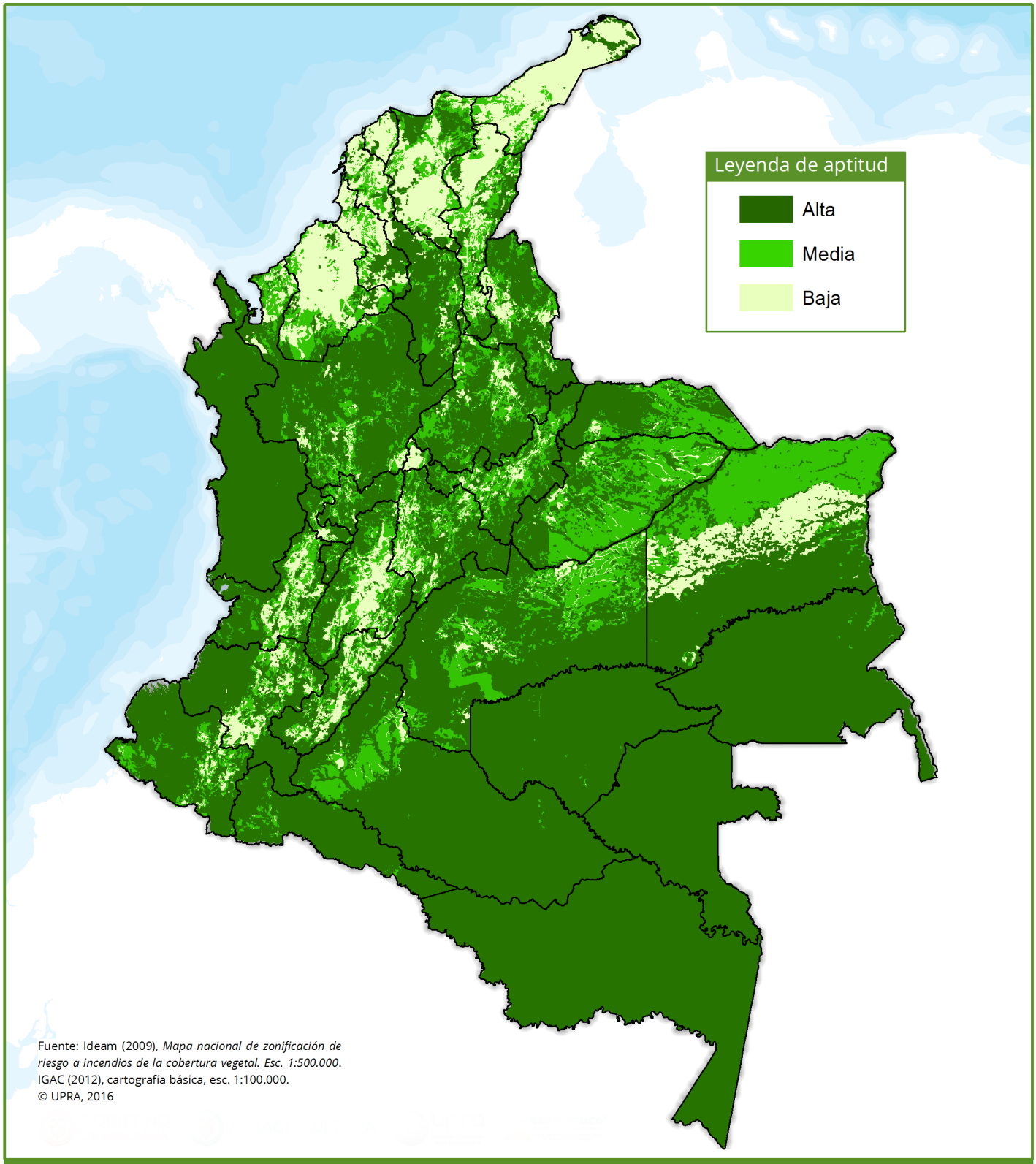
Descripción	Categoría de amenaza	Aptitud
Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Muy baja y baja	A1
Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Moderada	A2
Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal	Alta y muy alta	A3

Fuentes de información

- Ideam. (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente: 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
Variable amenaza por incendio de la cobertura vegetal

3. Criterios y variables del componente socioeconómico

3.1. Criterio indicadores económicos

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: indicadores económicos		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
Grado de participación agropecuaria municipal, expresado como porcentaje de participación medida como la relación del valor estimado de la producción agropecuaria. Líneas especiales de créditos (LEC), expresado como promedio por municipio de las líneas especiales de créditos otorgados al cultivo de fresa en línea LEC, entre 2009 y 2015. Incentivo a la capitalización rural (ICR), expresado como promedio anual 2009-2015 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio.		

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. Mide 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, que forma parte de las consideraciones en la toma de decisiones para desarrollar las actividades productivas, entre las cuales se encuentra el desarrollo del cultivo comercial de fresa.

Un desempeño económico más alto, mayores créditos y más incentivos a la cadena de fresa 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 de fresa 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 fresa y permite que nuevos emprendimientos sean 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, puesto que potencia sus recursos de inversión y mejora su rentabilidad.

Limitantes de la evaluación del criterio

No hay limitantes.

Valor de ponderación del criterio: 1,0 %

Metodología de evaluación

El criterio se construye a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables califican a los municipios según las categorías de aptitud competitiva (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así:

A1 = 3; A2 = 2; A3 = 1.

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

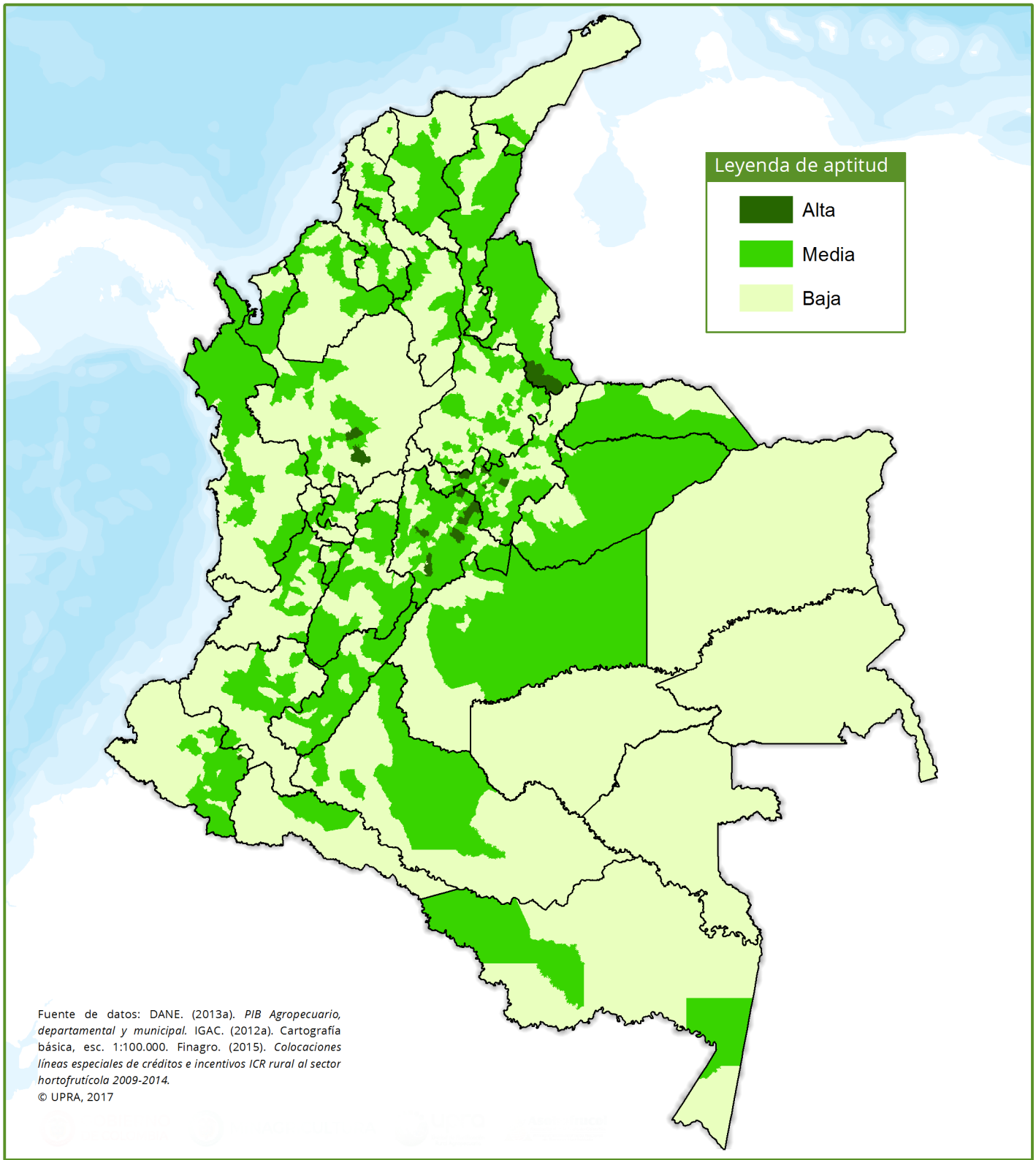
Mediante un árbol de decisión, se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio: alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se presenta a continuación:

Árbol de decisión del criterio				
Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Grado de participación agropecuaria municipal	Porcentaje (%)	Municipio > 27 %	Municipios entre el 10 y 27 %	Municipios < 10 %
Líneas especiales de créditos (LEC)	Pesos	Municipios con líneas especiales de créditos otorgados ≥ $ 3 millones	Municipios con líneas especiales de créditos otorgados $ 108.000 - < $ 3 millones	Municipios sin historial
	IC	IC ≥ 0,072	IC < 0,072	
Incentivo a la capitalización rural (ICR)	Pesos	Municipios con incentivos ICR otorgados ≥ $ 5,5 millones	Municipios con incentivos ICR otorgados $ 723.000 - < $ 5,5 millones	Municipios sin historial
	IC	IC ≥ 0,0836	IC < 0,0836	

Fuentes de información

- DANE. (2012). *PIB Regional, sin hidrocarburos y minería.* Bogotá: DANE.
- —. (2013a). *PIB Agropecuario, departamental y municipal.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola.* Bogotá: Finagro.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: DANE. (2013a). *PIB Agropecuario, departamental y municipal.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola 2009-2014.*

© UPRA, 2017

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 fresa**	
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

Nivel de vocación agropecuaria del municipio de modo que, si el sector agropecuario tiene una mayor participación porcentual que otros sectores dentro del municipio, su vocación agropecuaria es mayor.

Importancia de la variable para el cultivo

Un mayor grado de participación agropecuaria municipal evidencia una mayor aptitud competitiva para el desarrollo de actividades económicas, porque señala que la dinámica del aparato productivo en el municipio es más adecuada para responder a los requerimientos de dichas actividades, entre las cuales se encuentra el cultivo comercial de fresa.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1); media (A2) y baja (A3); no hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Porcentaje de importancia agropecuaria municipal	Aptitud
Municipios ≥ 27 %	A1
Municipios entre 10 y 27 %	A2
Municipios < 10 %	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

El valor agregado municipal define la cantidad de recursos generados en el municipio para cada sector; como en el país hay varios municipios con un sector minero influyente, es necesario disminuir el impacto del sector explotación de minas y canteras (extracción de carbón, petróleo, minerales metálicos y no metálicos), con el fin de tener una medida más real de la vocación agropecuaria de los municipios en el país y así poder zonificar la aptitud para el cultivo comercial de fresa.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

La distribución del PIB por sectores, por municipio, se obtiene de manera indirecta por medio de la información por departamento, en la que se distribuye la participación de los municipios del departamento en cada sector económico.

Con 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 ende, mayor su aptitud competitiva.

2. Precisión de la información

Se obtiene un promedio del valor estimado de la producción agropecuaria municipal del 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 sintético 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 su calificación denota territorios con mayor ventaja competitiva de producir y generar ingresos provenientes del sector agropecuario.

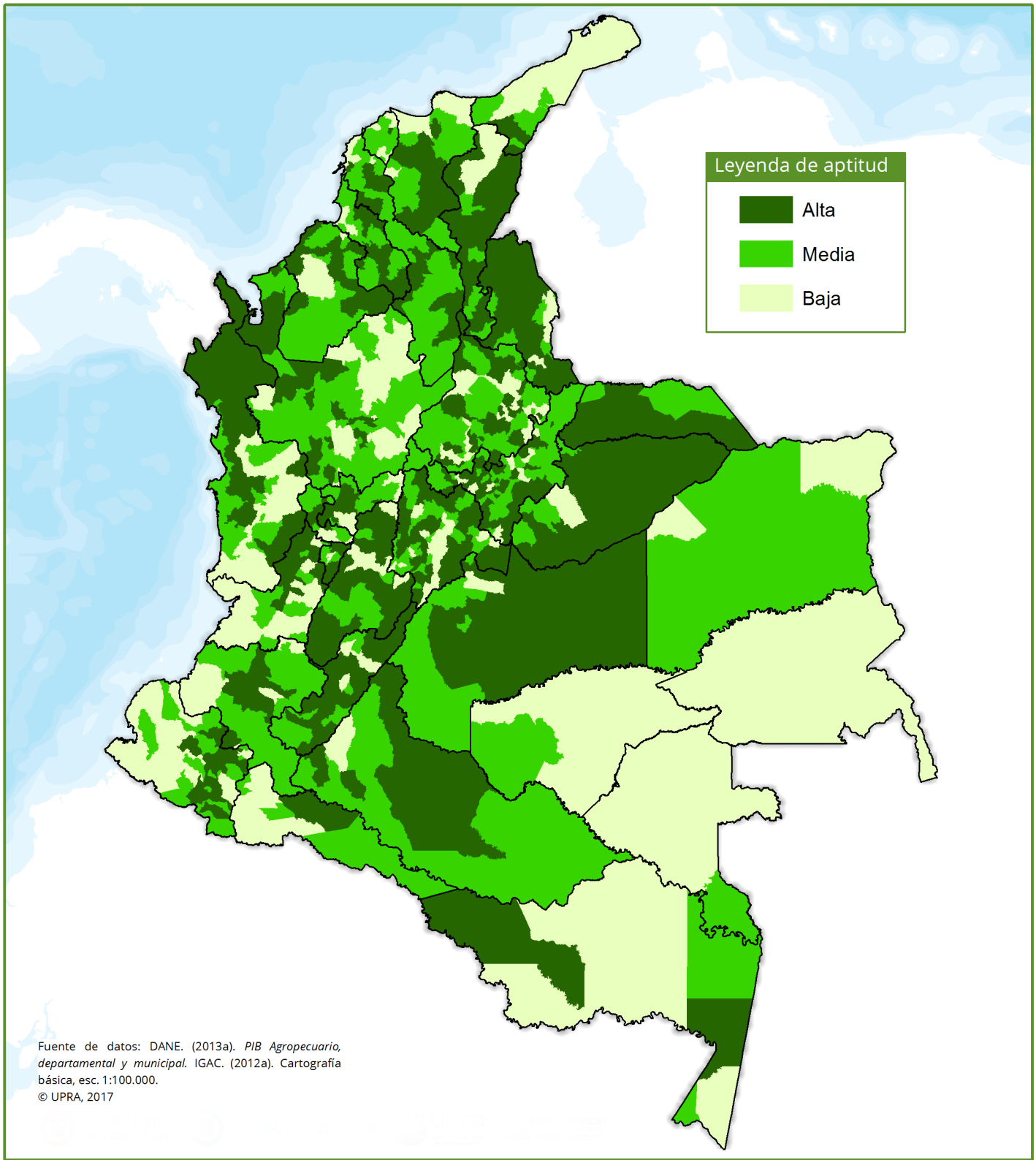
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Municipios con participación porcentual del valor estimado de la producción agropecuaria municipal sobre el PIB (sin hidrocarburos y minería) del municipio.

Fuentes de información

- DANE. (2012). *PIB Regional, sin hidrocarburos y minería.* Bogotá: DANE.
- —. (2013a). *PIB Agropecuario, departamental y municipal.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DANE. (2013a). *PIB Agropecuario, departamental y municipal.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

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 fresa**	
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 fresa 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

Permite dimensionar el apalancamiento financiero de la explotación comercial del cultivo de fresa en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Existe una relación directa entre las líneas especiales de créditos otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Municipios con mayor valor promedio de líneas especiales de créditos otorgados en un periodo de tiempo determinado reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad comercial del cultivo de fresa, lo que permite que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir apalancamiento financiero.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Valor promedio, por municipio, de las líneas especiales de créditos (LEC), otorgados al sector entre 2009 y 2015 (pesos colombianos)	
Índice de competitividad (IC)	**Aptitud**
≥ $ 3 millones	A1
IC ≥ 0,072	
$ 108.000 - < $ 3 millones	A2
IC < 0,072	
Municipios sin historial crediticio	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de líneas especiales de créditos está definida según el municipio donde son solicitados. En campo, se ha constatado que hay solicitudes hechas en

municipios diferentes de donde se utiliza el crédito, ya sea por la trayectoria como cliente o por su ubicación de residencia, con lo que la información presenta discrepancia con la realidad del uso del crédito.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Créditos otorgados mediante la línea especial de créditos LEC a la explotación comercial de los productos hortofrutícolas (Finagro, 2015).

2. Precisiones de la información

La información de créditos otorgados bajo la línea LEC se obtiene de la información de la Dirección de Financiamiento del Minagricultura, por medio de la plataforma «El Cubo» que sintetiza toda la información de Finagro. Las cifras son anualizadas para el periodo 2009-2015, distribuidas por departamento, municipio y tipo de producto, en millones de pesos.

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. Este procedimiento se establece por medio de pasar un valor monetario nominal a términos reales, mediante un deflactor.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos.

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de 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.

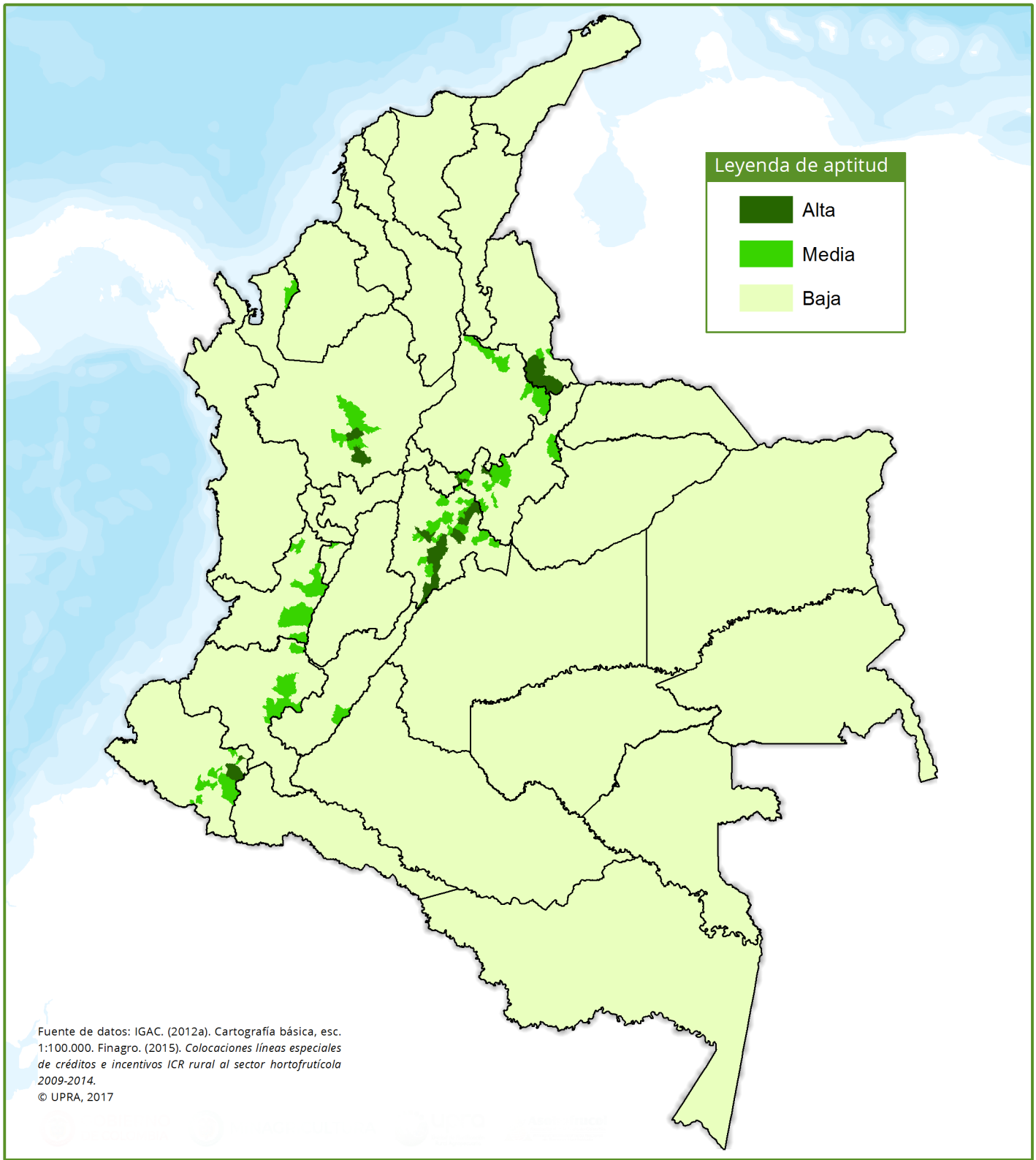
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en las estadísticas descriptivas y la dispersión de los datos de las líneas especiales de créditos otorgados. Para este caso, los estadígrafos de referencia calculados son la mediana y el promedio nacional por municipio, por medio de precios constantes.

Fuentes de información

- Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola.* Bogotá: Finagro.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola 2009-2014.*

© UPRA, 2017

Criterio indicadores económicos

Variable líneas especiales de créditos (LEC)

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: indicadores económicos		
Variable: incentivo a la capitalización rural (ICR)	Unidad de medida: a. Promedio anual 2009-2014 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.

Importancia de la variable para el cultivo

Permite dimensionar el apalancamiento financiero del sector de la fresa en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Permite mejorar la competitividad de los productores, mediante el apoyo a la inversión en bienes de capital. El incentivo a las inversiones en infraestructura para la producción, transformación y comercialización de la fresa 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. Los menores costos de producción también implican que el cultivo de fresa puede ofrecer precios más competitivos en el mercado.

Existe una relación directa entre los ICR otorgados y la aptitud competitiva del municipio. Los municipios donde se reporta mayor valor promedio anual de ICR reflejan un mayor interés de los productores en el desarrollo del cultivo de la fresa y una mayor actividad relacionada con la cadena productiva, puesto que dispone de recursos financieros adicionales. Todo lo anterior promueve la generación de mejores condiciones para el fomento del subsector en un municipio, con relación a los demás municipios del país.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Valor promedio anual 2009-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (pesos colombianos)	
Índice de competitividad (IC)	**Aptitud**
≥ $ 5,5 millones	A1
IC ≥ 0,0836	
$ 723.000 - < $ 5,5 millones	A2
IC < 0,0836	
Municipios sin historial	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La consolidación de líneas especiales de 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, bien sea por la trayectoria como cliente o por su ubicación de residencia, con lo que la información presenta discrepancia con la realidad del uso del incentivo.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Incentivos otorgados por medio del ICR a la explotación comercial de los productos hortofrutícolas (Finagro, 2015).

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 valor promedio municipal de los ICR otorgados, en millones de pesos, para los años 2009-2014, con base en los datos reportados por la fuente. Este procedimiento se establece por medio de pasar un valor monetario nominal a otro, en términos reales, mediante un deflactor.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de IC = (I-MÍN)/(MÁX-MÍN)
Donde:

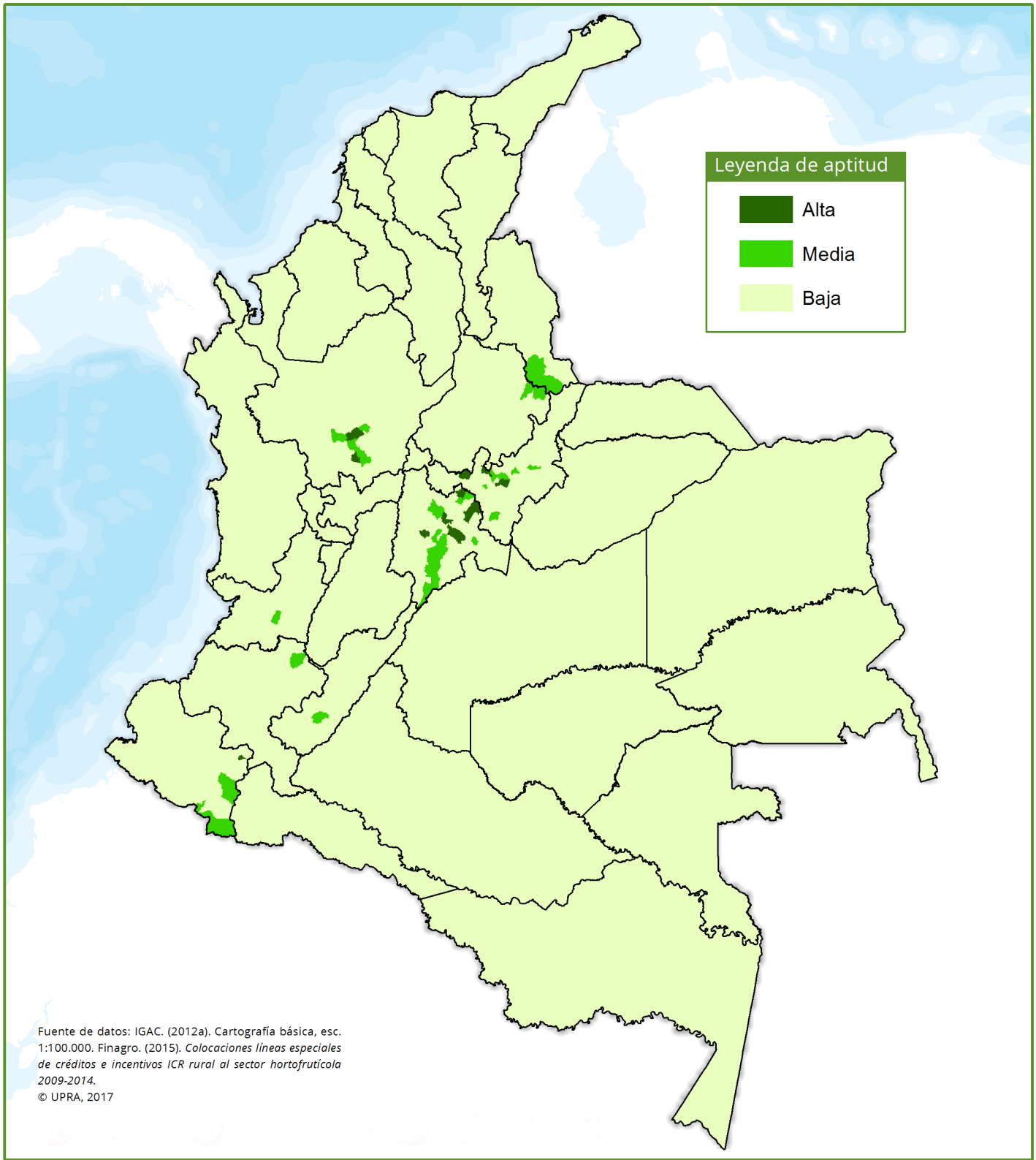
I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.
MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los promedios de los valores de precios constantes del periodo 2009-2014.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Finagro. (2015). *Colocaciones líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola 2009-2014.*

© UPRA, 2017

Criterio indicadores económicos

Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

Fuentes de información

- Finagro. (2015). *Colocación líneas especiales de créditos e incentivos ICR rural al sector hortofrutícola.* Bogotá: Finagro.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

3.2. Criterio tamaño de la tierra rural

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: tamaño de la tierra rural		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
Tamaño tipo de los predios rurales, expresado como unidad agrícola familiar (UAF).		

Definición

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos según 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 mediante la comparación predio a predio, de acuerdo con la información catastral manejada en la Dirección de Ordenamiento Territorial de la UPRA, comparada con la UAF definida en las resoluciones del Incoder 1132 y 1133 de 2013, para el municipio donde se encuentre el predio.

Importancia del criterio

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Dichos costos están asociados con la economía de escalas y, a su vez, tienen 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 cómo el cultivo es de pequeñas áreas. Se espera que en las regiones donde la distribución del predio no sea mayor a 2 UAF municipales haya una aptitud mayor para acceder a la tierra y poder producir.

Limitantes de la evaluación del criterio

La fuente de información para la medición de la variable, 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 definición de UAF del municipio se define bajo las resoluciones 1132 y 1133 de 2013 del Incoder.

Valor de ponderación del criterio: 1,5 %

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

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1).

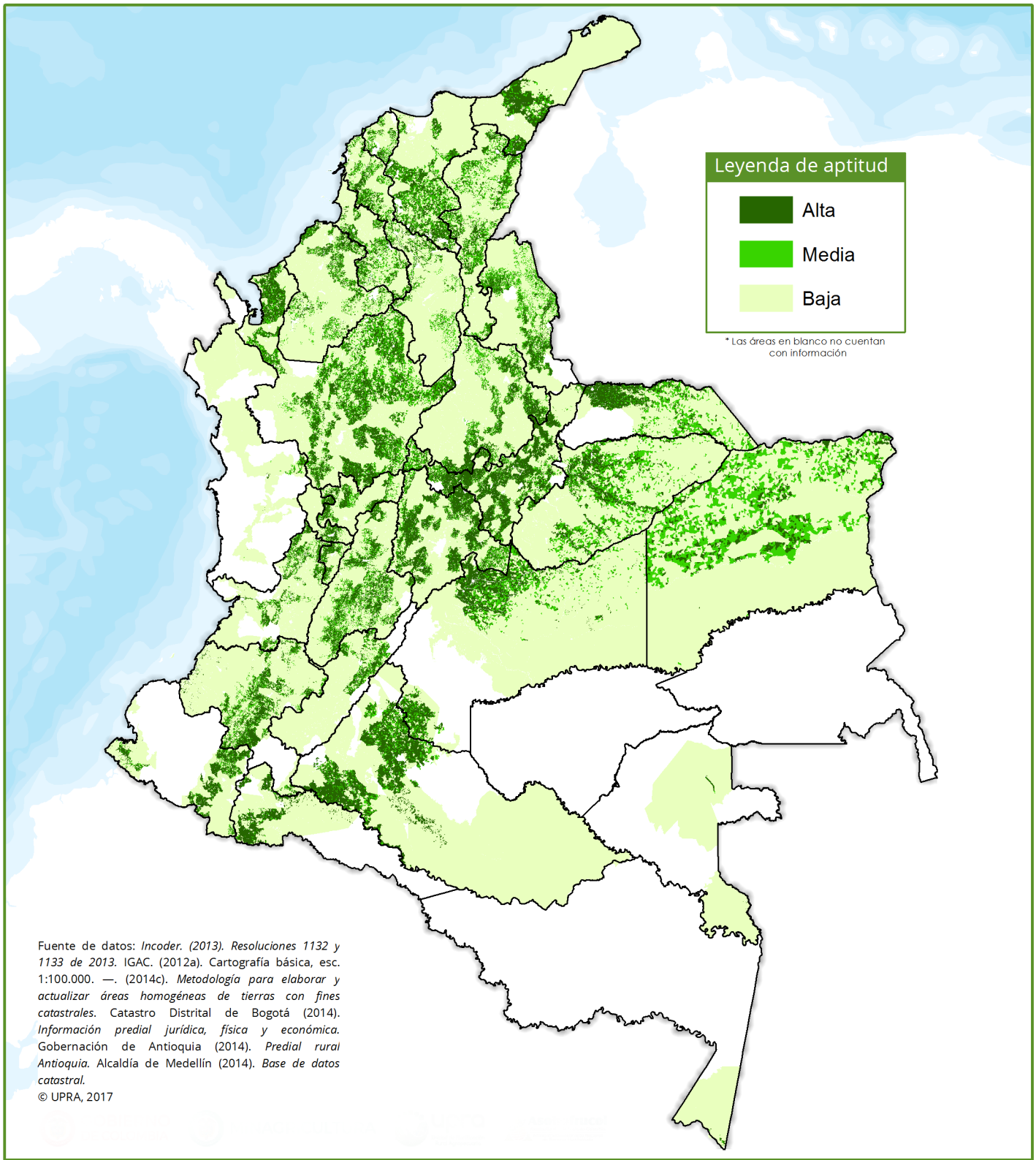
Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Tamaño tipo de los predios rurales	Unidad agrícola familiar (UAF)	≤ 2 UAF	Entre 2 y 5 UAF	> 5 UAF

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral.*
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica.*
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia.*
- IGAC. (2014d). *Base predial registros 1 y 2. Estadística catastral nacional rural.* Bogotá: IGAC.
- Resolución 1132 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima ponderado a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.
- Resolución 1133 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: *Incoder. (2013). Resoluciones 1132 y 1133 de 2013.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales.* Catastro Distrital de Bogotá (2014). *Información predial jurídica, física y económica.* Gobernación de Antioquia (2014). *Predial rural Antioquia.* Alcaldía de Medellín (2014). *Base de datos catastral.*

© UPRA, 2017

Criterio tamaño de la tierra rural

3.2.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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, que impactan la competitividad del cultivo. Los costos de producción están asociados con la economía de escalas, los cuales, a su vez, tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

El acceso a la tierra y la posibilidad de producir manifiestan un mayor nivel de aptitud. Si hay regiones del país donde el tamaño de los predios es menor a 2 UAF para el municipio, significa que hay una mayor probabilidad de acceder a la tierra porque hay menor concentración de la misma; en los cultivos hortofrutícolas el común denominador son predios pequeños; esta relación muestra menor concentración y, por ende, genera una mayor aptitud.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

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

Limitantes de la evaluación de la variable

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 bajo 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 según las resoluciones 1132 y 1133 de 2013 del Incoder.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

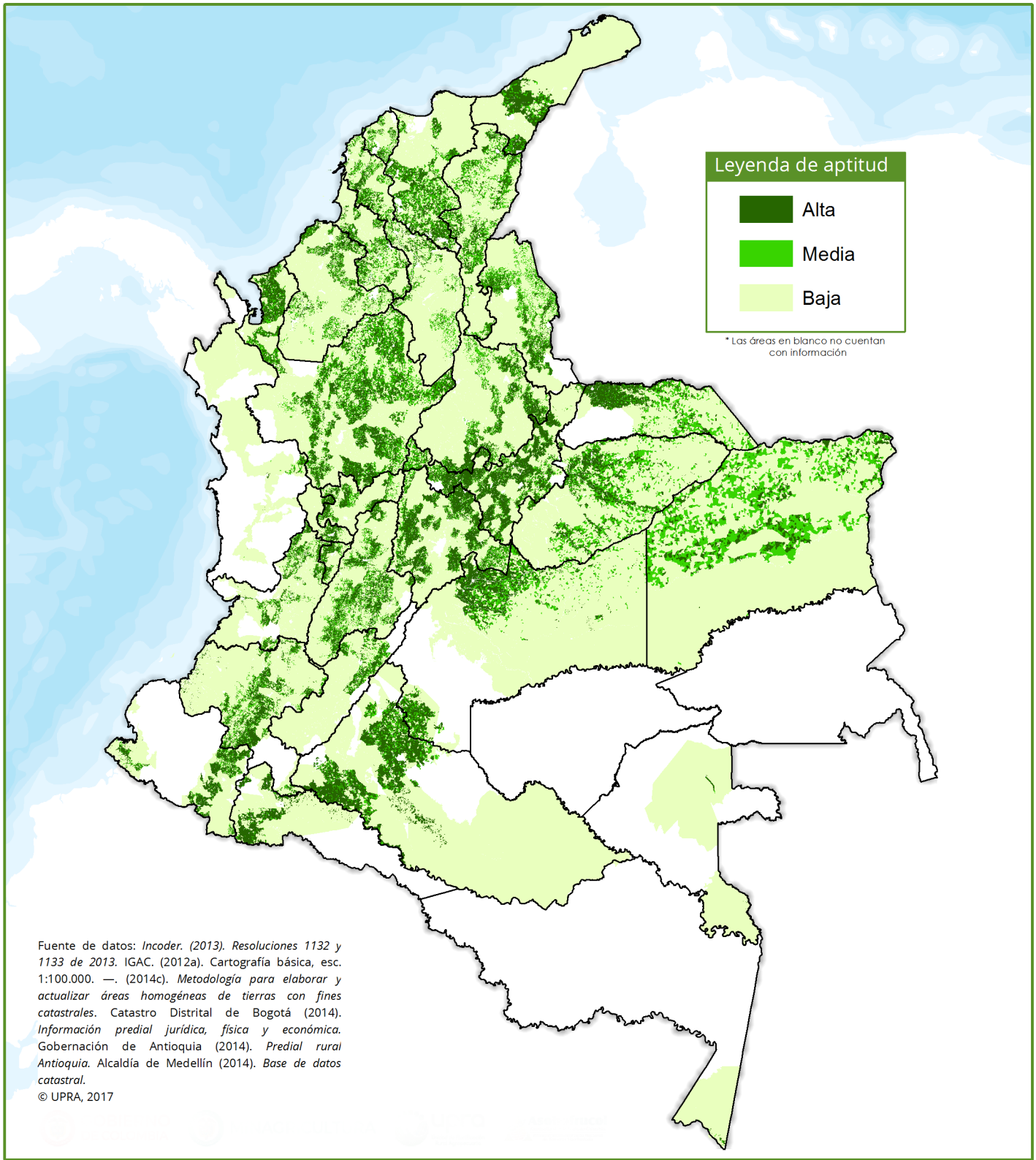
IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
IGAC. (2014d). Base predial: registros 1 y 2. *Estadística catastral rural*. Bogotá: IGAC.

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral.*
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica.*
- Gobernación de Antioquia. (2014). *Predial rural Antioquia.*
- IGAC. (2014d). *Base predial registros 1 y 2. Estadística catastral nacional rural.* Bogotá: IGAC.
- Resolución 1132 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima ponderado a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.
- Resolución 1133 de 2013 [Incoder]. Por la cual se fijan los patrones constitutivos de Unidades Agrícolas Familiares mínima a nivel predial, para los fines propios de la Convocatoria de Incentivo de Asistencia Técnica Rural. Colombia.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: *Incoder. (2013). Resoluciones 1132 y 1133 de 2013.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Catastro Distrital de Bogotá (2014). *Información predial jurídica, física y económica.* Gobernación de Antioquia (2014). *Predial rural Antioquia.* Alcaldía de Medellín (2014). *Base de datos catastral.*

© UPRA, 2017

Criterio tamaño de la tierra rural

Variable tamaño tipo de los predios rurales

3.3. Criterio factores productivos

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: factores productivos		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Precio de la tierra rural municipal, expresado como promedio del avalúo catastral de los predios rurales/ha en el municipio a 2014. • Rendimientos, expresados como t/ha. • Centros de consumo, expresado como kg.		

Definición

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 fruta.

Importancia del criterio

Este 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, que hacen que la viabilidad productiva y competitiva sea mayor. A su vez, al incluir la comercialización se mide indirectamente la competitividad.

El precio de la tierra o los arriendos son factores fundamentales que influyen directamente en los costos de producción; los niveles altos de arriendo o los precios altos en el valor de la tierra generan obstáculos inmediatos en la posibilidad de producir porque impacta en los costos finales del producto cosechado.

Limitantes de la evaluación del criterio

No hay limitantes.

Valor de ponderación del criterio: 3,5 %

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 las categorías de aptitud competitiva (A1, A2, A3).

Para cada categoría de aptitud, se asigna un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1, con base en la siguiente ponderación para cada variable: rendimientos 50 %, precio de la tierra 25 % y centros de consumo 25 %.

Los resultados de esta ponderación se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Factores productivos	Municipios con sumatoria de aptitud ≥ 10	Municipios con sumatoria de aptitud entre 7 y 9	Municipios con sumatoria de aptitud < 6

Rangos para la asignación de valores de aptitud

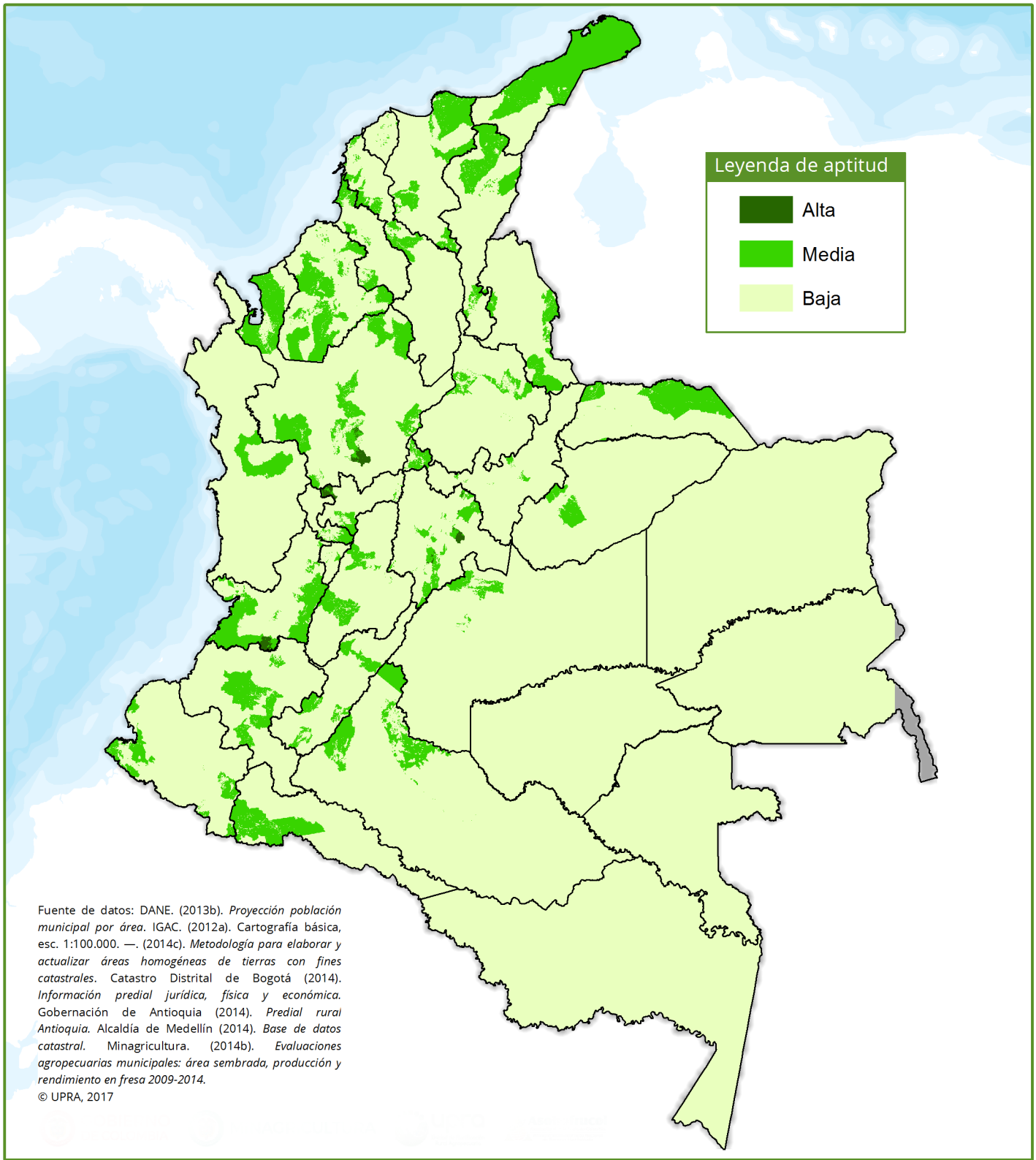
Los rangos adoptados para la espacialización de los valores del criterio se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja, (A3), así:

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Precio de la tierra rural	Pesos/ha	Municipios < $ 2 millones	Municipios entre $ 2 millones y $ 10 millones	Municipios > $ 10 millones
Rendimientos	t/ha	Municipios > 35,50 t/ha	Municipios entre 26 t/ha y 35,5 t/ha	Municipios < 26 t/ha
Centros de consumo	Kilogramos	Municipios > 162.157 kg	Municipios entre 29.038 kg y 162.157 kg	Municipios < 29.038 kg

Fuentes de información

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Base de datos catastral.*
- Catastro Distrital de Bogotá. (2014). *Información predial jurídica, física y económica.*
- DANE. (2013b). *Proyección población municipal por área.* Bogotá: DANE.
- Gobernación de Antioquía. (2014). *Predial rural Antioquia.*
- IGAC. (2014d). *Base predial registros 1 y 2. Estadística catastral nacional rural.* Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2014b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2014.* Bogotá: Minagricultura.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: DANE. (2013b). *Proyección población municipal por área*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Catastro Distrital de Bogotá (2014). *Información predial jurídica, física y económica.* Gobernación de Antioquia (2014). *Predial rural Antioquia.* Alcaldía de Medellín (2014). *Base de datos catastral.* Minagricultura. (2014b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2014.*

© UPRA, 2017

Criterio factores productivos

3.3.1. Variable precio de la tierra rural municipal

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: precio de la tierra rural municipal	Unidad de medida: promedio del avalúo catastral de los predios rurales/ha 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 ellos comprendidos (IGAC, 2014d).

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. Incide en los costos de producción, los cuales están directamente asociados con la competitividad de la explotación comercial.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Avalúo catastral promedio de los predios/ha en el municipio a 2014 (pesos colombianos)	Aptitud
Municipios < $ 2 millones	A1
Municipios entre $ 2 millones y $ 10 millones	A2
Municipios > $ 10 millones	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

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

IGAC. (2014d). *Base predial: registros 1 y 2. Estadística catastral rural.* Bogotá: IGAC.

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 calcula el avalúo catastral por hectárea para cada uno de los predios con destino económico agropecuario del municipio. Adicionalmente, se tiene en cuenta el precio promedio por hectárea a partir del avalúo catastral de las fincas 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 sus rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de 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.

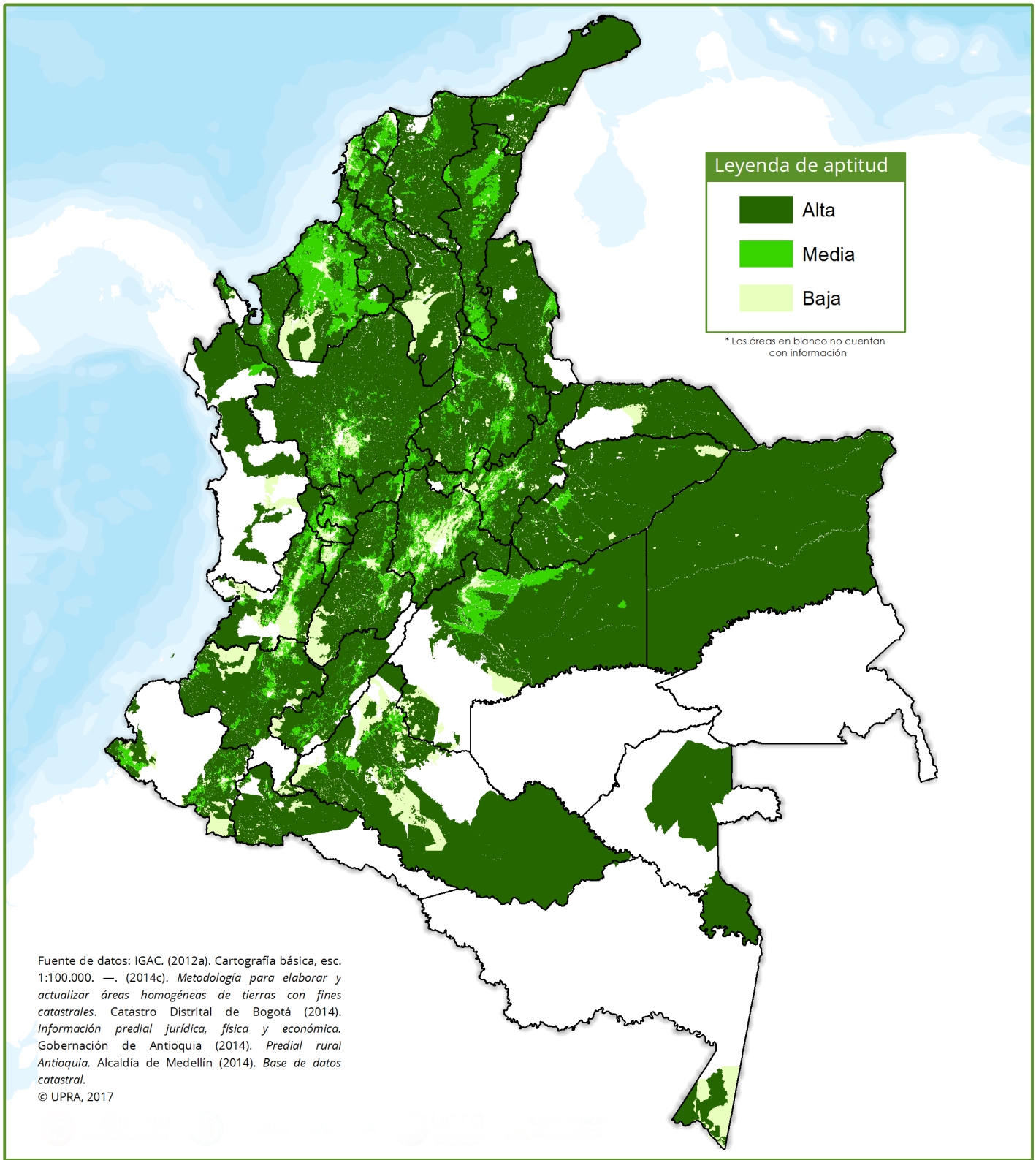
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

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. Los valores se definen con base en la distribución estadística de los datos del avalúo catastral de los predios por hectárea (promedio, mediana, desviación típica, máximo y mínimo).

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (2014c). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Catastro Distrital de Bogotá (2014). *Información predial jurídica, física y económica.* Gobernación de Antioquia (2014). *Predial rural Antioquia.* Alcaldía de Medellín (2014). *Base de datos catastral.*

© UPRA, 2017

Criterio factores productivos

Variable precio de la tierra rural municipal

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. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- —. (2014d). *Base predial registros 1 y 2. Estadística catastral nacional rural.* Bogotá: IGAC.

3.3.2. Variable rendimientos

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: rendimientos	Unidad de medida: promedio anual 2009-2015 de toneladas por hectárea de fresa en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

El rendimiento es el 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Promedio anual 2009-2015 rendimiento en fresa en el municipio (t/ha)	Aptitud
Municipios > 35,50 t/ha	A1
Municipio entre 26 y 35,50 t/ha	A2
Municipios < 26 t/ha	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encuentran municipios sin registro de rendimientos de fresa. Estos municipios, desde el principio de precaución, se asimilan al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud competitiva baja (A3), dado que pueden ser zonas potencialmente aptas para el desarrollo del cultivo.

La información fuente no obedece a un censo de rendimientos de fresa por municipio. La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura.

Adicionalmente, la información de rendimientos no siempre se obtiene de cultivos en plena producción y, por ello, pueden llegar a reportarse cifras muy bajas en explotaciones comerciales que apenas se encontraban en etapa vegetativa.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Minagricultura. (2016b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.* Bogotá: Minagricultura.

2. Precisiones de la información

La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura, no obstante, hay solo 78 municipios que reportaron rendimiento de fresa en el periodo 2009-2015.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para efectos de los análisis de la variable, se toman los valores promedio anual 2009-2015 del rendimiento de fresa. El método utilizado son los percentiles, con los cuales se divide la población de datos a utilizar en ocho partes iguales (después de haber organizado los datos de manera ascendente), siendo el dato 1 el de mayor rendimiento y el último dato el reportado con menor rendimiento.

El límite del rango de aptitud alta (A1) es el rendimiento que reporte el primer grupo seleccionado y equivale al 15 % de la cantidad de datos de la población, y el rendimiento que hay sobre dicha casilla. Para la definición del límite inferior del rango de aptitud media (A2), se utiliza el menor valor que está en los primeros tres grupos de los ocho seleccionados (40 % del número de datos de la población y sobre esa casilla se toma el rendimiento reportado). Los municipios restantes pertenecen al rango de aptitud marginal (A3).

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo comercial de fresa.

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

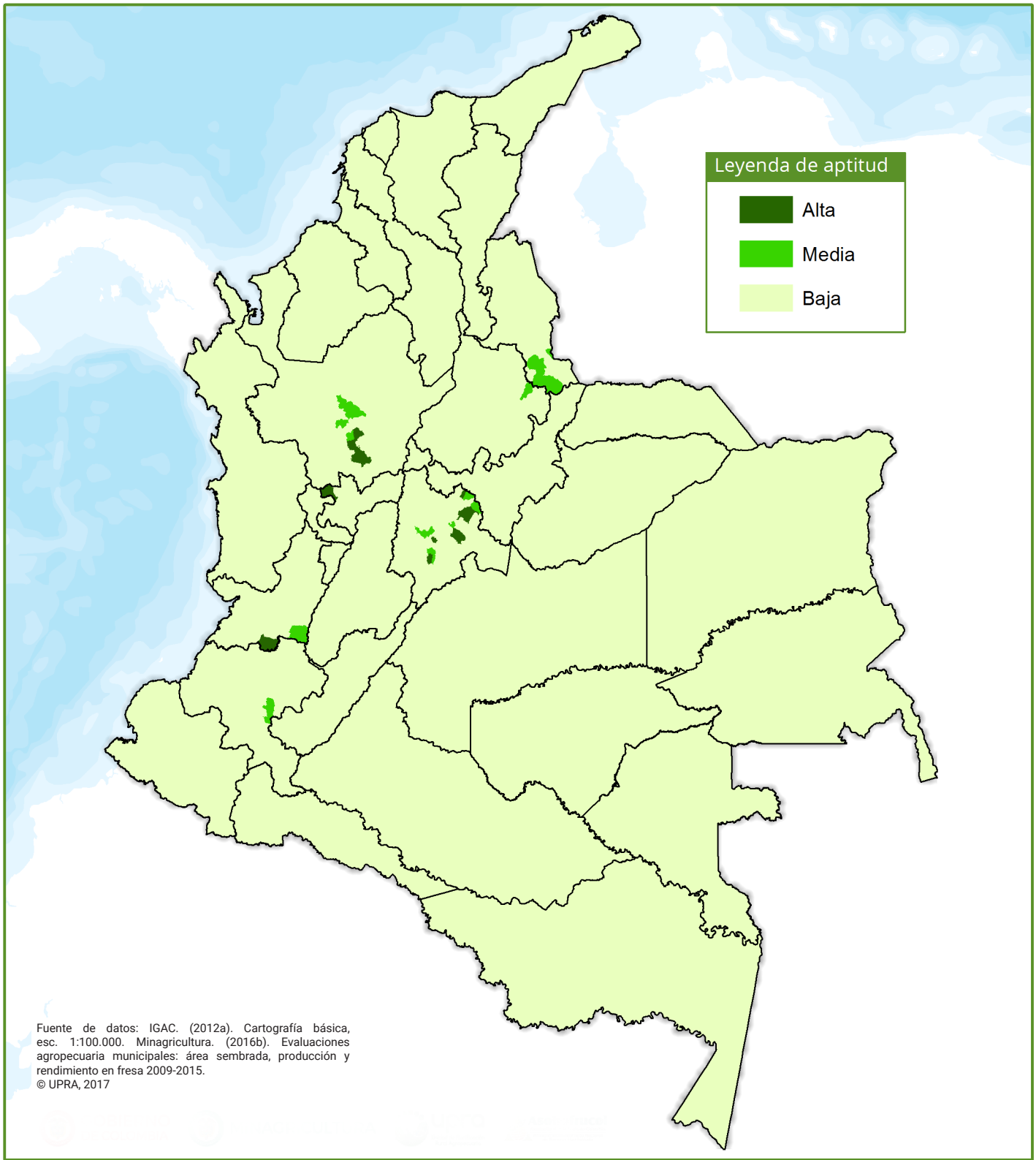
Se toma el valor promedio de los rendimientos de los años 2009-2015 por municipio.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2014b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2014.* Bogotá: Minagricultura.
- Minagricultura. (2016b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.* Bogotá: Minagricultura.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minagricultura. (2016b). Evaluaciones agropecuaria municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.
© UPRA, 2017

Criterio factores productivos
Variable rendimientos

3.3.3. Variable centros de consumo

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 allí es donde se concentra la demanda de la cadena productiva a nivel nacional.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Centros de consumo	Aptitud
Municipios > 162.157 kg	A1
Municipios entre 29.038 y 162.157 kg	A2
Municipios < 29.038 kg	A3

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 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, estimada a partir del censo de población del año 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

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

DANE. (2013b). *Proyección población municipal por área.* Bogotá: DANE.

2. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se relaciona la población del municipio con el consumo: se multiplica la población con un consumo per cápita de 0,7 kg.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

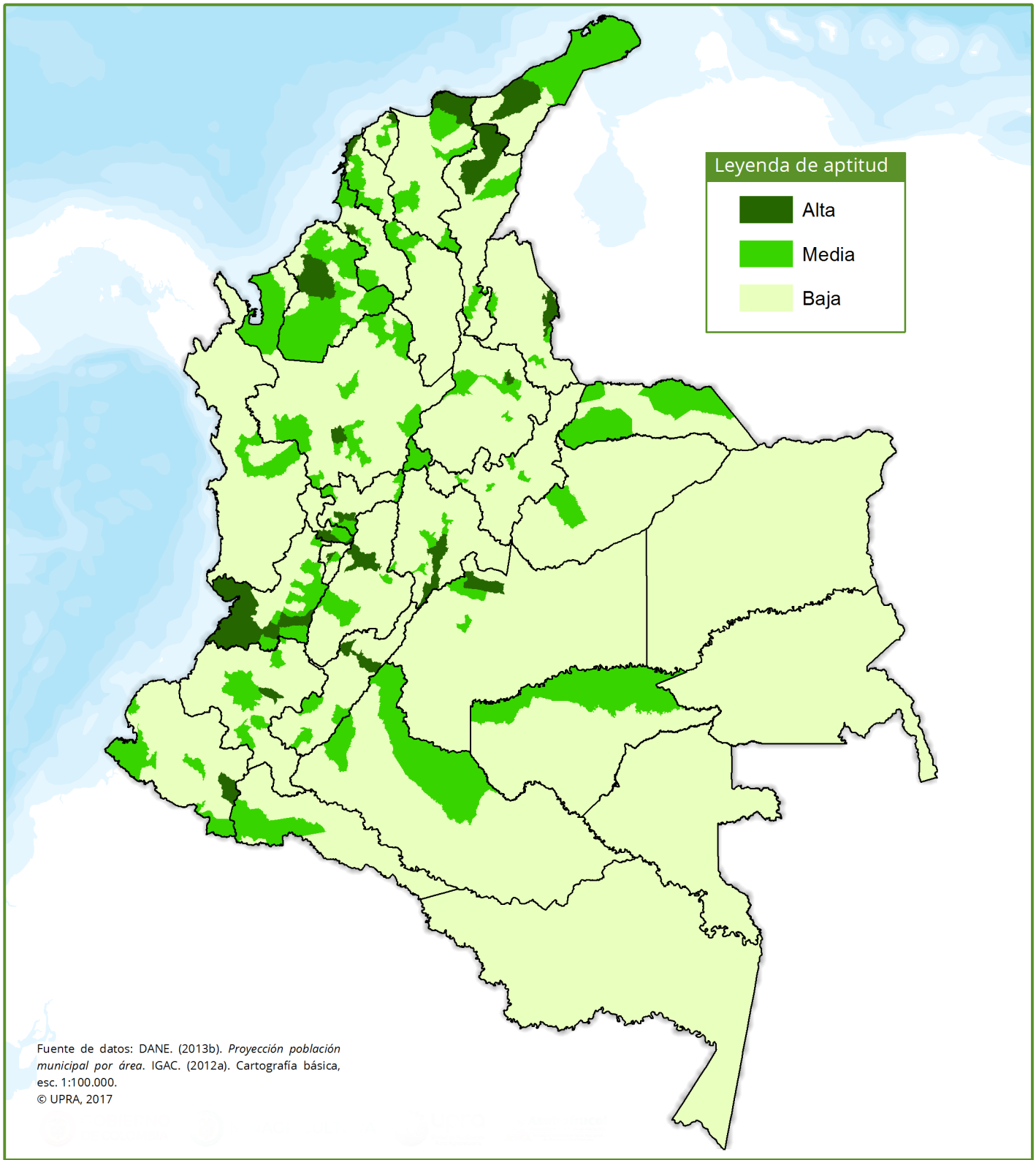
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la estadística, como promedio y media, a partir del conjunto de municipios, analizando y seleccionando los de mayor consumo hasta el valor del promedio.

Fuentes de información

- DANE. (2013b). *Proyección población municipal por área.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DANE. (2013b). *Proyección población municipal por área*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio factores productivos
Variable centros de consumo

3.4. Criterio infraestructura y logística

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: infraestructura y logística		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Cercanía a centros de servicios, expresada como tiempo de desplazamiento en horas. • Cercanía a puertos marítimos, expresada como tiempo de desplazamiento en horas. • Presencia de aeropuertos, expresada en categorías. • Distritos de riego, expresados en tamaño del distrito. • Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización, expresada como tiempo de desplazamiento en horas. • Existencia de cultivos, expresada en ha.		

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; la cercanía a centros de servicios; el potencial de operaciones de comercio exterior; la cercanía a los centros de agregación de valor —entendidos como centros de transformación, empaque y comercialización, entre otros—, y la accesibilidad a los distritos de riego, los que pueden limitar o promover la competitividad de la cadena en la interacción con los mercados nacionales e internacionales.

Existe una relación directa entre la infraestructura y 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.

De igual forma, 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 la 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, los costos ni los tiempos de desplazamiento. La información disponible es de carácter muy general y muestra una aptitud de tipo espacial por ubicación estratégica.

La selección de los centros de servicios se realiza con base en las proyecciones de la población, realizadas por el DANE para 2014, estimadas a partir del censo de población y vivienda de 2005.

La información sobre centros de transformación, empaque y comercialización es escasa; a partir de 2016, la información oficial incluye el registro ante el ICA. Para el presente ejercicio, se hace un inventario de todos los centros de transformación en el país, basados en la experiencia de los técnicos de Minagricultura, el equipo técnico 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: 7,1 %

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 asigna un valor así: A1=3, A2=2 y A3=1.

Mediante un árbol de decisión se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio:

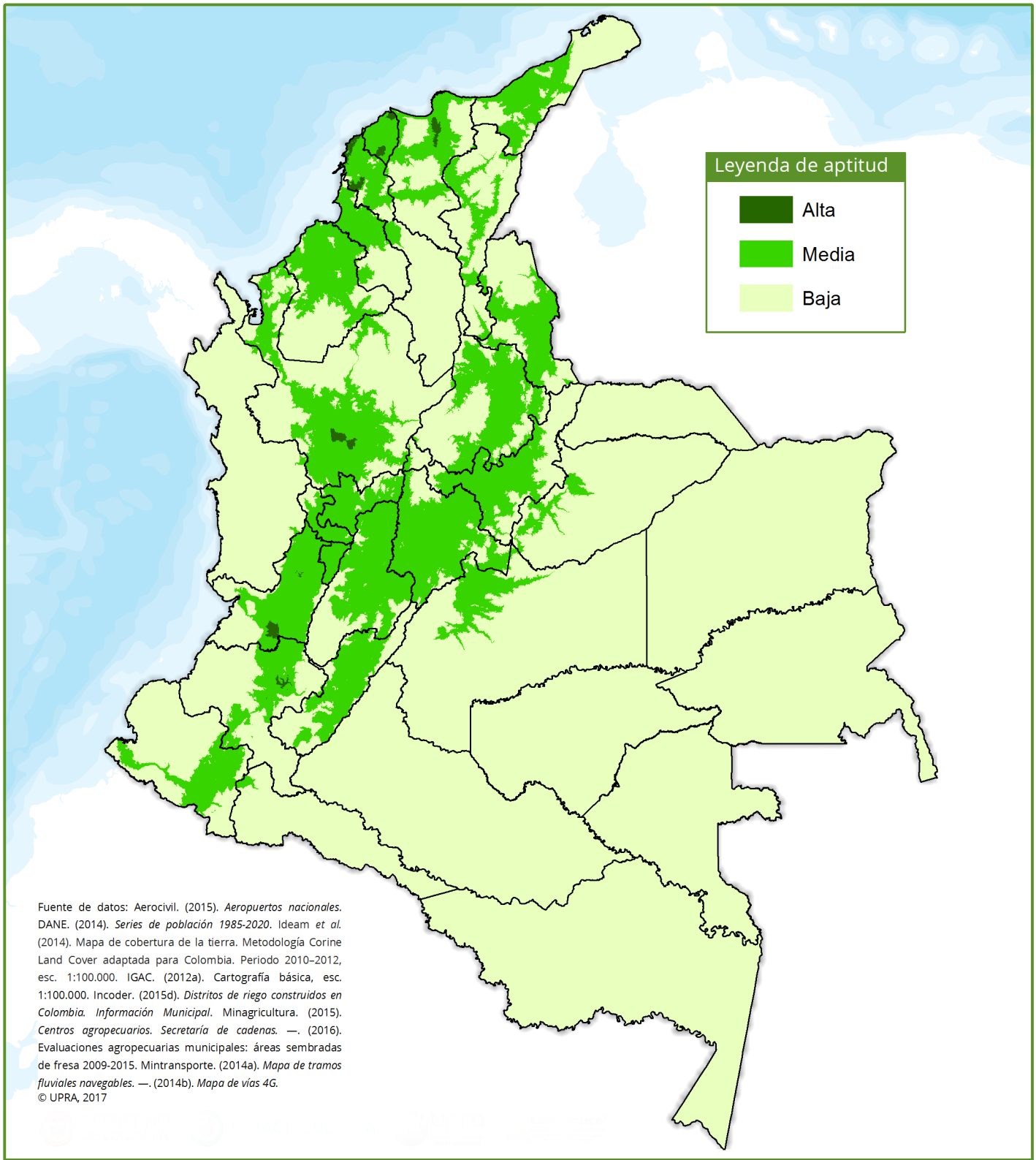
Criterio	Aptitud		
	A1	A2	A3
Infraestructura y logística	Municipios con sumatoria de aptitud > 14	Municipios con sumatoria de aptitud entre 10 y 13	Municipios con sumatoria de aptitud < 9

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Variables	Unidad de medida	Rangos de aptitud		
		A1	A2	A3
Cercanía a centros de servicios	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Cercanía a puertos marítimos	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Presencia de aeropuertos	Categorías	Categoría A	Categoría B	Categoría C
Distritos de riego	Tamaño	Municipios con distritos de riego de gran tamaño	Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	Municipios sin distritos de riego
Cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Existencia de cultivos	Hectáreas	Municipios > 35 ha	Municipio entre 12 y 35 ha	Municipios < 12 ha

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Aerocivil. (2015). *Aeropuertos nacionales*. DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*. Ideam *et al.* (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Incoder. (2015d). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información Municipal*. Minagricultura. (2015). *Centros agropecuarios. Secretaría de cadenas*. —. (2016). Evaluaciones agropecuarias municipales: áreas sembradas de fresa 2009-2015. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables*. —. (2014b). *Mapa de vías 4G*.

© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística

Fuentes de información

- DANE. (2007a). *Series de población 1985-2020.* Bogotá: DANE.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1.100.000, versión 1.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2015a). *Distritos de riego a 2015.* Bogotá: Incoder.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Mapa de vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.
- Minagricultura. (2016c). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada en fresa 2010-2015.* Bogotá: Minagricultura.

3.4.1. Variable cercanía a centros de servicios

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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 en relación 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, comprende los municipios que cuentan con población superior a 30.000 habitantes.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de una explotación comercial de la cadena hortofrutícola, al facilitar la movilidad de su aparato productivo.

La accesibilidad, en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y el estado de las redes de transporte vial y fluvial. Cuando

la red de transporte considerada es suficiente y está 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los centros de servicios: aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4 horas	A3

Se identificaron 246 centros de servicios, dentro de los cuales los más importantes del país se ubican en Bogotá, Medellín y Cali.

La región andina muestra mayor aptitud competitiva. Las regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen menor aptitud competitiva.

Limitantes de la evaluación de la variable

Se parte de la premisa de que los centros de servicios se concentran en los municipios con mayor población. Es decir, la relación población y presencia de centros de servicios es directa. El análisis requiere diferenciar los centros de servicios para cada cadena productiva.

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2014, estimadas a partir del censo de población del año 2005.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

DANE. (2014). *Series de población 1985 2020.*
IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones de la información

Se organizan los datos de mayor a menor, donde se seleccionan los municipios de más de 30.000 habitantes; luego se utiliza la metodología de isócronas empleada por la UPRA, la cual involucra todos los tipos de vías terrestres, así como las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Aunque se define para la zonificación que los centros de servicios están ubicados en los municipios con población mayor de 30.000 habitantes, se incluyen excepcionalmente los municipios de Puerto Carreño (Vichada) e Inírida (Guainía), con proyecciones de población menor a 30.000 habitantes para el 2014, porque en ellos se localizan los principales centros de servicios de estos dos departamentos.

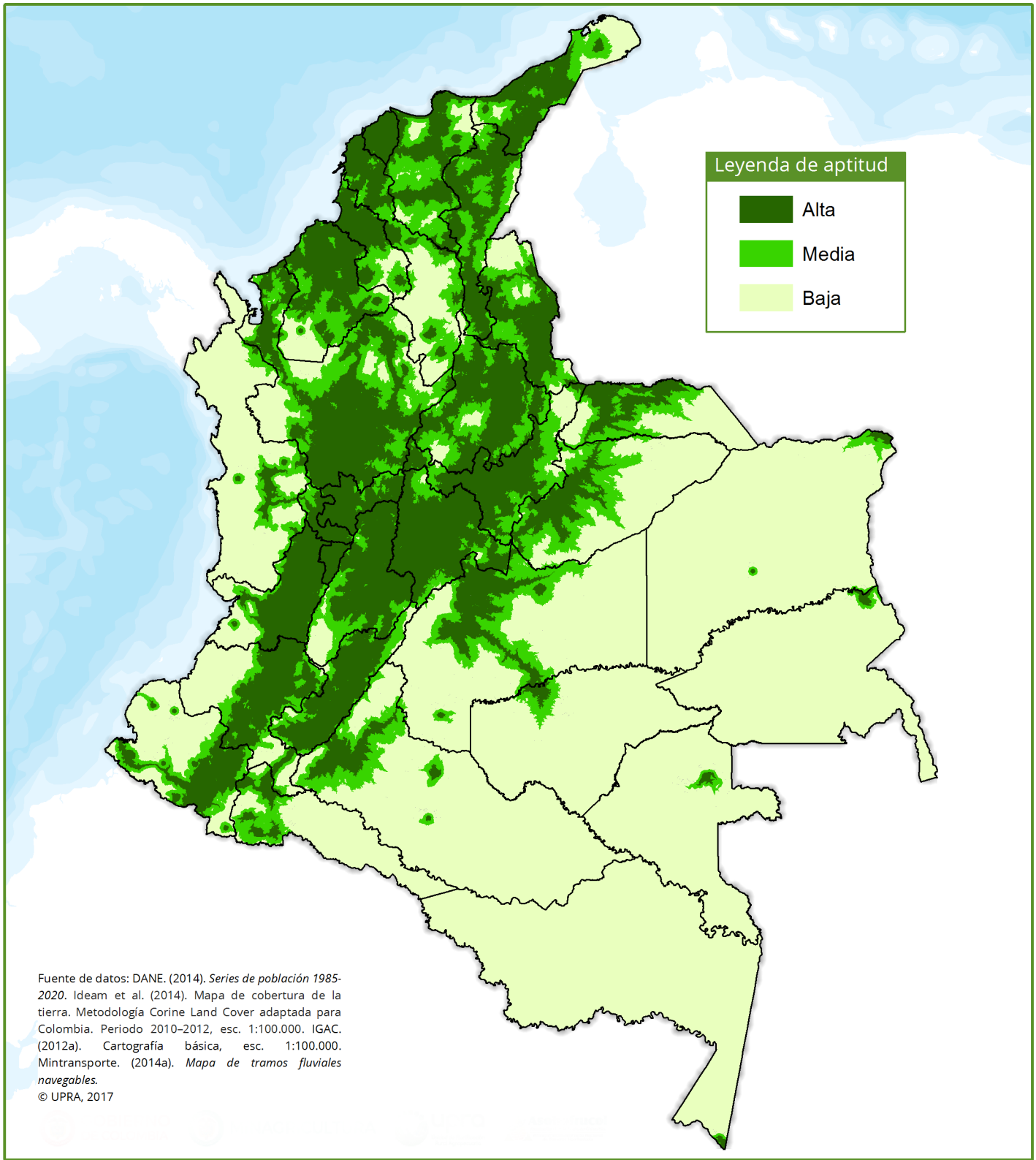
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento 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 ubicados entre dos y cuatro horas se requiere de hasta un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Los centros de servicios a más de cuatro horas requieren 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.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Minstransporte.
- —. (2014b). *Mapa de vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014c). *Información portuaria.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014d). *Tramos red vial nacional* [capa].

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DANE. (2014). *Series de población 1985-2020*. Ideam et al. (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.*

© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística

Variable cercanía a centros de servicios

3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: cercanía a puertos marítimos	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio.

En este sentido, sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de comercio internacional, en especial exportación, que beneficien la competitividad de la cadena.

Sintetiza las oportunidades de interacción de los municipios con los puertos marítimos. Los municipios más cercanos a los puertos marítimos tendrán mayor aptitud competitiva para interactuar en modelos de mercado internacional.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4	A3

La región Caribe muestra la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. El Puerto de Buenaventura refleja una gran incidencia para la región andina. El puerto de Tumaco genera influencia positiva en el sur del país. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen el menor grado de aptitud competitiva por su lejanía a los puertos marítimos.

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos no incluye los costos de transporte por medio de la red vial, y la aptitud se concentra en la ubicación.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
Mintransporte. (2014c). *Información portuaria.*
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables en la actualidad.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

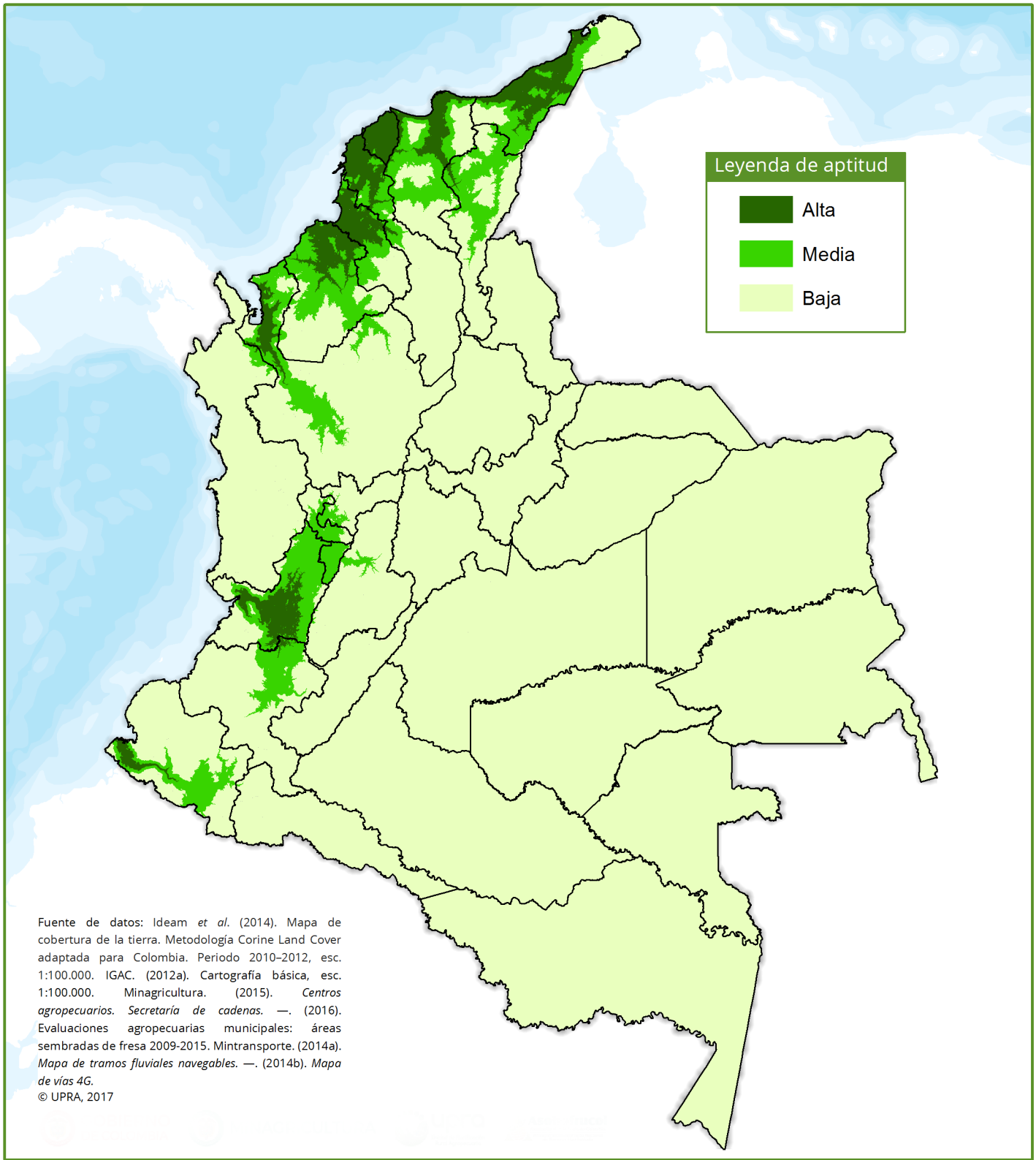
3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

La localización de los puertos marítimos es el punto de referencia a partir del cual se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. La información de la localización de dichos puertos corresponde a 2014.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento hasta los puertos marítimos. Los puertos marítimos ubicados a menos de dos horas implican que se disponga de hasta medio día para el desplazamiento para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Para aquellos ubicados a más de dos y menos de cuatro horas, se debe disponer de mayor tiempo para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Los puertos marítimos a más de cuatro horas implican la necesidad de disponer de más horas de desplazamiento para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Por ser productos altamente sensibles a la manipulación, cuantas más horas de recorrido, menos aptitud, y a mayor distancia, mayor será el costo de transporte por lo que disminuye la ventaja competitiva.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam *et al.* (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minagricultura. (2015). *Centros agropecuarios. Secretaría de cadenas.* —. (2016). Evaluaciones agropecuarias municipales: áreas sembradas de fresa 2009-2015. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística

Variable cercanía a puertos marítimos

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Minstransporte.
- —. (2014b). *Mapas 4G.* Bogotá: Minstransporte.
- —. (2014c). *Información portuaria.* Bogotá: Minstransporte.

3.4.3. Variable presencia de aeropuertos

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: presencia de aeropuertos	Unidad de medida: categorías	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto aéreo internacional) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo, con miras a la exportación.

Los aeropuertos analizados se clasifican con base en los servicios de facilitación no aeronáuticos útiles para el transporte internacional de carga. Estos servicios son: controles migratorios, aduana, policía y controles fito y zoosanitarios, así como servicios de sanidad general.

Igualmente, el orden de importancia de cada aeropuerto se define de acuerdo con cuántas de las 32 líneas aéreas con cupos de carga que operan en Colombia están presentes en cada puerto aéreo.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la competitividad para el desarrollo de la explotación comercial hortofrutícola frente a las alternativas de movilidad y acceso, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios (insumos), como para la comercialización de los productos que componen la cadena, en especial, para la exportación a mercados internacionales.

Un municipio que cuente con aeropuertos de primera clase es más competitivo dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional para satisfacer la demanda

del producto en los mercados internacionales, incidiendo positivamente en los costos de carga. A su vez, en la realidad del país se han dado casos de exportaciones de productos vía aérea para destinos distantes, como la Unión Europea.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se establecen de acuerdo con la clasificación que da la Aeronáutica Civil a los aeropuertos del país: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Municipios de acuerdo con la categoría	Aptitud
Categoría A	A1
Categoría B	A2
Categoría C	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se encontraron limitantes.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional* [capa].
PROEXPORT. (2012). *Infraestructura y logística.*
Aerocivil. (2015). *Aeropuertos nacionales.* Bogotá: Aerocivil.

2. Precisiones de la información

Categorías de clasificación utilizados por la Aerocivil, según los servicios prestados en los aeropuertos del país.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

La clasificación de los aeropuertos según los criterios mencionados son:

Clase 1: Bogotá: Aeropuerto El Dorado
Rionegro: Aeropuerto José María Córdova
Palmira: Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón
Barranquilla: Aeropuerto Ernesto Cortizos

Clase 2: Medellín: Aeropuerto Olaya Herrera
Cartagena: Aeropuerto Rafael Núñez
Pereira: Aeropuerto Matecaña
Bucaramanga: Aeropuerto Palonegro
San Andrés y Providencia: Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla
Cúcuta: Aeropuerto Camilo Daza

La localización de los aeropuertos internacionales es el punto de referencia a partir del cual se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

Categoría A se define como clase 1, Categoría B es clase 2 y Categoría C es donde hay pista de aterrizaje.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

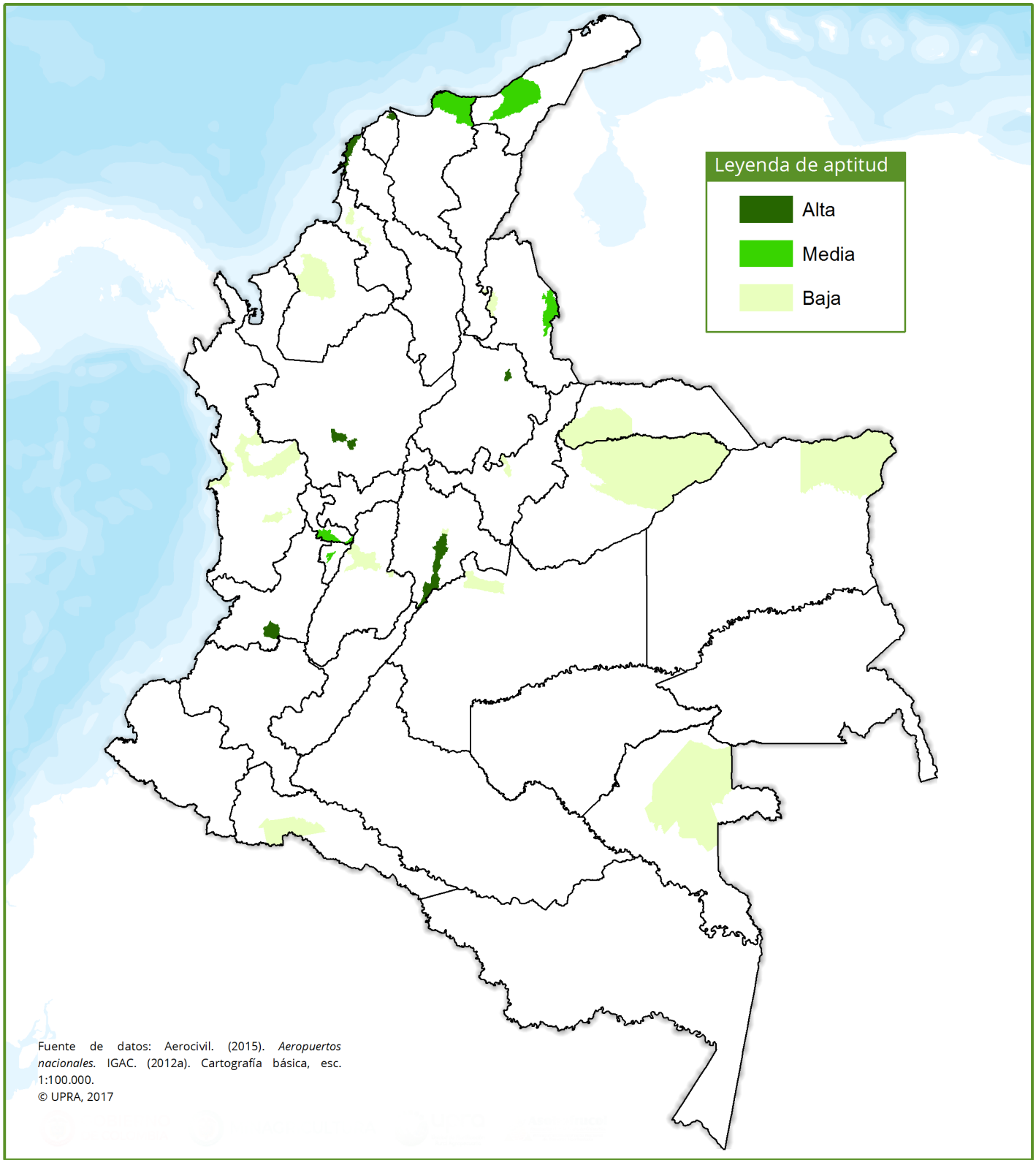
Municipios donde se ubican los aeropuertos de acuerdo con la clasificación.

Fuentes de información

- Aerocivil. (2015). *Aeropuertos nacionales.* Bogotá: Aerocivil.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Aerocivil. (2015). *Aeropuertos nacionales.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística
Variable presencia de aeropuertos

3.4.4. Variable distritos de riego

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: infraestructura y logística		
Variable: distritos de riego	Unidad de medida: tamaño del distrito (grande, mediano o pequeño)	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Presencia de infraestructura de adecuación de tierras para riego, según su tamaño (Incoder, 2015).

Importancia de la variable para el cultivo

En la medida en la que en un distrito de adecuación de tierras confluyen una población rural asociada (Ley 41 de 1993) y unos recursos naturales intervenidos con una actividad productiva que requiere de la 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 la UPRA (2015), un distrito de adecuación de tierras se compone de una serie de acciones e interrelaciones que conducen a la competitividad del sector rural, a la sostenibilidad social, cultural, ambiental, técnica y económica, y debe propender por la conservación de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y los aspectos culturales.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Tamaño	Aptitud
Municipios con distritos de riego de gran tamaño	A1
Municipios con distritos de riego de mediano y pequeño tamaño	A2
Municipios sin distritos de riego	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

Los distritos de riego en Colombia están catalogados por pequeña, media y gran irrigación, según el número de hectáreas beneficiadas.

No todos los distritos de riego están funcionando; además, para los distritos privados no hay fácil acceso a la información.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Incoder. (2015d). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información municipal.*

2. Precisiones de la información

Como entidad encargada de gestionar los procesos de ADT, el Incoder maneja esta base de datos con información sobre los distritos de riego en el país.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

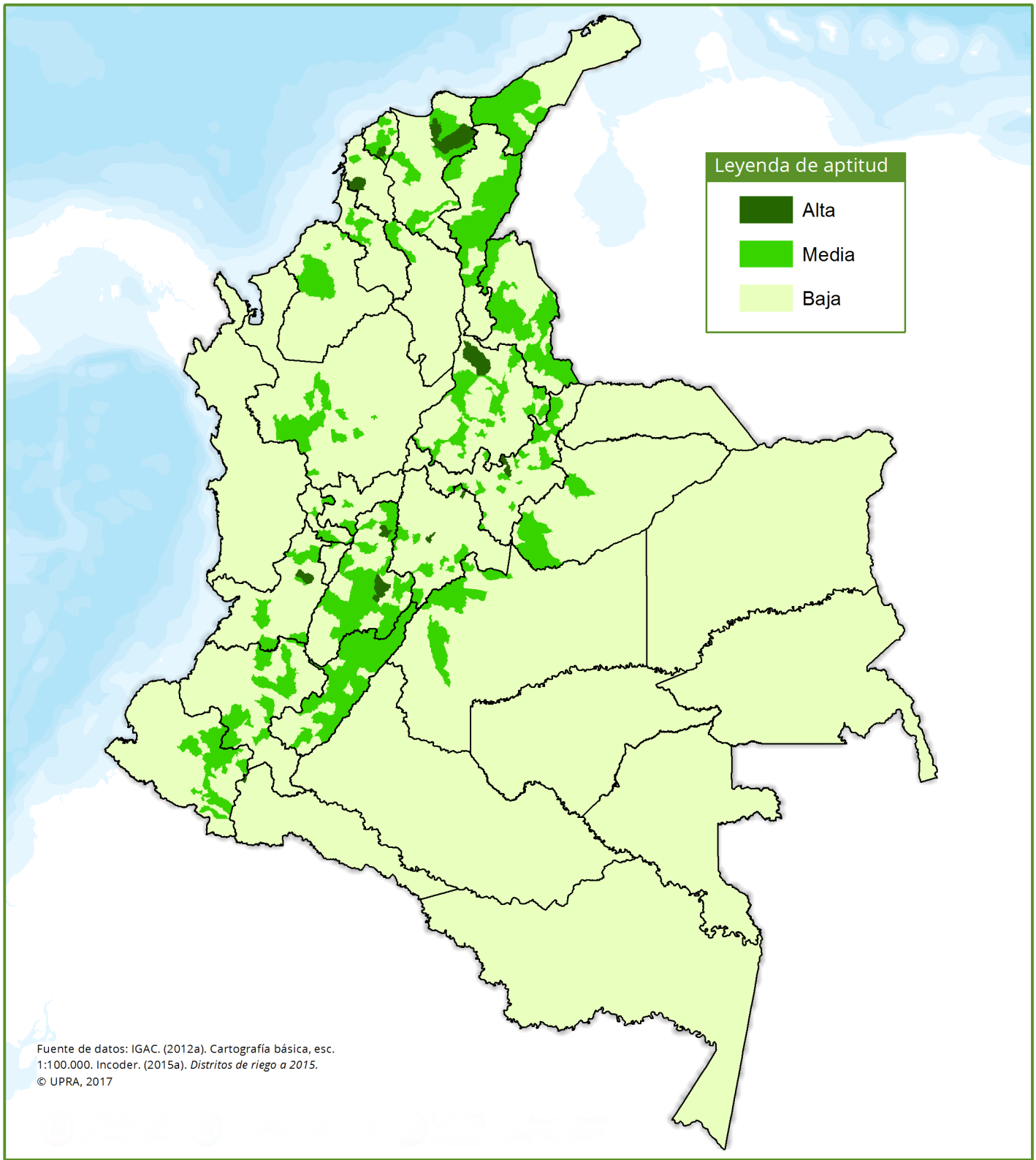
Se tienen en cuenta los municipios de acuerdo con el tamaño del distrito de riego.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2015d). *Distritos de riego construidos en Colombia. Información Municipal.* Bogotá: Incoder.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Incoder. (2015a). *Distritos de riego a 2015.*
© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística
Variable distritos de riego

3.4.5. Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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.

Se revisa información acerca de los principales puntos de transformación, empaque y comercialización de fresa en el país, para definir una mayor aptitud a los sitios que están cerca de dichos establecimientos.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4 horas	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los centros de comercialización y empaque no incluye los costos de transporte por medio de la red vial.

La base utilizada muestra centros de comercialización y empaque solo en 62 municipios. Los registros de la misma están integrados por grandes empresas agroindustriales y por las plazas de mercado más importantes a nivel municipal.

La información utilizada no es oficial porque los centros están obligados a registrarse ante el ICA a partir del 2016 y hay un tiempo prudencial para su registro, por tal razón se utiliza la experiencia de los técnicos del Minagricultura, la experiencia de los expertos contratados por la UPRA y las validaciones en campo para construir este directorio de entidades.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Asohofrucol. (2015a). *Centros de transformación, empaque y comercialización.*
IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones 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 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 es el punto de referencia a partir del cual se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

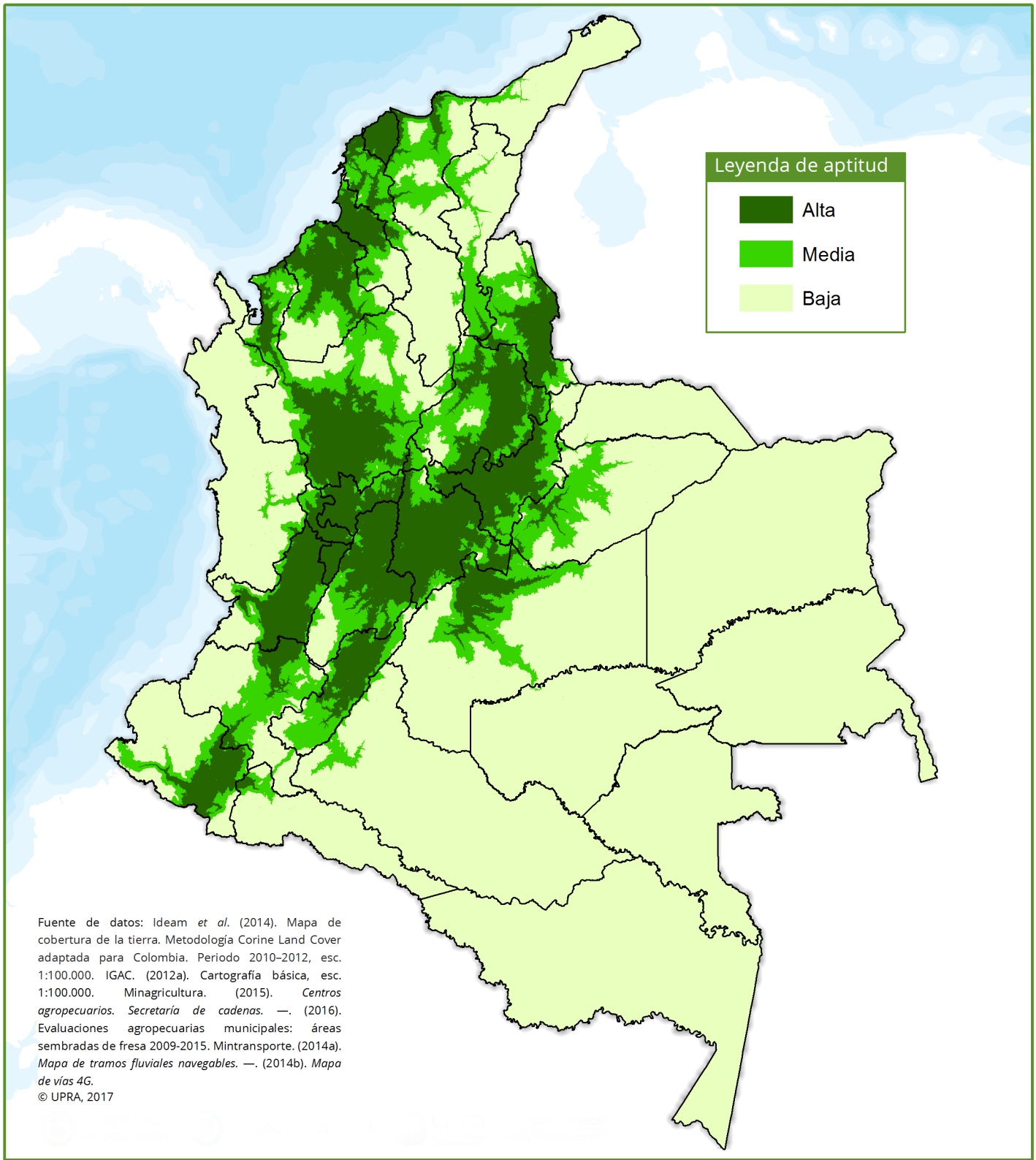
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Se consideran 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 con base en los tiempos de desplazamiento como consecuencia de la oferta y estado de las redes de transporte vial. Cuando la red de transporte considerada es suficiente y 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.

Los centros de transformación, empaque y comercialización ubicados a menos de dos horas implican que se requiere de menos de medio día para desplazarse a ellos. Aquellos que se encuentran entre dos y cuatro horas implican que se requiere más tiempo para legar a ellos. Y los centros de transformación, empaque y comercialización a más de cuatro horas requieren de más de medio día para acceder a ellos.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam *et al.* (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minagricultura. (2015). *Centros agropecuarios. Secretaría de cadenas.* —. (2016). Evaluaciones agropecuarias municipales: áreas sembradas de fresa 2009-2015. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística

Variable cercanía a centros de transformación, empaque y comercialización

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015a). *Centros de transformación, comercialización y empaque.* Bogotá: Asohofrucol.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de la cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Mapa vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014c). *Información portuaria.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014d). *Tramos red vial nacional.* Bogotá: Mistransporte.

3.4.6. Variable existencia de cultivos

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: factores productivos		
Variable: existencia de cultivos	Unidad de medida: promedio anual 2009-2015 de hectáreas sembradas en fresa en el municipio.	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Área sembrada con fresa 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 fresa, donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena de fresa.

Hay una relación directa entre la existencia de cultivos y la aptitud competitiva del municipio: aquellos municipios donde se registra mayor área sembrada de fresa se consideran más competitivos porque ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad.

Los municipios con cultivos de fresa se asocian con 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.

El municipio presenta una mayor tradición cultural en la siembra del cultivo de fresa.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Promedio anual 2010-2015 de hectáreas sembradas en fresa en el municipio (ha)	Aptitud
Municipios > 35 ha	A1
Municipio entre 12 y 35 ha	A2
Municipios < 12 ha	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encuentran municipios sin registro de área sembrada en fresa. Estos municipios, desde el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y, en consecuencia, se clasifican en el rango de aptitud 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 fresa por municipio y no hay forma de hacer una validación porque no hay ninguna otra entidad que tenga información tan detallada a nivel municipal.

Al graficar en el mapa, se sombrea todo el municipio; en consecuencia, los municipios de pequeña extensión parece que tuvieran menor aptitud.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Minagricultura. (2016b). *Evaluaciones agropecuarias municipales (EVA). Área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.*

2. Precisiones de la información

La información se utiliza tal y como está consolidada en la base de datos del Minagricultura, con 81 municipios que reportan área sembrada en fresa en el periodo 2009-2015.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Para efectos de los análisis de la variable, se toman los valores promedio anual de área sembrada en fresa, del periodo 2009-2015. El método utilizado son los percentiles, con el cual se divide la población de datos a utilizar en ocho partes iguales, después de haber organizado los datos de manera ascendente, siendo el dato 1 el de mayor área sembrada y el último dato el reportado con menor área sembrada. El límite del rango de aptitud alta (A1) será el área que reporte el primer grupo seleccionado, que equivale al 15 % de la cantidad de datos de la población. Para la definición del límite inferior del rango de aptitud media (A2), se utiliza el menor valor que está en los primeros tres grupos de los ocho escogidos, (40 % del número de datos de la población) y sobre esa casilla se toma el área reportada. Los municipios restantes pertenecen al rango de aptitud marginal (A3).

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de IC = (I-MÍN)/(MÁX-MÍN)
Donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.
MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

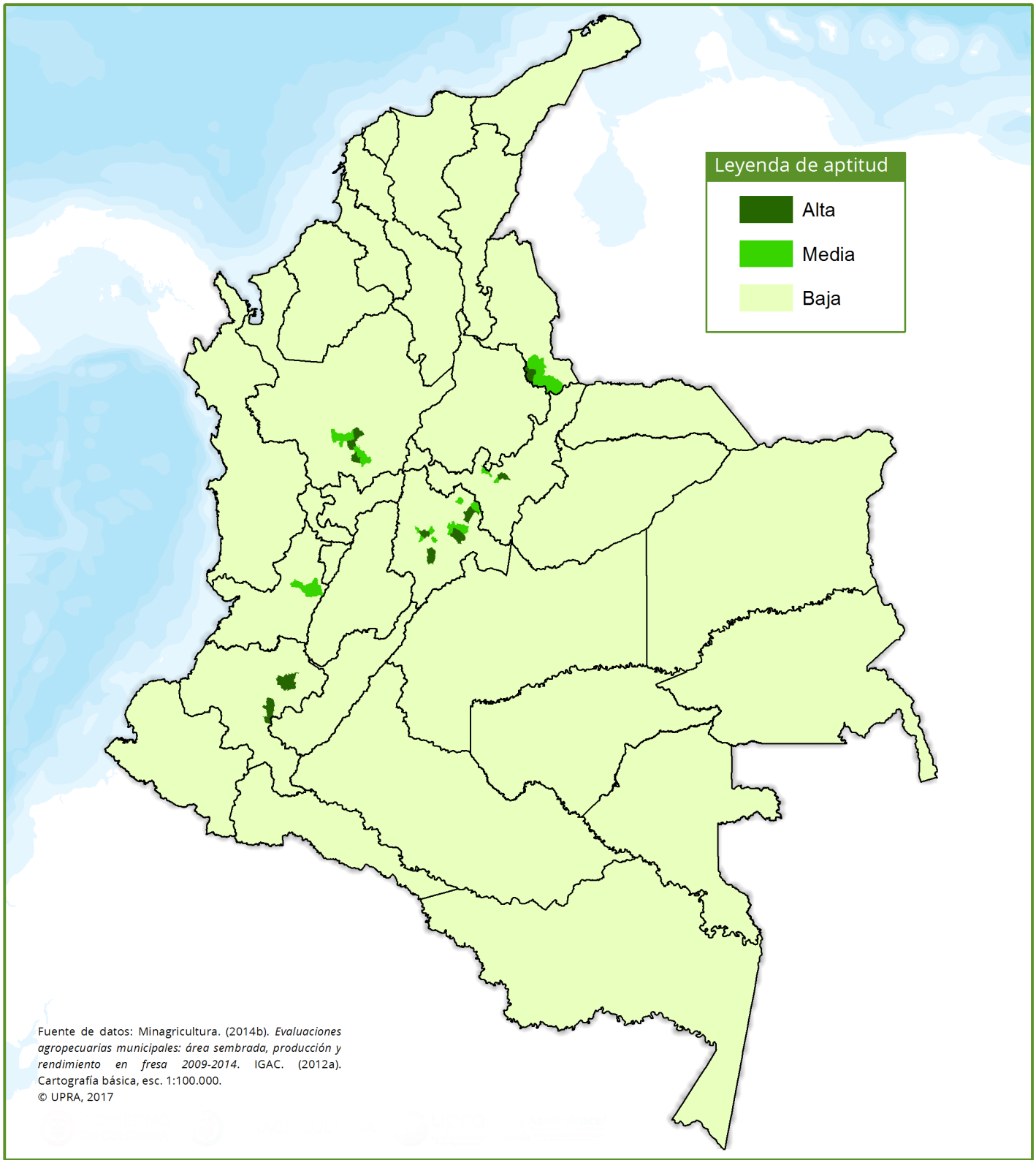
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen de acuerdo con el promedio del área sembrada por municipio desde el 2009 hasta 2015.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2016b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2015.* Bogotá: Minagricultura.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Minagricultura. (2014b). *Evaluaciones agropecuarias municipales: área sembrada, producción y rendimiento en fresa 2009-2014*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio infraestructura y logística
Variable existencia de cultivos

3.5. Criterio mercado laboral

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: mercado laboral		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Cercanía a vías 4G, expresada como tiempo de desplazamiento en horas. •Población en edad de trabajar (PET_{20-64}), expresada como índice de competitividad y número de personas. • Años promedio de escolaridad, expresada en años promedio de escolaridad en el municipio. • Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias, expresada en el número de programas de formación académica en actividades del sector agropecuario en el municipio.		

Definición

Identifica las condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del cultivo de fresa 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 la que es el capital humano el que hace posible que las diferentes labores se realicen con efectividad.

La disponibilidad de mano de obra calificada en las regiones se convierte en un factor determinante para la ejecución exitosa de los proyectos productivos y un diferenciador en términos de competitividad regional. A su vez, para los cultivos hortofrutícolas, la recolección en su gran mayoría se hace con mano de obra, labor considerada como la más importante, en razón a que en esta actividad se define el nivel de rentabilidad, la oportunidad de la cosecha y la respuesta de la siembra mediante el proceso de desarrollo del producto.

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, vivir de las rentas o pertenecer a algún régimen prepensional por alguna discapacidad laboral, entre otras razones, así como a actividades informales.

Aun cuando es más preciso utilizar en la zonificación la población económicamente activa (PEA), que es la que realmente está vinculada al mercado laboral, esta se obtiene a partir de la «Gran Encuesta Integrada de Hogares» que 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 de población y vivienda 2005, lo que no permite conocer los logros y capacidades recientes de la población.

Valor de ponderación del criterio: 6,7 %

Metodología de evaluación

Las variables que comprende el criterio califican los municipios según categorías de aptitud competitiva. Para cada categoría de aptitud se reclasifica de forma numérica, lo cual consiste en asignar un peso o valor, así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

Para el caso del cultivo de fresa, las variables dentro del criterio tienen el mismo peso. Los resultados de cada variable se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, donde los rangos se definen con la ayuda de un árbol de decisión.

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

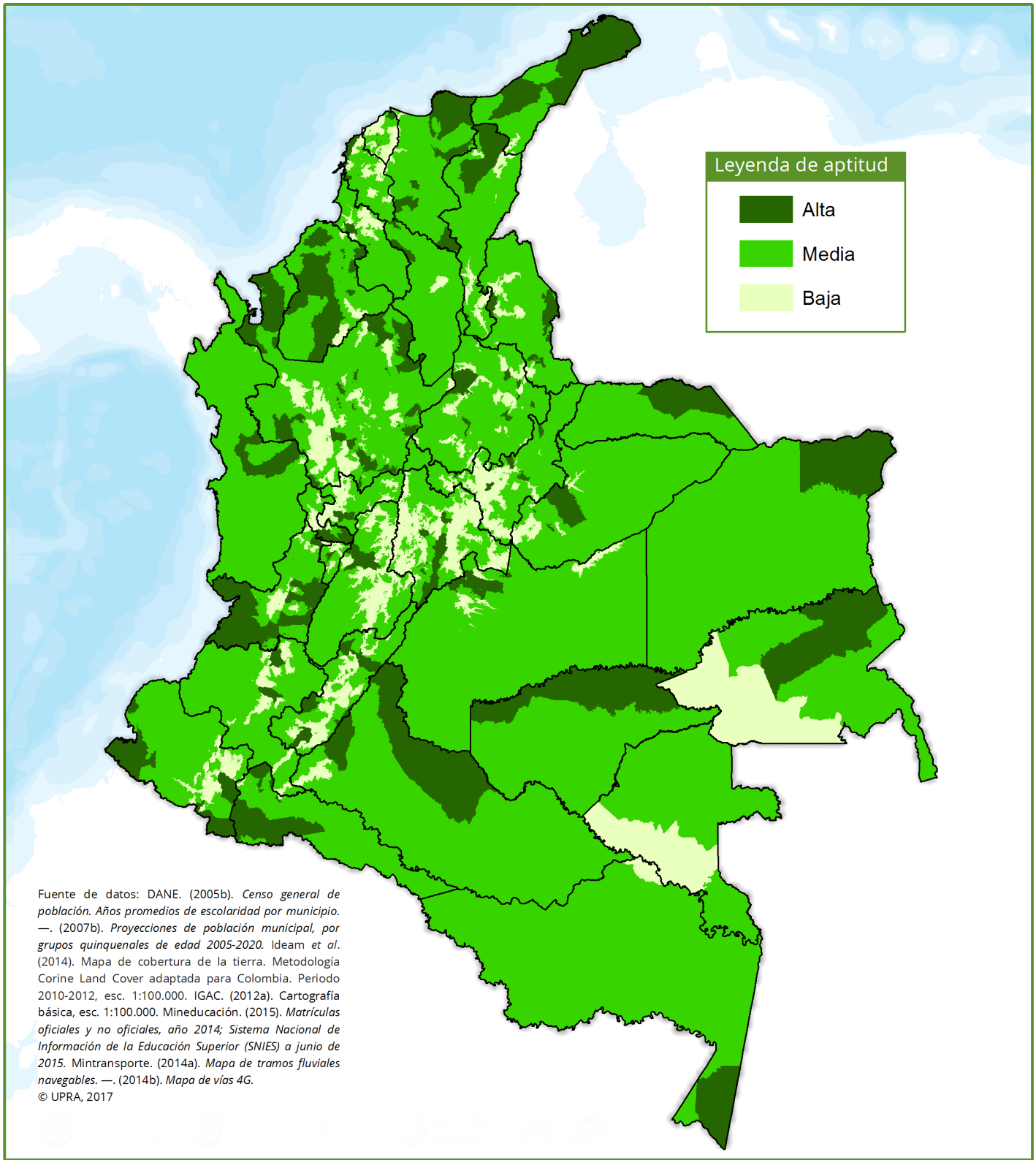
Los municipios más competitivos en términos de la caracterización del mercado laboral se encuentran en las ciudades capitales de departamento, particularmente alrededor de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga; mientras que los menos competitivos se ubican en los antiguos territorios nacionales. Específicamente, el 2,9 % del territorio nacional continental clasifica como aptitud alta (A1) y el 58,4 % como aptitud media (A2), para este criterio.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Cercanía a vías 4G	Tiempo de desplazamiento en horas	Municipios > 2 horas	Municipios entre 1 y 2 horas	Municipios < 1 hora
Población en edad de trabajar ($PET_{20\text{-}64}$)	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,01015	IC ≥ 0,00419 y ≤ 0,01015	IC < 0,00419
	Personas	Municipios > 50.000 personas	Municipios entre 20.000 y 50.000 personas	Municipios < 20.000 personas
Años promedio de escolaridad	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,6510	IC ≥ 0,3835 y ≤ 0,6510	IC < 0,3835
	Años	Municipios > 5 años	Municipios entre 3 y 5 años	Municipios < 3 años
Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Número de programas	4 o más	2 o 3	1 o ninguno

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: DANE. (2005b). *Censo general de población. Años promedios de escolaridad por municipio.* —. (2007b). *Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad 2005-2020.* Ideam *et al*. (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010-2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Mineducación. (2015). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.* Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio mercado laboral

Fuentes de información

- DANE. (2005a). *Censo general de población.* Bogotá: DANE.
- —. (2005b). *Censo general de población. Años promedio de escolaridad por municipio.* Bogotá: DANE.
- —. (2007b). *Proyecciones de población municipal por grupos quinquenales de edad 2005-2020.* Bogotá: DANE.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2015). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.* Bogotá: Mineducación.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.

3.5.1. Variable cercanía a vías 4G

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: cercanía a vías 4G	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Facilidad con la que se pueden alcanzar los tramos de vías 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 el de fresa.

Vías 4G: área geográfica donde se lleva a cabo la construcción del nuevo plan de vías soportados por el Minhacienda y el Instituto Nacional de Vías en la geografía nacional.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la forma como otras actividades, como la construcción de obras civiles, afectan la disponibilidad de 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 4G y la aptitud competitiva del municipio. Un municipio más cercano a los tramos donde se construyen las vías es menos competitivo porque cuenta con alternativas de mayores ingresos que los generados por la actividad agropecuaria.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los municipios con presencia, actual o futura, de vías de 4G: aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
Municipios > 2 horas	A1
Municipios entre 1 y 2 horas	A2
Municipios < 1 hora	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La información obtenida presenta los tramos de construcción de las vías 4G, desde el área del municipio donde comienza la obra hasta el municipio donde termina. Por lo tanto, el trayecto de la vía incluye el área de los municipios que se encuentran entre el punto inicial y final de la obra proyectada.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

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

Mintransporte. (2014d). *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 empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se toma la información más reciente del Minhacienda, el Instituto Nacional de Vías y los estudios prospectivos de ANI en el 2015, como 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 con base en los tiempos de desplazamiento de la mano de obra hasta los centros de construcción de las vías 4G. La mano de obra ubicada a tiempos de viaje cortos tendría un mayor incentivo para desplazarse de las actividades agropecuarias hacia las actividades de construcción.

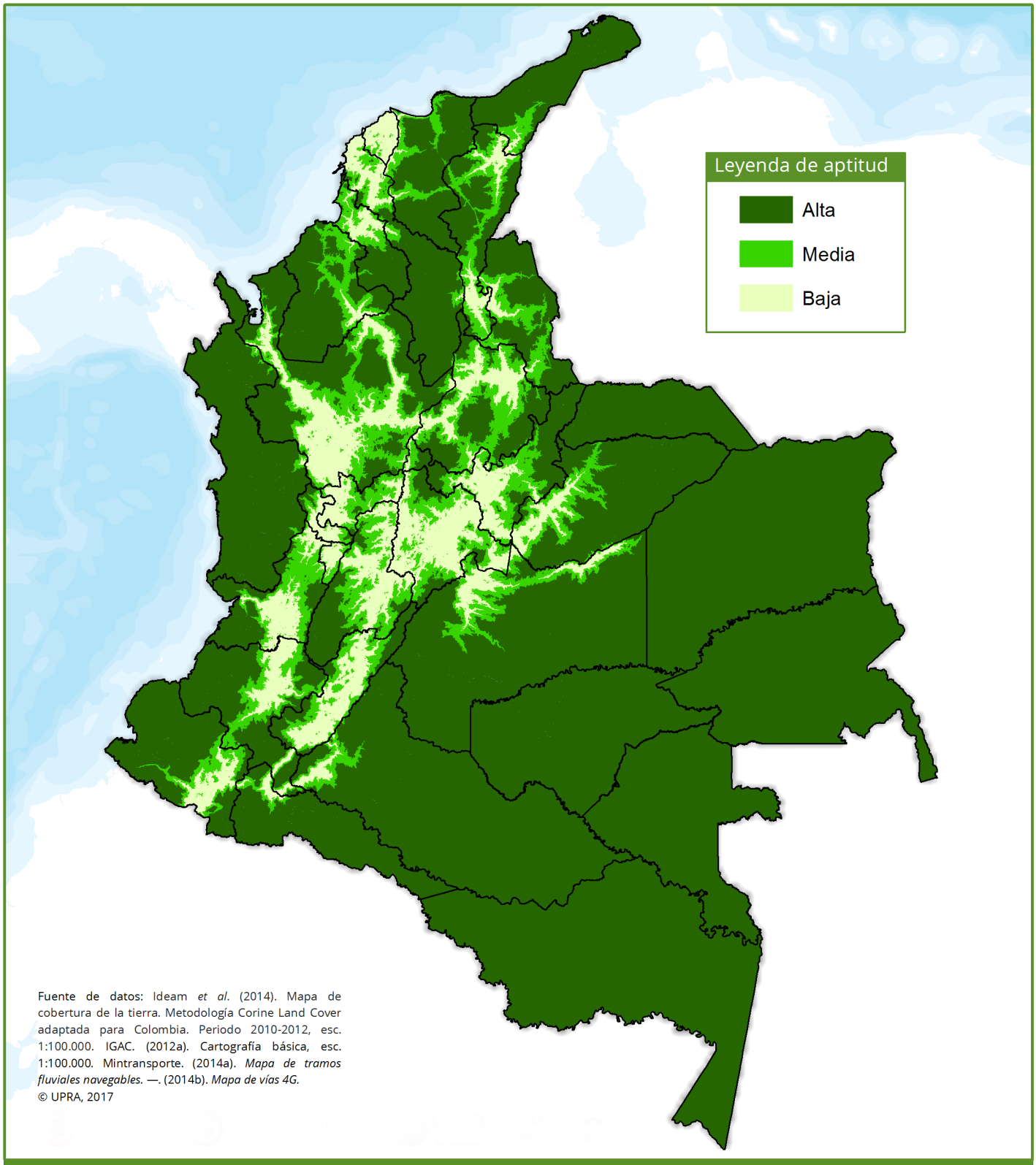
Las vías de 4G ubicadas a más de dos horas de viaje implican que los trabajadores requieren de al menos la mitad de la jornada laboral para ir al trabajo y regresar a su lugar de residencia. Las vías de 4G ubicadas entre una y dos horas de viaje implican que los trabajadores requieren de un tiempo razonable 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

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Mapa de vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam *et al.* (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010-2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio mercado laboral

Variable cercanía a vías 4G

3.5.2. Variable población en edad de trabajar (PET_{20-64})

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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

Son las personas de determinada edad a partir de la cual se consideran en capacidad de trabajar. De acuerdo con la información disponible a nivel municipal, en esta variable se incorporó, para la zonificación, la población comprendida entre los 20 y 64 años de edad.

Importancia de la variable para el cultivo

Incide en la percepción de los agentes económicos sobre la disponibilidad de mano de obra (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 PET_{20-64} les muestran a los agentes económicos (productores) mejores opciones de mano de obra (oferta laboral), que podría ser aprovechada para el desarrollo de la explotación comercial de la fresa.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Índice de competitividad (IC) Personas	Aptitud
IC > 0,01015	A1
Municipios ≥ 50.000 personas	
IC ≥ 0,00419 - ≤ 0,01015	A2
Municipios entre 20.000 y 50.000 personas	
IC < 0,00419	A3
Municipios < 20.000 personas	

Limitantes de la evaluación de la variable

No toda la población en edad de trabajar está vinculada al mercado laboral en razón a que pueden estar dedicados 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 de población campesina apta o experta en el trabajo en los cultivos que componen la cadena.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

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

DANE. (2007b). *Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad 2005-2020* (con base en el censo de población).

2. Precisiones de la información

La información fuente para la estimación de la PET_{20-64} se hace a partir de proyecciones de población de mediano plazo (2005-2020). Para efectos de la zonificación, inicialmente se considera contar los rangos de población entre 18 y 64 años. Sin embargo, se toma la información de los rangos de población correspondientes a 20 a 64 años debido a que la información de la PET está disponible en grupos de cinco 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 el 2014.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial 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.

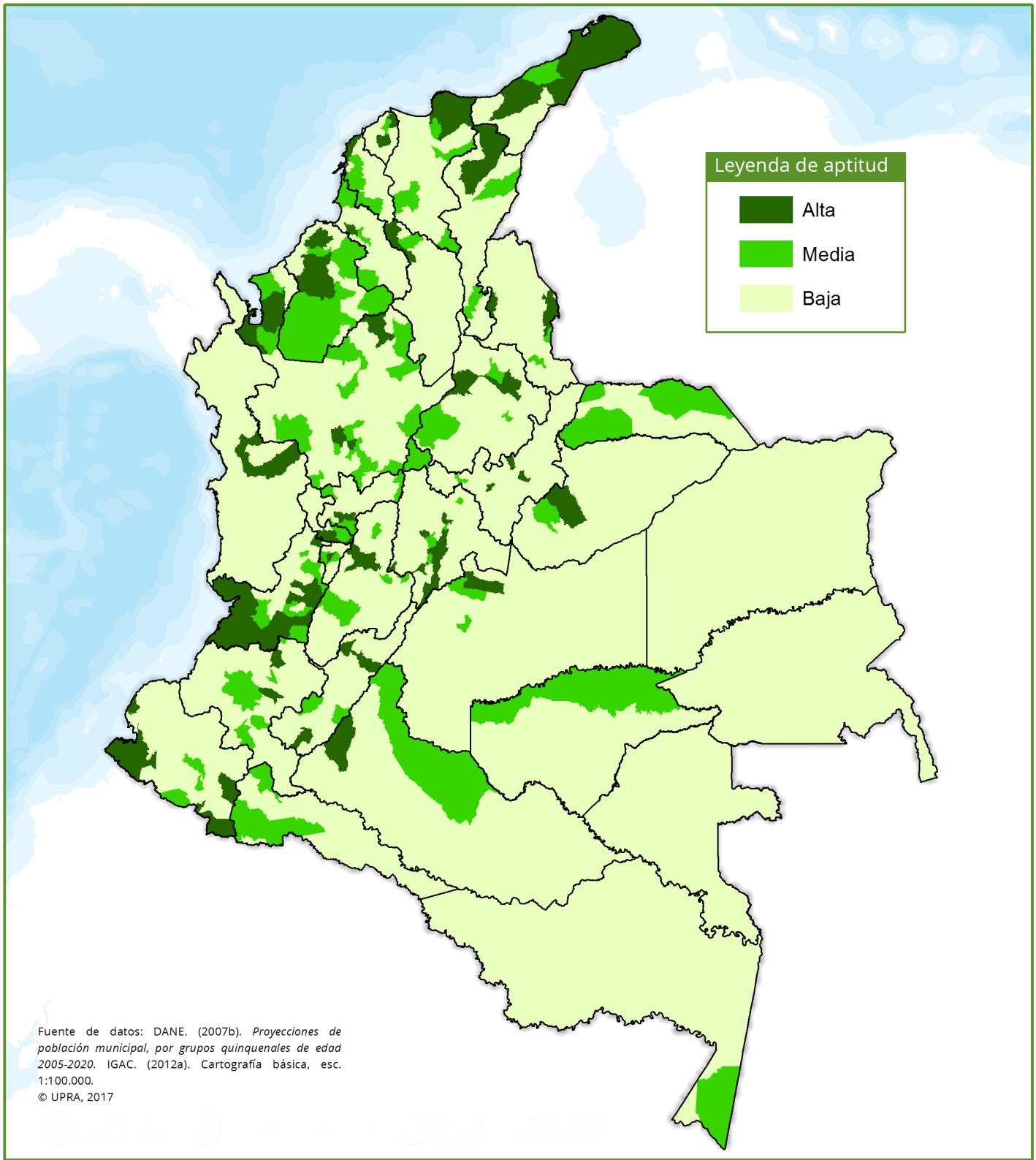
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de la participación porcentual de la PET_{20-64} respecto a la población total del municipio, de acuerdo con la distribución de los datos a partir de la elaboración de un histograma y teniendo como estadísticos de referencia la mediana y el promedio nacional.

Fuentes de información

- DANE. (2007b). *Proyecciones de población municipal por grupos quinquenales de edad 2005-2020.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DANE. (2007b). *Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad 2005-2020.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio mercado laboral

Variable población en edad de trabajar (PET $_{20-64}$)

3.5.3. Variable años promedio de escolaridad

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: años promedio de escolaridad	Unidad de medida: A. Índice de competitividad (IC) 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

Incide en la disponibilidad de mano de obra cualificada, la cual contribuye a mejorar la productividad y, en consecuencia, la competitividad de las diferentes actividades que son parte de la explotación comercial de la fresa.

Los municipios 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Número de años promedio de escolaridad en el municipio **Índice de competitividad (IC)**	**Aptitud**
Municipios ≥ 5 años	A1
IC > 0,6510	
Municipios entre 3 y 5 años	A2
IC ≥ 0,3835 - ≤ 0,6510	
Municipios < 3 años	A3
IC < 0,3835	

Limitantes de la evaluación de la variable

La información disponible a la fecha corresponde a los cálculos realizados por el DANE a partir de los datos del censo general de población y vivienda de 2005. Lo anterior presenta una década de atraso y no refleja el impacto de las políticas públicas en educación implementadas en años recientes.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

DANE. (2005a). *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, deben haber cursado y aprobado como mínimo cinco años de estudio, con cinco años de básica primaria.

3. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) 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.

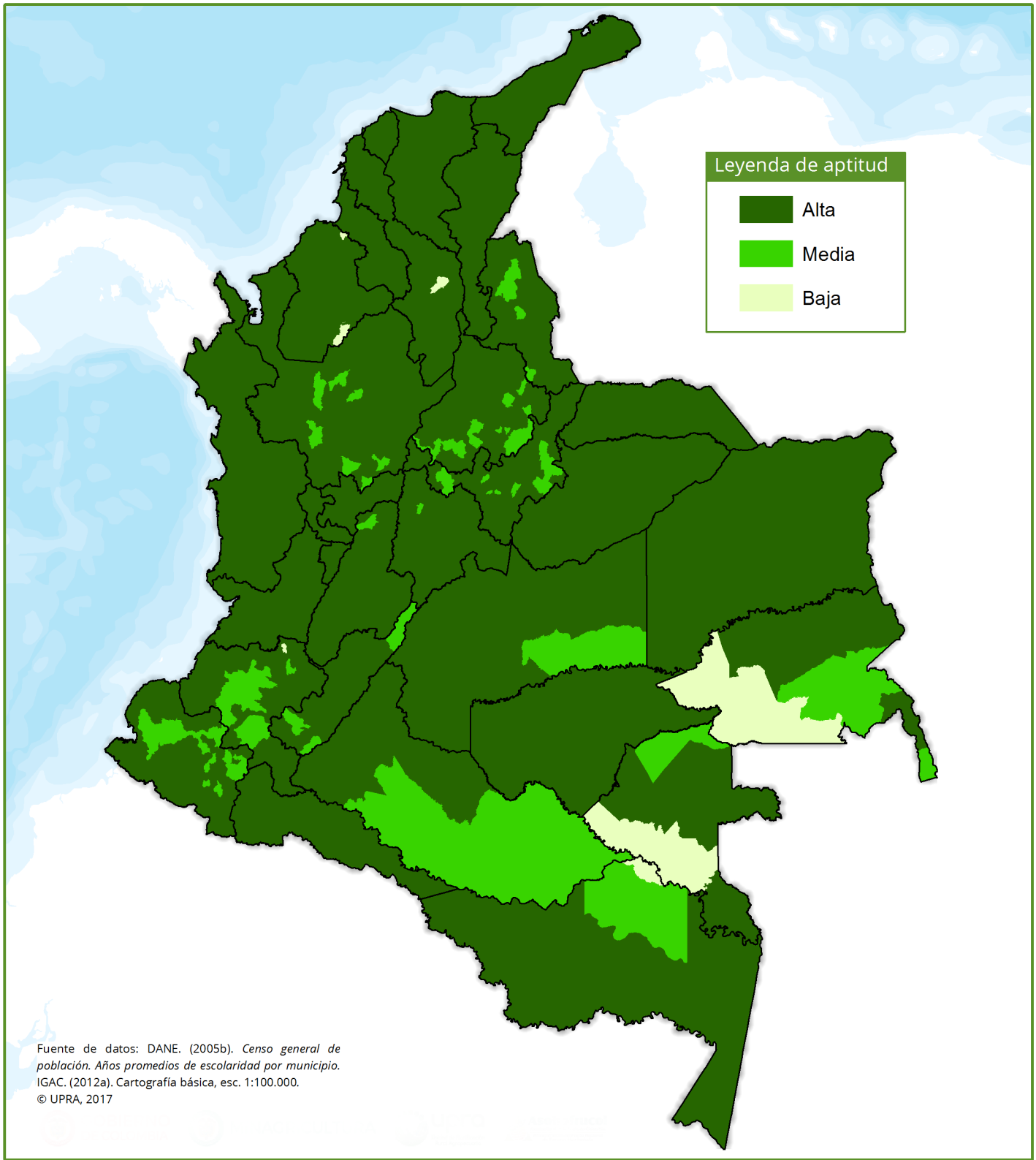
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos se definen con base en 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. (2005b). *Censo general de población. Años promedios de escolaridad por municipio.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DANE. (2005b). *Censo general de población. Años promedios de escolaridad por municipio.*
IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio mercado laboral
Variable años promedio de escolaridad

3.5.4. Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: mercado laboral		
Variable: oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias	Unidad de medida: número de programas de formación académica en actividades del sector agropecuario en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias, y existencia de programas de formación académica en las áreas del conocimiento de las ciencias agronómicas, agropecuarias y afines, con modalidad presencial en el municipio.

Importancia de la variable

Incide en la percepción respecto a la disponibilidad de talento humano, con destrezas y 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 fresa.

Los municipios 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 agrícola, potenciando las condiciones del mercado laboral y la competitividad municipal. Por tanto, la competitividad de los municipios es directa a la oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agrícolas y afines.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

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 a 1	A3

La oferta de programas de formación académica de modalidad presencial oscila entre un máximo de 32 programas en Bogotá, 25 en Medellín y 18 en Popayán, ninguna oferta educativa se presenta en 432 municipios del país.

Limitantes de la evaluación de la variable

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados se hace a partir del número de programas registrados en Mineducación por municipio, y no según el número de graduados o egresados.

No se tiene en cuenta el programa «Jóvenes rurales» del SENA que tiene una presencia importante en el territorio nacional e incide positivamente, tanto en la explotación agropecuaria, como en la mitigación del fenómeno de abandono del campo y migración a la ciudad.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Mineducación. (2015). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.*

2. Precisiones de la información

El número de programas académicos ofertados para cada municipio se identifica a partir de los registros de educación superior, y de la relación de colegios con especialidad o énfasis agropecuario en el país. Entre los programas que se asignan a cada municipio, se considera la formación técnica, tecnológica, universitaria y especializaciones, pero no los programas de maestría y doctorado.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

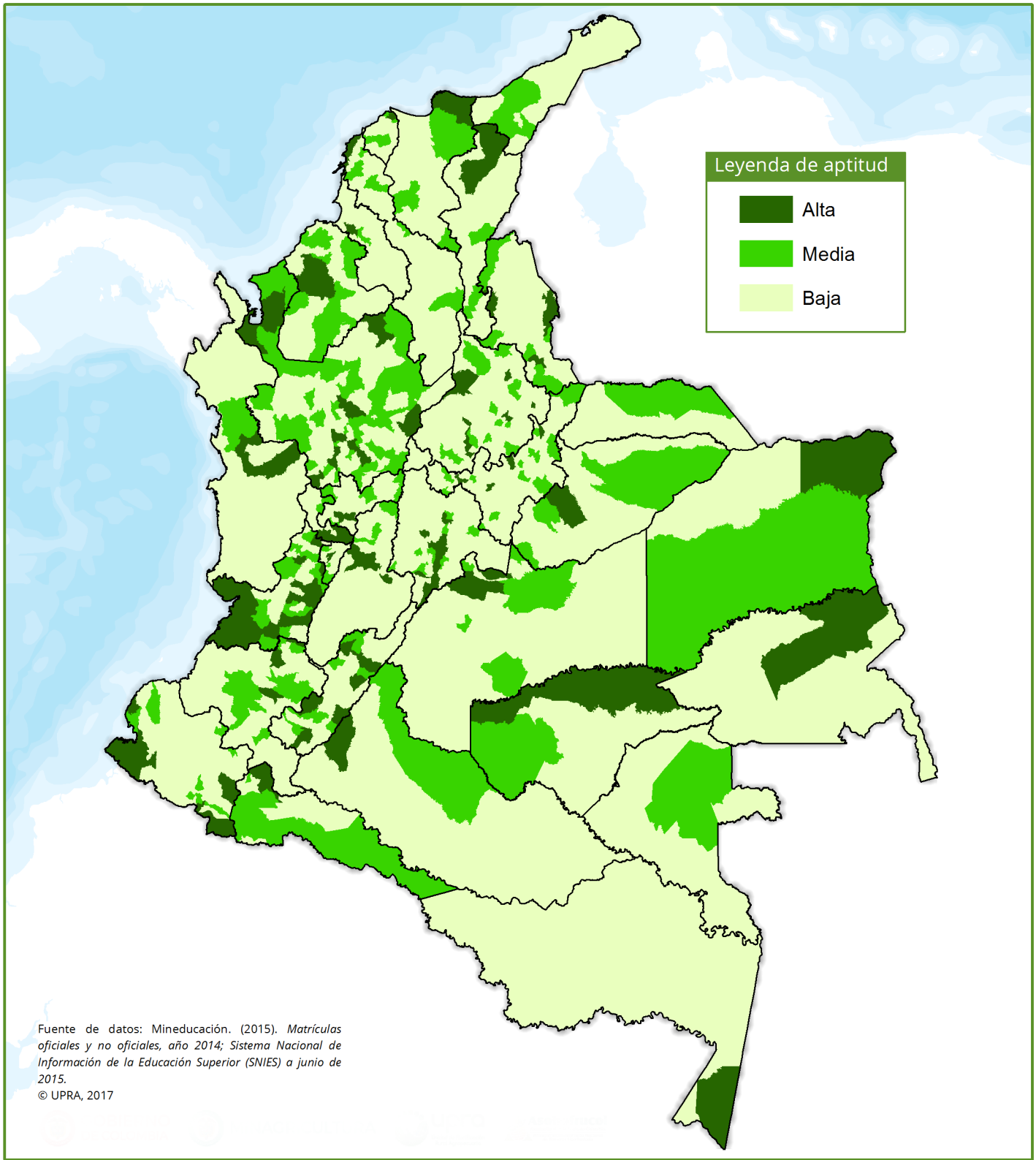
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en tres categorías de aptitud competitiva, así:

Municipios con cuatro o más programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agropecuarias, aptitud alta (A1); municipios con dos o tres programas de formación académica, incluidos los colegios de educación media con especialidad en áreas agropecuarias, aptitud media (A2), y municipios hasta con un programa de formación académica, aptitud baja (A3).

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2015). *Matrícula oficiales y no oficiales año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio 2015.* Bogotá: Mineducación.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Mineducación. (2015). *Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) a junio de 2015.*

© UPRA, 2017

Criterio mercado laboral

Variable oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas agropecuarias

3.6. Criterio seguridad ciudadana

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: seguridad ciudadana		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variable asociada al criterio		
• Índice de riesgo de amenaza, expresada como índice.		

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 relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales y delincuencia común, lo cual puede incidir negativamente en la dinámica del aparato productivo asociado con el cultivo.

La seguridad es uno de los factores que determina las decisiones para la inversión. Esto, 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, los municipios sin información disponible, desde el principio de cercanía, se asimilan a los rangos de aptitud de los municipios con los cuales limitan. Los municipios a los que se hace referencia son Norosí (Bolívar), Tuchín y San José de Uré (Córdoba) y Guachené (Cauca).

La información usada se caracteriza por estar en constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

Valor de ponderación del criterio: 0,8 %

Metodología de evaluación

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud competitiva de los municipios son equivalentes a las categorías de la misma.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

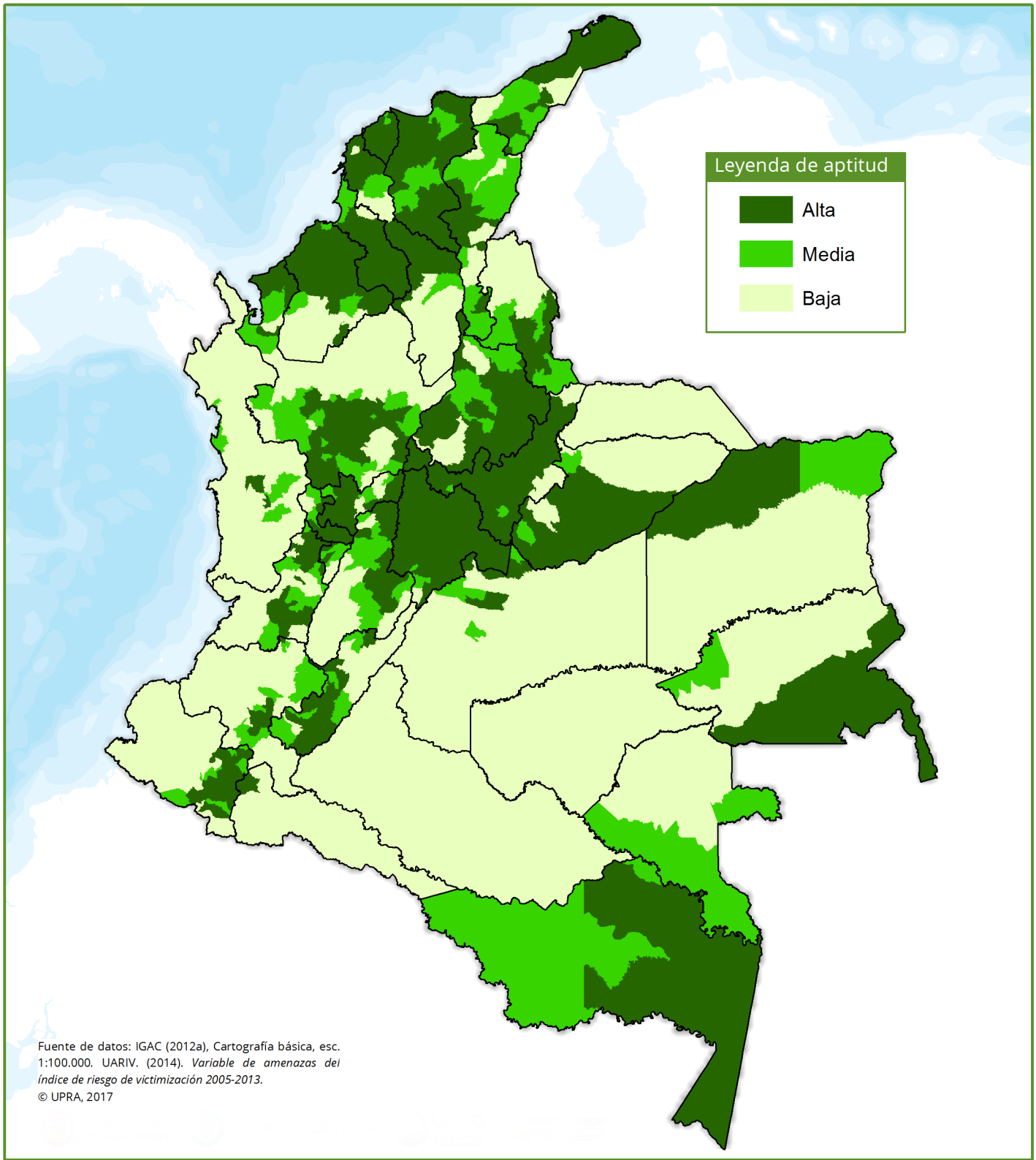
Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de riesgo de amenazas	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,720	IC ≥ 0,519 - ≤ 0,720	IC < 0,519
	Índice de riesgo de amenazas	≤ 0,42	> 0,42 - ≤ 0,58	> 0,58

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.* Bogotá: UARIV.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC (2012a), Cartografía básica, esc. 1:100.000. UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.*

© UPRA, 2017

Criterio seguridad ciudadana

3.6.1. Variable índice de riesgo de amenazas

Ficha metodológica de variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: seguridad ciudadana		
Variable: índice de riesgo de amenazas	Unidad de medida: A. Índice de competitividad (IC) B. Índice de riesgo de amenazas	
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

Definición

Eventual ocurrencia de acciones o sucesos relacionados con el conflicto armado interno en cada municipio de Colombia, que tengan la potencialidad de causar daño a la población civil y a sus bienes, los cuales son ocasionados por agentes preponderantemente exógenos, en un determinado tiempo y lugar (UARIV, 2014).

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la seguridad. Las zonas donde existen altas posibilidades de amenazas están relacionadas con la presencia de grupos armados ilegales y constituyen un riesgo que puede interrumpir la dinámica del aparato productivo asociado con la producción de cultivos hortofrutícolas.

La seguridad es uno de los factores que determinan el clima de inversión de un municipio. Existe una relación inversamente proporcional entre el riesgo de amenazas y la aptitud competitiva del municipio.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

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

Índice de competitividad (IC) Índice de riesgo de amenazas	Aptitud
IC ≥ 0,720	A1
≤ 0,42	
IC > 0,519 - ≤ 0,720	A2
> 0,42 - ≤ 0,58	
IC < 0,519	A3
> 0,58	

Para el periodo de análisis, 2005-2013, los municipios con mayor riesgo de amenazas corresponden a: El Tarra (Norte de Santander), Arauquita (Arauca) y Puerto Rico (Meta). Los riesgos más bajos se presentan principalmente en municipios ubicados en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander.

Limitantes de la evaluación de la variable

En la fuente de información usada se encuentran municipios sin información disponible para el cálculo del índice de riesgo de amenazas. Estos municipios, desde 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 su constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.*

2. Precisiones de la información

El cálculo del índice de riesgo de amenazas se realiza a partir de información histórica para el periodo 2005-2013.

Comprende 36 variables agrupadas en cuatro categorías, denominadas subíndices, como se muestra a continuación:

- Subíndice hechos: personas expulsadas de forma masiva e individual; personas secuestradas; reclutamiento ilegal de niños, niñas y adolescentes; amenazas (individuales/colectivas); actos de terrorismo (artefactos explotados); pérdida de bienes muebles e inmuebles; despojo de tierra; homicidios; incursión a población; asalto a población; eventos por minas antipersonales (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; ataque a instalaciones de policía; contacto armado; emboscada; hostigamiento; incidentes MAP; puentes y vías destruidas, y retenes ilegales.
- Subíndice otros: artefactos explosivos desactivados o incautados; informes de riesgo y notas de seguimiento.
- Subíndice presencia: hectáreas sembradas en coca y presencia de hombres de las Bacrim, FARC y 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: 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 (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de los cultivos hortofrutícolas.

Se calcula como el valor absoluto de IC = (I-MÍN)/(MÁX-MÍN)
Donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.
MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

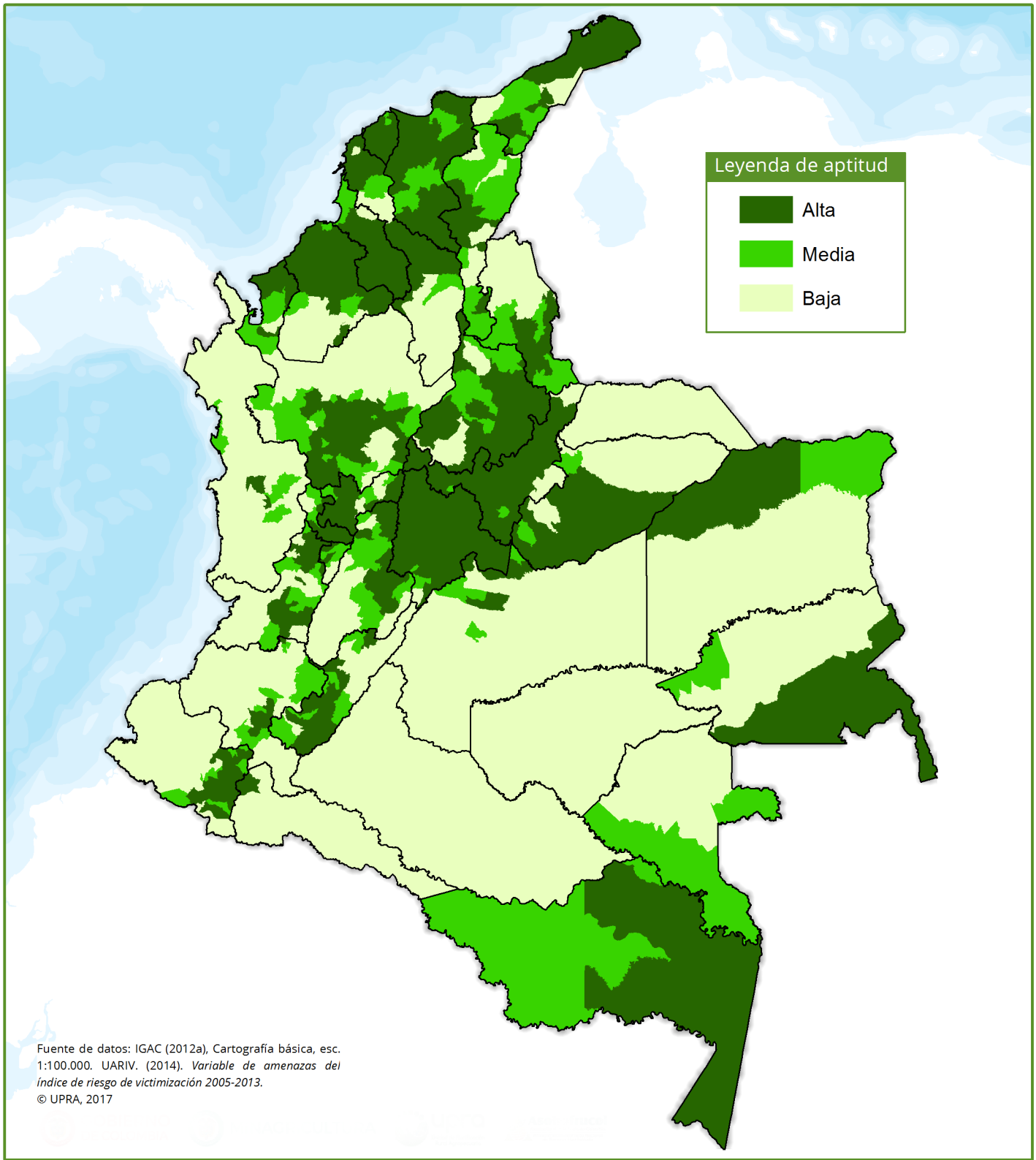
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

De acuerdo con la clasificación de los municipios por el índice de riesgo de amenazas, estos se agrupan dentro de las categorías de aptitud competitiva, así: bajo y medio bajo (A1), medio (A2) y alto y medio alto (A3).

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.* Bogotá: UARIV.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC (2012a), Cartografía básica, esc. 1:100.000. UARIV. (2014). *Variable de amenazas del índice de riesgo de victimización 2005-2013.*

© UPRA, 2017

Criterio seguridad ciudadana

Variable índice de riesgo de amenazas

3.7. Criterio institucionalidad y asociatividad

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: institucionalidad y asociatividad		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Índice de desempeño fiscal, expresado como índice. • Programas y servicios que ofrece el SENA, expresado como tiempo de desplazamiento en horas. • Predios certificados BPA por el ICA, expresado como número de predios certificados. • Programas o servicios ofrecidos por Corpoica, expresado como tiempo de desplazamiento en horas. • Organizaciones gremiales o de base del sector, expresado como número de organizaciones. • Extensión y asistencia técnica sectorial, expresado como tiempo de desplazamiento en horas		

Definición

Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del subsector de la fresa.

Caracteriza la presencia institucional del Estado y los gremios, porque su apoyo a los procesos productivos y comerciales se constituye en un elemento central para la competitividad.

Importancia del criterio

Identifica la oferta institucional de organizaciones cuyas actividades tienen efectos directos sobre el desempeño de la actividad agrícola a nivel local, como el ICA, el SENA y Corpoica, así como indirectos (como la calidad del gasto público local) los 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 y productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector de la producción de fresa en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional y la organización de los agricultores favorecen el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario, formación técnica y tecnológica y fortalecimiento organizacional del sector. En un municipio, 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.

Los municipios con presencia institucional, o con una sede institucional cercana, tienen mayores posibilidades de que exista una mejor oferta, por lo cual se consideran más competitivos.

Limitantes de la evaluación del criterio

El análisis de presencia o ausencia de instituciones en un municipio debe ser complementado con la calidad de sus intervenciones; la sola presencia no garantiza procesos que agreguen valor a la actividad agrícola.

La información utilizada para la variable 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. Estos municipios se agrupan en la categoría de aptitud marginal (A3), en consideración a su baja actividad fiscal en relación con 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. Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

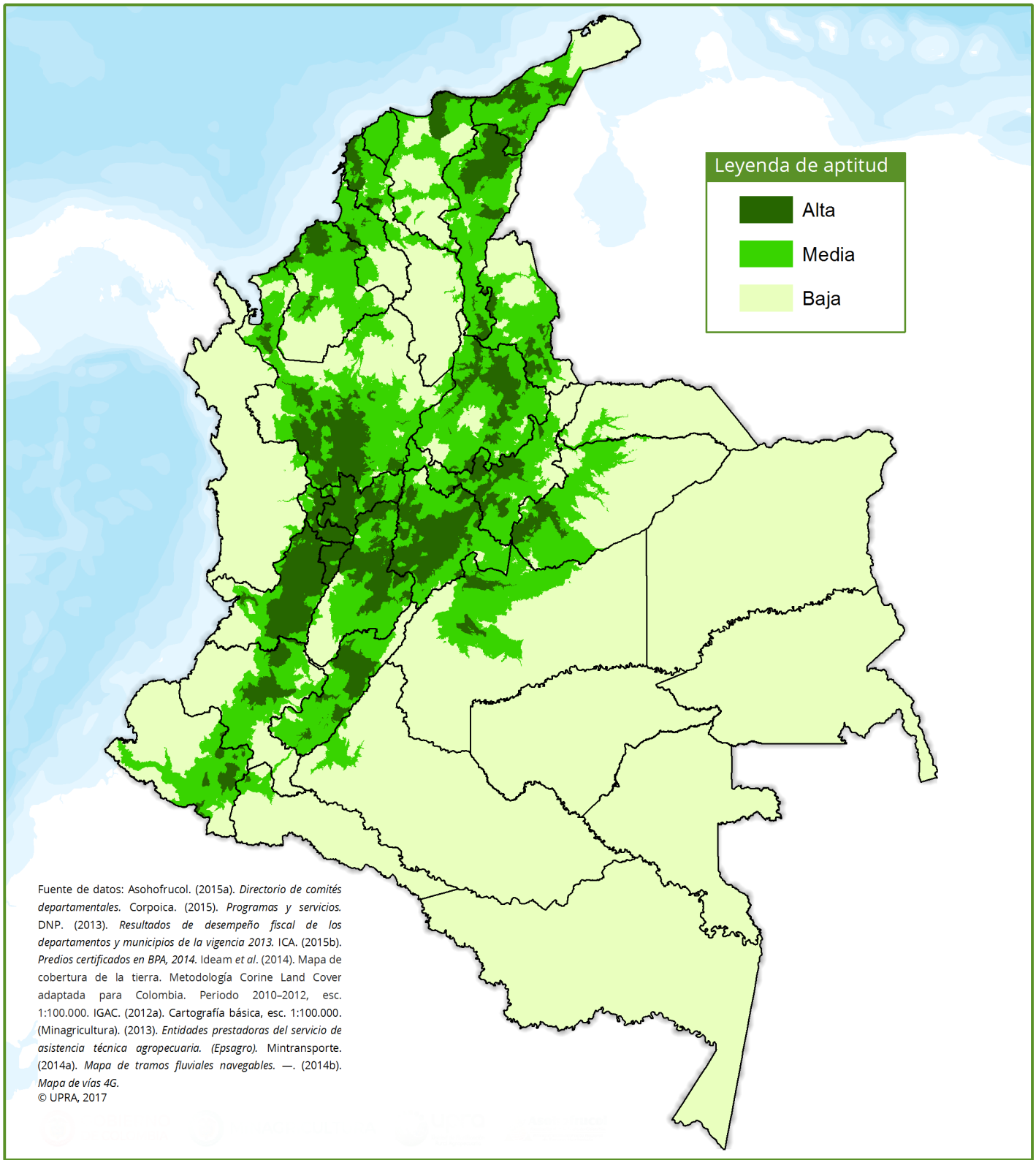
Mediante un árbol de decisión, se suman los valores asignados a las categorías de aptitud. Los resultados de esta suma se agrupan en tres categorías de aptitud competitiva para el criterio, así:

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 ≥ 0,655	0,476 ≤ IC < 0,655	IC < 0,476
	Índice	≥ 70,02 - ≤ 90,73	≥ 60,00 - < 70,02	≥ 33,23 - < 60,00
Programas y servicios que ofrece el SENA	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Predios certificados BPA por el ICA	Número de predios certificados	Municipios ≥ 5 predios certificados	Municipios entre 1 y 5 predios certificados	Municipios sin predios certificados
Programas o servicios ofrecidos por Corpoica	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Extensión y asistencia técnica sectorial	Horas	Municipios ≤ 2 horas	Municipios entre 2 y 4 horas	Municipios > 4 horas
Organizaciones gremiales o de base del sector	Presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	Con presencia	-	Sin presencia

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: Asohofrucol. (2015a). *Directorio de comités departamentales.* Corpoica. (2015). *Programas y servicios.* DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013.* ICA. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.* Ideam *et al*. (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. (Minagricultura). (2013). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria. (Epsagro).* Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad

Fuentes de información

- Corpoica. (2015). *Programas y servicios.* Bogotá: Corpoica.
- DNP. (2015b). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005.* Bogotá: DNP.
- ICA. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.* Bogotá: ICA.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Minstransporte.
- —. (2014b). *Mapa de vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2015a). *Programas y servicios.* Bogotá: SENA.
- —. (2011). *Cifras IDM por municipio y departamento.* Bogotá: SENA.

3.7.1. Variable índice de desempeño fiscal

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: índice de desempeño fiscal	Unidad de medida: A. Índice de competitividad (IC) B. Índice de desempeño fiscal	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Medición global del resultado fiscal anual alcanzado por cada municipio, a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y la capacidad de ahorro.

El DNP (2013) define los siguientes indicadores:

Autofinanciación de los gastos de funcionamiento: mide la proporción de los recursos de libre destinación asignados al pago de nómina y gastos generales de operación de la administración central de los municipios.

Respaldo del servicio de la deuda: es la proporción de los ingresos disponibles que están respaldando el servicio de la deuda.

Dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR): mide la importancia de estos recursos en relación con el total de fuentes de financiación del municipio.

Generación de recursos propios: refleja el peso relativo de los ingresos tributarios en el total de ingresos corrientes; 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.

Existe una relación directa entre el desempeño fiscal y la aptitud competitiva del municipio. Los 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Índice de competitividad (IC)	Aptitud
Índice	
IC ≥ 0,655	A1
≥ 70,02 - ≤ 90,73	
IC > 0,476 - < 0,655	A2
≥ 60,00 - < 70,02	
IC ≤ 0,476	A3
≥ 33,23 - < 60,00	

En consideración a los estadígrafos de la variable para el periodo de análisis 2009-2013, de 1101 municipios evaluados, el 21 % se clasifican como solventes y sostenibles; el 62 %, vulnerables, y el 17 %, en deterioro y riesgo.

En la primera categoría se encuentran Rionegro (Antioquia), Monterrey (Casanare) y Nobsa (Boyacá); en la segunda categoría se presentan Zetaquira (Boyacá), Pacho (Cundinamarca) y Santo Domingo (Antioquia); y en la tercera categoría son ejemplo Contadero (Nariño), Río Iró (Chocó) y Albania (Caquetá).

Limitantes de la evaluación de la variable

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable. Ellos se agrupan en la categoría baja (A3), en consideración a su baja actividad fiscal en relación con los recursos del sistema general de participaciones del país. No existen estadísticas más recientes que permitan vislumbrar la evolución del desempeño fiscal de los municipios.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

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

2. Precisiones de la información

El índice de desempeño fiscal (IDF) expresa el estado actual de los municipios con relación a la responsabilidad en el manejo de las decisiones financieras. Este indicador clasifica los municipios según su nivel de desempeño, así: solvente, IDF mayor o igual a 80; sostenible, IDF mayor o igual a 70 y menor a 80; vulnerable, IDF mayor o igual a 60 y menor a 70; riesgo, IDF mayor o igual a 40 y menor a 60; y deterioro, IDF menor a 40.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se calcula el promedio anual del índice de desempeño fiscal por municipio para el periodo 2009-2013.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos

El índice de competitividad (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de IC = (I-MÍN)/(MÁX-MÍN)
Donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.
MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

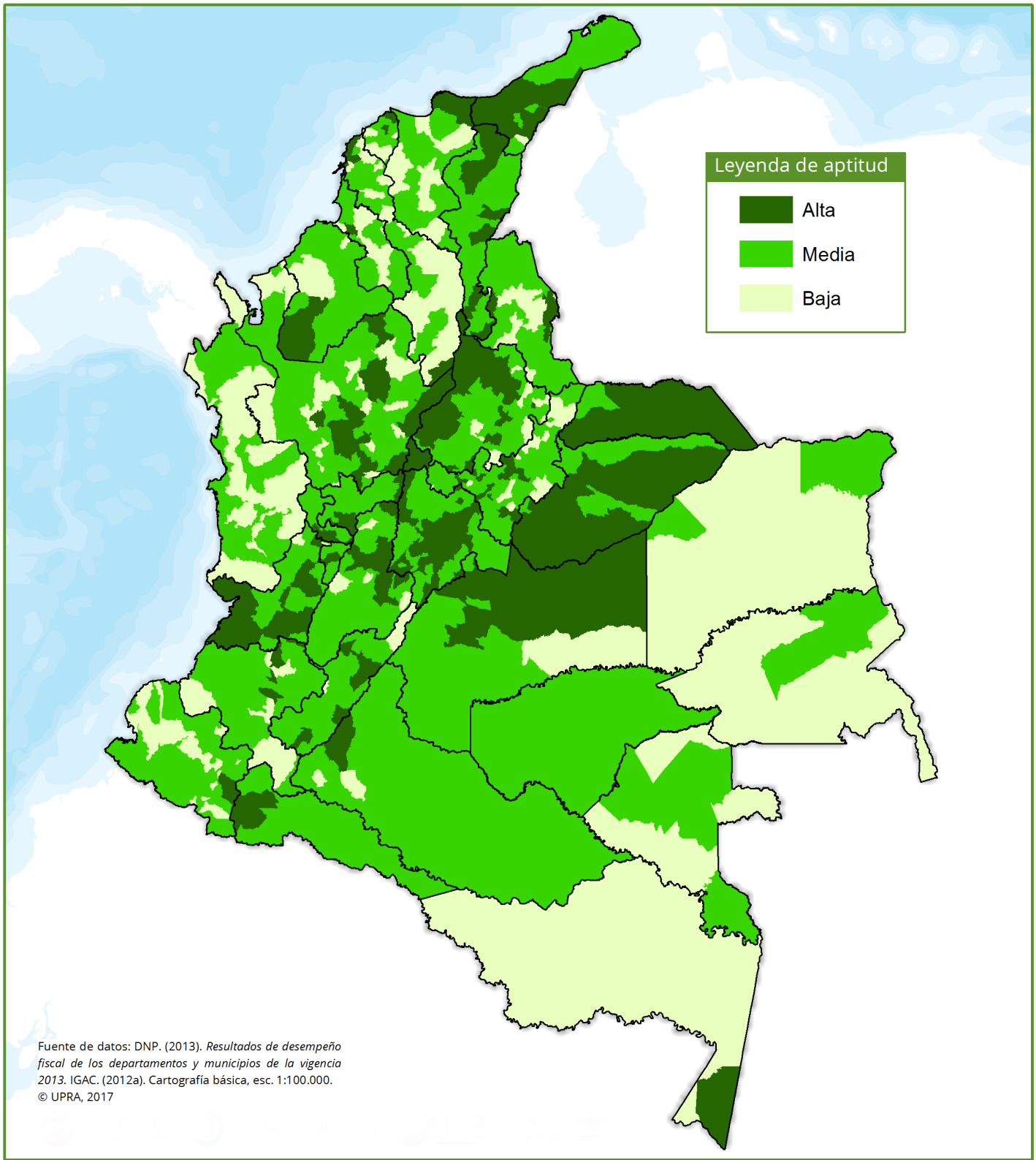
5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el índice de desempeño fiscal (IDF), estos se agrupan dentro de las categorías de aptitud competitiva, así: aptitud alta (A1): solvente y sostenible; aptitud media (A2), vulnerable; y aptitud baja (A3), deterioro y riesgo.

Fuentes de información

- DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*. Bogotá: DNP.
- IGAC. (2012a). 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. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable índice de desempeño fiscal

3.7.2. Variable programas y servicios que ofrece el SENA

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
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	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde un sitio en el territorio, el centro más cercano del 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 (isocronas) hasta la sede del SENA más cercana que ofrezca 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 y apoyo empresas agrícolas.

Importancia de la variable

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 en buen estado, los tiempos de recorrido hasta el SENA serán menores; por consiguiente, los municipios serán más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) y se tiene en cuenta el tiempo de desplazamiento hasta la sede del SENA más cercana, así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4 horas	A3

Se observa que la zona central del país tiene una mayor aptitud competitiva (A1), al igual que la zona de influencia de las capitales de la costa atlántica. La región pacífica, los Llanos Orientales y la Amazonia son los que presentan menor aptitud (A3).

Limitantes de la evaluación de la variable

La zonificación de esta variable depende de los programas específicos que ofrece el SENA en el municipio relacionado con el cultivo; el análisis es de corte temporal, que muestra los programas de la entidad a 2016.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Para la espacialización se toma como referente la existencia de centros de formación del SENA en los municipios con programas específicos en servicios especializados como: jóvenes rurales emprendedores, escuelas líderes, Cedagro-SER, SENA emprende rural, modelos y sistemas de producción agrícola enmarcados en BPA, técnicas en procedimientos 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 y apoyo empresas agrícolas.

2. Precisiones de la información

Municipios con sede del SENA que ofrecen programas y servicios.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

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 en horas hasta los centros del SENA, que tienen los programas y servicios específicos. Se establecen tres categorías de aptitud competitiva: las áreas geográficas de los municipios con centros de formación SENA que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo se consideran con aptitud alta (A1); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de los centros de formación del SENA se clasifican en aptitud

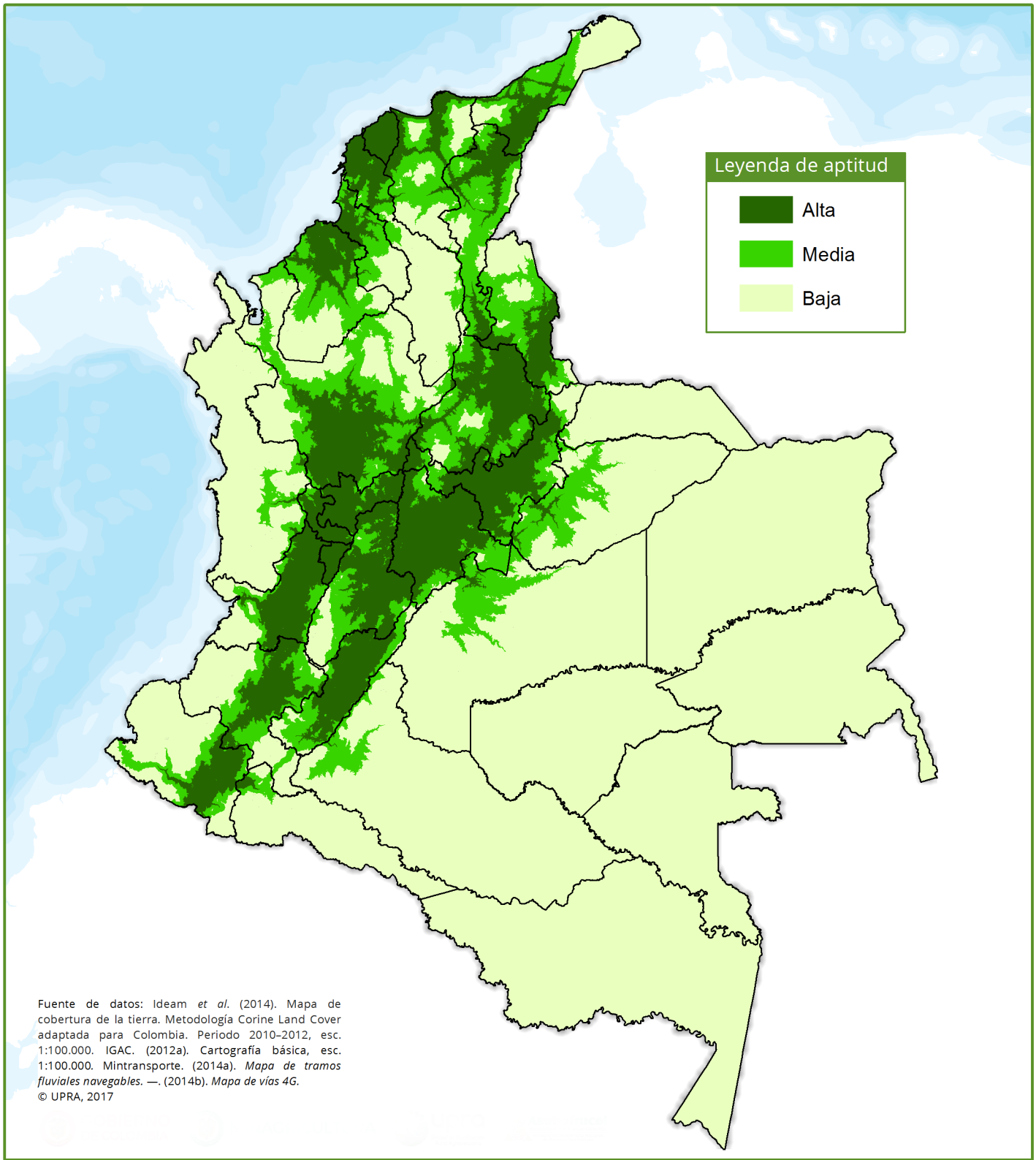
media (A2); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de los centros de formación del SENA se clasifican en aptitud baja (A3). Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de formación SENA, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

Fuentes de información

- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintrabajo. (2015). *SENA Regionales y Centros de Formación.* Bogotá: Mintrabajo.
- —. (2016). *SENA Regionales y Centros de Formación.* Recuperado de: <www.sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/Paginas/Regionales-y-Centros-de-Formacion.aspx>. Bogotá: Mintrabajo.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Minstransporte.
- —. (2014b). *Mapa de vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2013). *Objetivos y funciones.* Bogotá: SENA. Recuperado de: <http://www.sena.edu.co/acerca-del-sena/quienes-somos/Paginas/Objetivos-y-Funciones.aspx>.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam *et al.* (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*
© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable programas y servicios ofrecidos por el SENA

3.7.3. Variable predios certificados BPA por el ICA

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: predios certificados BPA por el ICA	Unidad de medida: número de predios certificados	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Número de predios certificados en buenas prácticas agrícolas BPA por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), cuyos objetivos son mejorar la inocuidad de los alimentos, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de los agricultores y sus familias.

Área de influencia: zona geográfica hasta donde se manifiesta el accionar de la institución.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional de asesoría, control y manejo fitosanitario, para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agropecuaria. El control y manejo de plagas ayuda a reducir las pérdidas en la producción del cultivo comercial de la fresa y, a su vez, al promover buenas prácticas agropecuarias genera un nivel de certificación que abre las puertas a mercados internacionales que exigen este tipo de requisitos.

Los municipios con presencia de sedes del ICA tienen mayor probabilidad de brindar acceso a asesoría técnica fitosanitaria a quienes participan en el desarrollo de la cadena productiva de la fresa y, por lo tanto, se consideran más competitivos.

Los productores con posibilidades de acceso a la asesoría para el manejo y control fitosanitario de sus cultivos pueden obtener mayores productividades, lo cual se traduce en un cultivo más competitivo.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1) media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables.

Número de predios certificados	Aptitud
Municipios ≥ 5 predios	A1
Municipios entre 1 y 5 predios	A2
Municipios sin predios certificados	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

ICA. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.*

2. Precisión de la información

Para la espacialización se toma como referente la existencia de predios certificados en BPA por ICA en los municipios.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

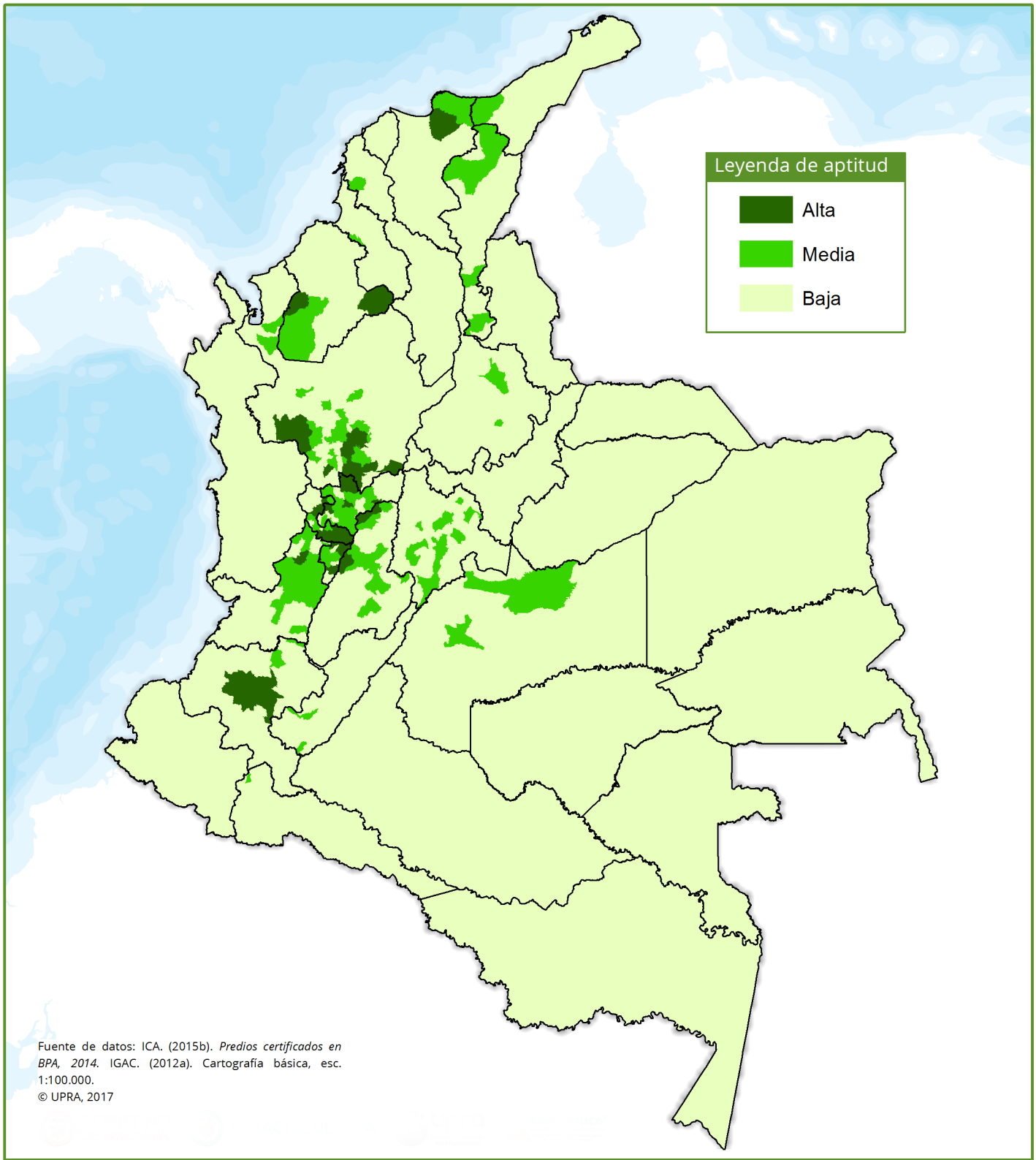
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen en tres categorías de aptitud competitiva: los municipios con cinco o más predios certificados BPA del ICA se clasifican en aptitud alta (A1); los municipios que tienen entre uno y cinco predios certificados BPA del ICA, en aptitud media (A2); y los municipios sin predios certificados en BPA por el ICA, en aptitud baja (A3).

Fuentes de información

- ICA. (2015b). *Predios certificados BPA del ICA, 2014.* Bogotá: ICA.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: ICA. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable predios certificados BPA por el ICA

3.7.4. Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: programas o servicios ofrecidos por Corpoica	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Facilidad con la que se puede alcanzar un centro de investigación Corpoica que ofrezca servicios, apoyo o formación en técnicas y procesos productivos y que intervenga directamente con la producción agrícola en la cadena hortofrutícola desde otros puntos en el territorio. Sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de Corpoica que ofrecen estos programas específicos.

Importancia de la variable

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 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.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para las variables y se tiene en cuenta la distancia al centro de Corpoica más cercano, así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4 horas	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
Corpoica. (2015). *Programas y servicios.*
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones de la información

Para la espacialización se toma como referente la existencia de centros de investigación y sedes de Corpoica en los municipios que tengan programas específicos, en particular, donde existe 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 empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

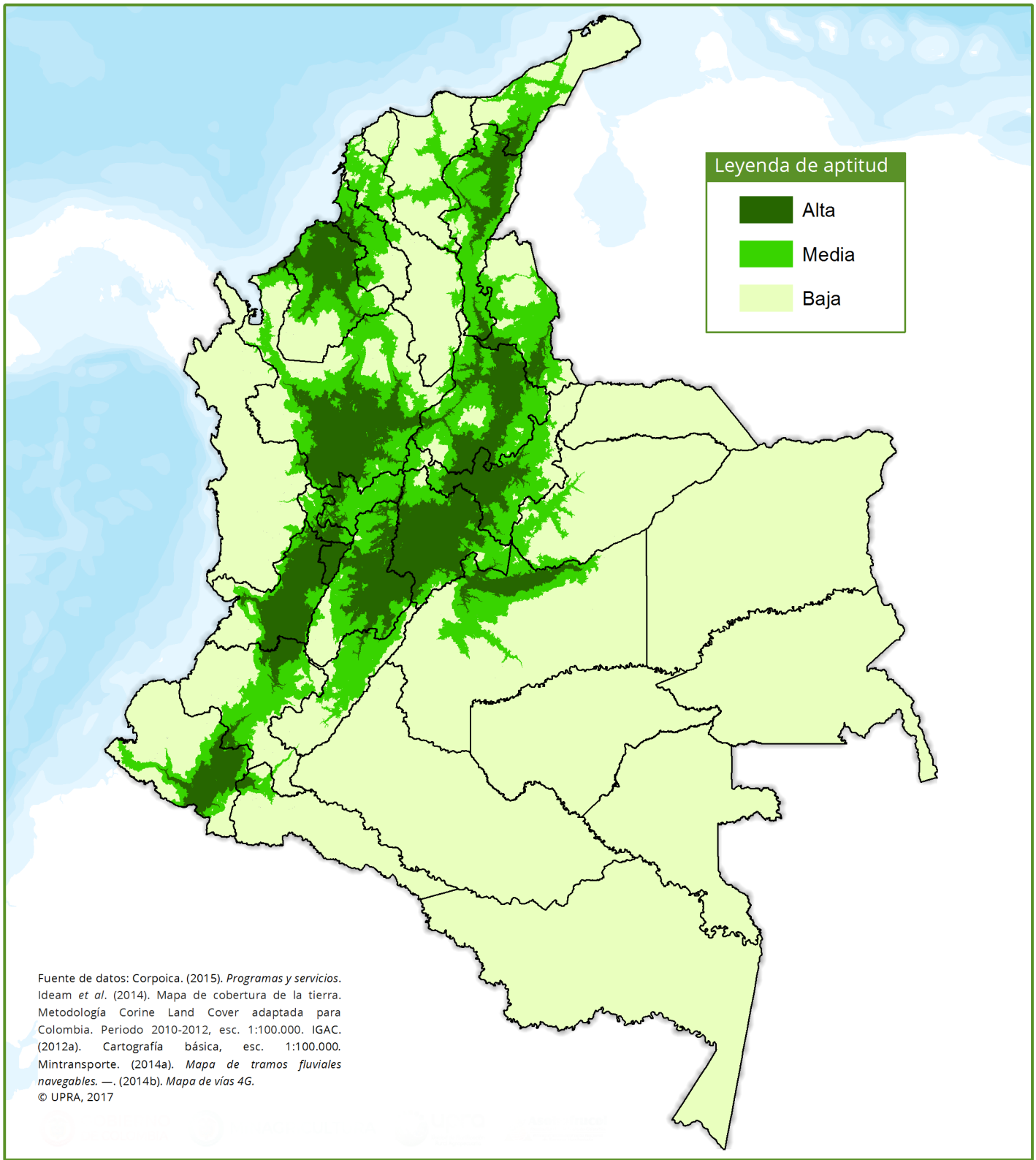
4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros de investigación Corpoica. Se establecen tres categorías de aptitud competitiva: las áreas geográficas de los municipios con centros de investigación Corpoica que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo, se consideran con aptitud alta (A1); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de los centros de investigación Corpoica se clasifican en aptitud media (A2); y las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de los centros de investigación Corpoica se clasifican 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.*Bogotá: Corpoica.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Mapas vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Corpoica. (2015). *Programas y servicios*. Ideam *et al*. (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010-2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables*. —. (2014b). *Mapa de vías 4G*.
© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad
Variable programas o servicios ofrecidos por Corpoica

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: extensión y asistencia técnica sectorial	Unidad de medida: tiempo de desplazamiento en horas	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

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. El término sectorial está referido, tanto al sector agropecuario en general, como al sector de fresa en particular.

Importancia de la variable

Incide en la percepción de los agentes económicos en relación con 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 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 adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable y se tiene en cuenta la distancia en horas a los servicios de extensión y asistencia técnica, así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
Municipios ≤ 2 horas	A1
Municipios entre 2 y 4 horas	A2
Municipios > 4 horas	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La información empleada está basada en las asociaciones que se encuentran referidas en el Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola, y se considera que dichas organizaciones cuentan con un ingeniero agrónomo, como mínimo, que ofrece la asistencia técnica especializada.

Para la espacialización no se tienen en cuenta las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (Umata), o sus equivalentes en los municipios, cuya función es prestar asistencia técnica agropecuaria directa y gratuita a los pequeños productores, debido a que están presentes en todos los municipios del país.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Asohofrucol. (2015b). *Asociaciones inscritas.*
IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
Mintransporte. (2014d). *Tramos red vial nacional.*

2. Precisiones de la información

Para la espacialización se toma como referente la existencia de las asociaciones inscritas en el Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad, y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento en horas hasta las asociaciones. Se definen tres categorías de aptitud competitiva: las áreas geográficas de los municipios con asociaciones que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo se consideran con aptitud alta (A1); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de dos y hasta cuatro horas de las asociaciones se clasifican en aptitud media (A2); las áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia de las asociaciones se clasifican 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.

4. Precisión de la información

Para medir la presencia de organizaciones de extensión y asistencia técnica, se tienen en cuenta los directorios o registros continuos del Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola de Asohofrucol.

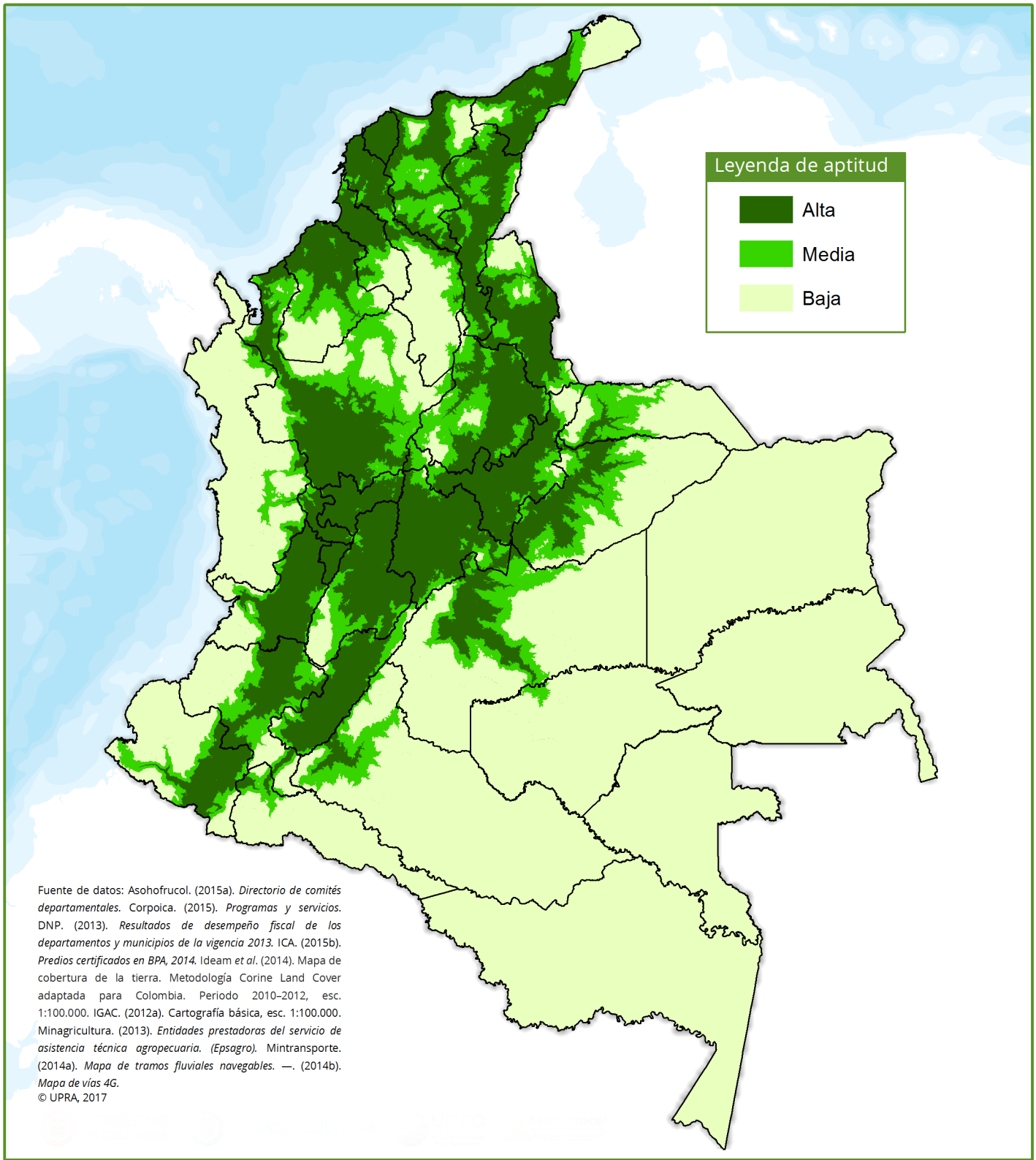
Hay más de 273 municipios con mínimo una asociación y una amplia cobertura a nivel nacional.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015b). *Asociaciones inscritas.* Bogotá: Asohofrucol.
- Ideam. (2013). *Mapa Nacional de cobertura de la tierra.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2015). *Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria.* Bogotá: Minagricultura.
- Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: Mintransporte.
- —. (2014b). *Mapa vías 4G.* Bogotá: Mintransporte.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Asohofrucol. (2015a). *Directorio de comités departamentales.* Corpoica. (2015). *Programas y servicios.* DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013.* ICA. (2015b). *Predios certificados en BPA, 2014.* Ideam *et al*. (2014). Mapa de cobertura de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010–2012, esc. 1:100.000. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minagricultura. (2013). *Entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica agropecuaria. (Epsagro).* Mintransporte. (2014a). *Mapa de tramos fluviales navegables.* —. (2014b). *Mapa de vías 4G.*

© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable extensión y asistencia técnica sectorial

3.7.6. Variable organizaciones gremiales o de base del sector

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: institucionalidad y asociatividad		
Variable: organizaciones gremiales o de base del sector	Unidad de medida: presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Sedes de Asohofrucol que tienen presencia en los municipios.

Importancia de la variable

La presencia gremial indica el nivel de asociatividad y representatividad regional de los productores frente a los lineamientos de política sectorial expedidos por el Gobierno Nacional.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable y se tiene en cuenta la presencia de la organización gremial en el municipio, así:

Presencia de organizaciones gremiales o de base en el municipio	Aptitud
Con presencia gremial	A1
Sin presencia gremial	A3

Limitantes de la evaluación de la variable

La información podría estar desactualizada y algunas de las organizaciones pueden haberse desintegrado o estar inactivas.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

Asohofrucol. (2015c). *Base de datos sedes Asohofrucol en Colombia.*

2. Precisiones de la información

Se consultan los municipios que tienen regionales de Asohofrucol.

3. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

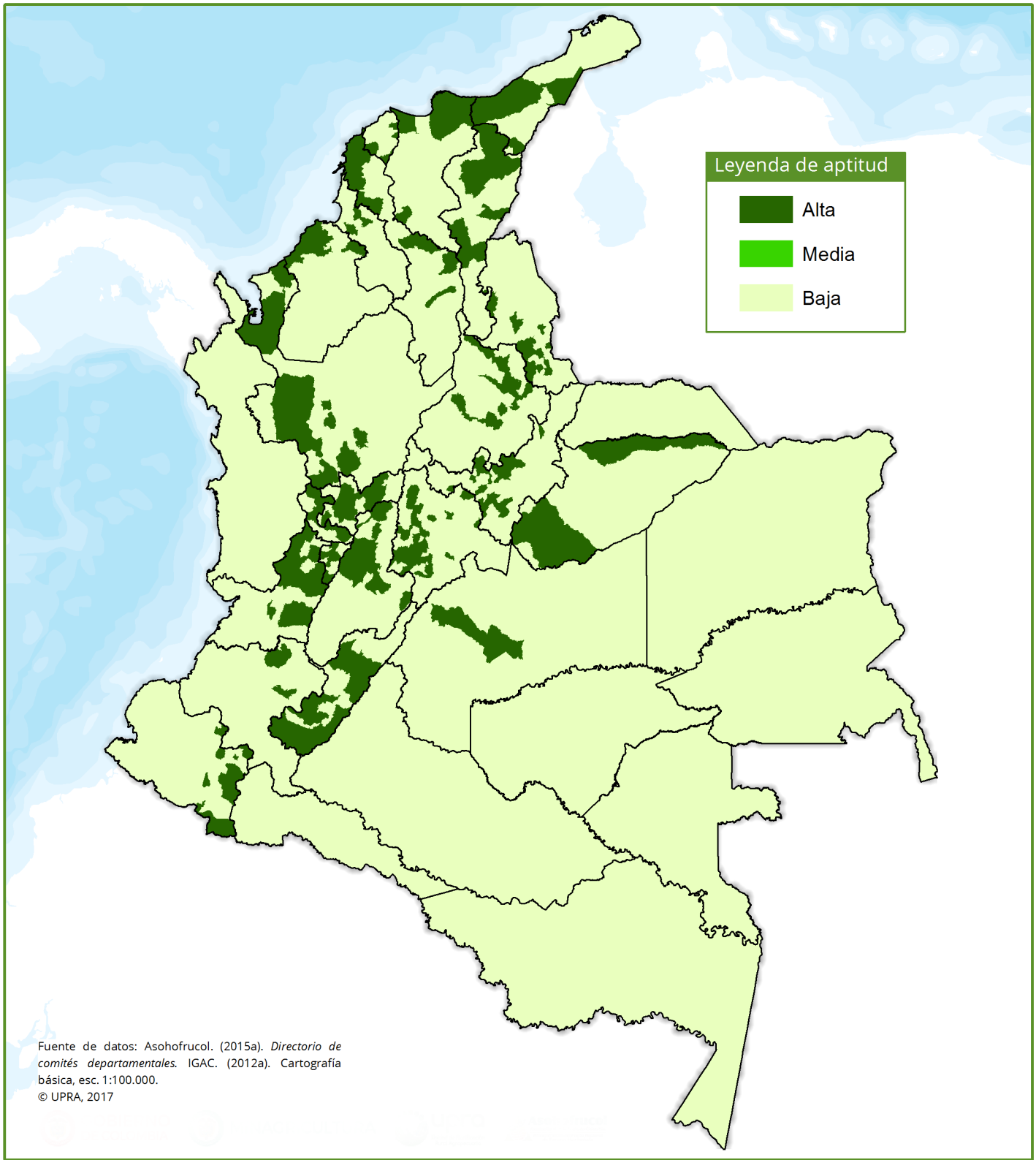
Municipios con presencia regional de Asohofrucol.

Fuentes de información

- Asohofrucol. (2015c). *Base de datos sedes Asohofrucol en Colombia*. Bogotá: Asohofrucol.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Asohofrucol. (2015a). *Directorio de comités departamentales.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.

© UPRA, 2017

Criterio institucionalidad y asociatividad

Variable organizaciones gremiales o de base del sector

3.8. Criterio bienestar económico

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio: bienestar económico		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
Variables asociadas al criterio		
• Índice de pobreza multidimensional (IPM), expresado como índice.		

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 consiguiente, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Existe una relación directa entre un mayor desarrollo humano en un municipio y la aptitud competitiva del mismo.

Limitantes de la evaluación del criterio

La aproximación a las condiciones de vida se hace a partir del IPM municipal, calculado por el DNP con base en la información del censo general de población y vivienda de 2005; dicho censo presenta omisiones censales superiores al 20 % en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE, con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Valor de ponderación del criterio: 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

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable que compone el criterio, así:

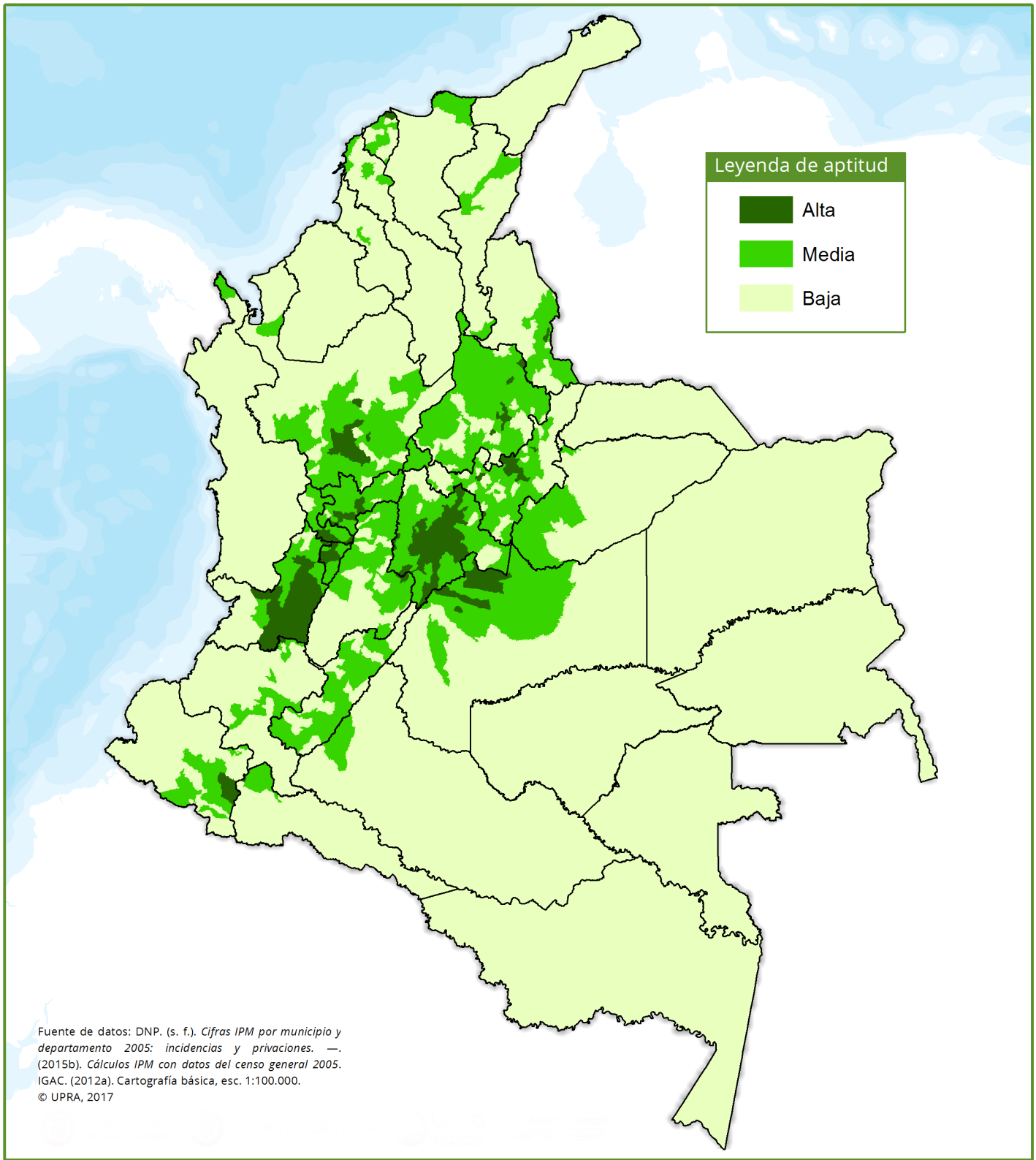
Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		A1	A2	A3
Índice de pobreza multidimensional (IPM)	Índice de pobreza multidimensional (IPM)	< 64	Entre 64 y 83	> 83
	Índice de competitividad (IC)	IC > 0,46731	IC entre 0,22069 y 0,46731	IC < 0,22069

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* Bogotá: DNP.
- —. (2015b). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005.* Bogotá: DNP.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: DNP. (s. f.). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* —. (2015b). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio bienestar económico

3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de índice de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioeconómico		
Criterio asociado: bienestar económico		
Variable: índice de pobreza multidimensional (IPM)	Unidad de medida: A. Índice B. IC	
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	✓
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres (DNP, 2010).

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

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.

El IPM es inverso a la aptitud competitiva del municipio. Municipios con mayores IPM reflejan una menor incidencia de la competitividad de los procesos productivos desarrollados en el pasado.

Valor de exclusión o rango de evaluación aplicado

Los rangos adoptados para la espacialización se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hay valor de exclusión (N1) para la variable.

Índice de competitividad (IC)	Aptitud
Índice	
< 64	A1
IC > 0,46731	
Entre 64 y 83	A2
IC entre 0,22069 y 0,46731	
> 83	A3
IC < 0,22069	

Limitantes de la evaluación de la variable

El IPM municipal lo calcula el DNP con base en la información del censo general de población y vivienda de 2005.

El censo general de 2005 presenta omisiones censales superiores al 20 % en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE, con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

Metodología de procesamiento de la información

1. Información

DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.*

2. Precisiones de la información

El procedimiento y la competencia para calcular el IPM en Colombia se define y asigna mediante el documento CONPES 150, de mayo 28 de 2012.

Las 15 variables incorporadas en el cálculo del indicador son: bajo logro educativo, analfabetismo, inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, tasa de dependencia económica, empleo informal, sin aseguramiento en salud, barreras de acceso a servicio de salud, sin acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, pisos inadecuados, paredes exteriores inadecuadas y hacinamiento crítico.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Los datos de incidencia de la pobreza 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 (IC) es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de IC = (I-MÍN)/(MÁX-MÍN)

Donde:

I: valor de la variable en el municipio objeto del IC.
MÍN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.
MÁX: valor máximo existente de la variable en los municipios del país.

El IC, para esta variable en cualquier municipio, toma valores entre 0 y 1.

5. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva

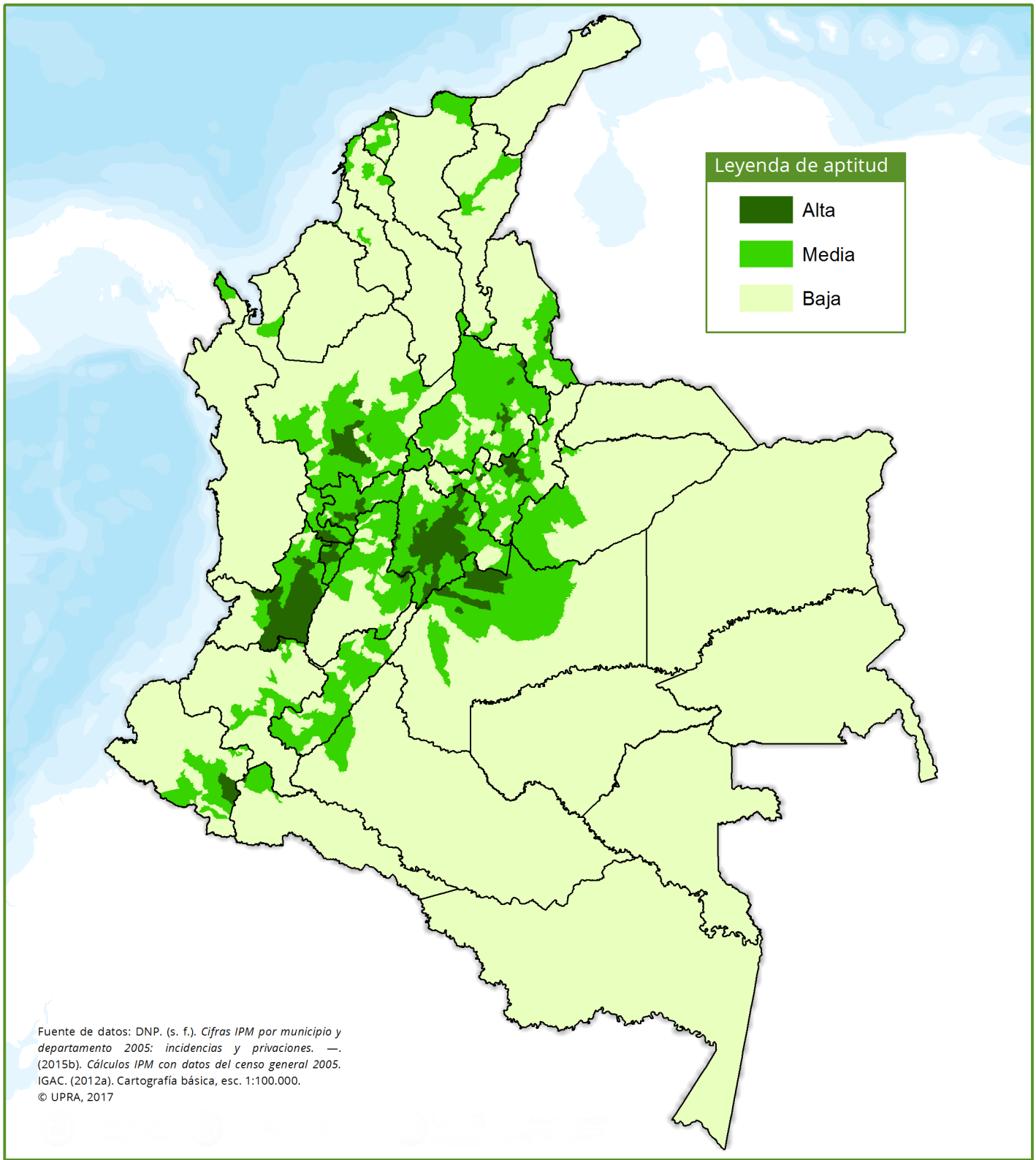
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de los datos del IPM. Se analiza la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calcula la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia.

Fuentes de información

- DNP. (2010). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* Bogotá: DNP.
- —. (2015b). *Cálculos IPM con datos del Censo General 2005.* Bogotá: DNP.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: DNP. (s. f.). *Cifras IPM por municipio y departamento 2005: incidencias y privaciones.* —. (2015b). *Cálculos IPM con datos del censo general 2005.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
© UPRA, 2017

Criterio bienestar económico
Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

4. Criterios y variables de exclusiones técnicas

4.1 Criterio exclusiones técnicas

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: exclusiones técnicas		
Tipo de criterio asociado	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	
Variables asociadas al criterio		
• Deforestación a partir de 2010.		

Definición

Esta exclusión técnica involucra aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después de 2010, áreas que fueron identificadas por medio del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Ideam, 2010a). 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, 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, s.f.).
- «REDD+: 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 donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en este ecosistema estratégico y por tanto no debe ser permitida, 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 a 2010 se espacializa a partir del «Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental), escala fina LANDSAT, periodo 2010-2012». (Ideam, 2014i).

Rangos para la asignación de valores de aptitud

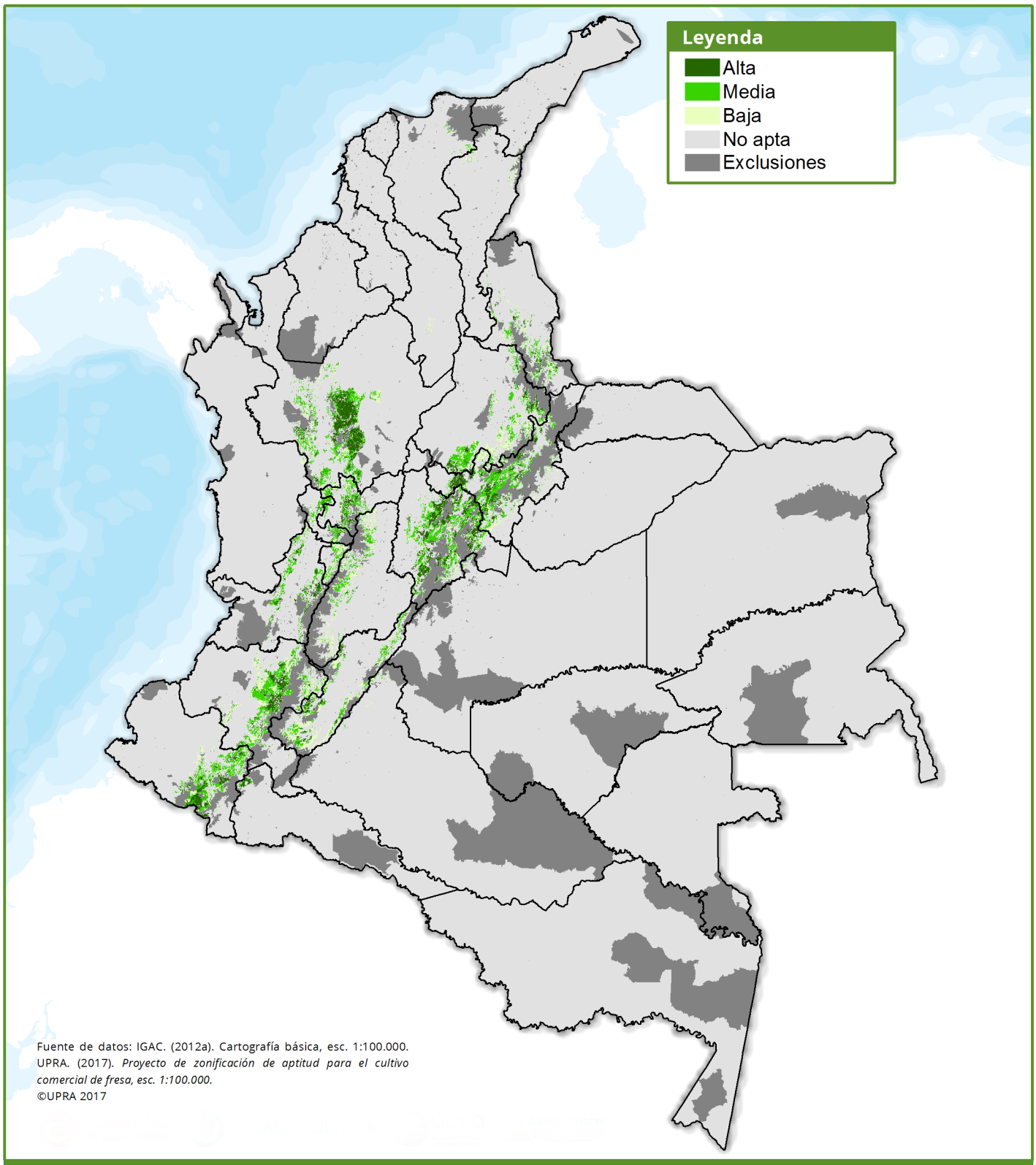
No aplica.

Fuentes de información

- Ideam. (2011b). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional: escalas gruesa y fina.* Bogotá: Ideam.
- —. (2014i). *Mapa de cambio de bosque Colombia (área continental), escala fina LANDSAT, periodo 2010-2012.*Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- MADS. (s. f.). *Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono* (ECDBC).
- —. (s. f.). *REDD+: estrategia nacional para la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo.*

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
UPRA. (2017). *Proyecto de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa, esc. 1:100.000.*
©UPRA 2017

Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fresa, esc. 1:100.000

4.2 Criterio exclusiones legales

Ficha metodológica de criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: exclusiones legales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓
Variables asociadas al criterio		
• Ecosistemas estratégicos (páramos). • Áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras). • Áreas urbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales). • Áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos).		

Definición

Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agrícolas productivas. Las siguientes zonas son excluidas del proceso de zonificación de aptitud: ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras), áreas urbanas (ciudades capitales y cabeceras municipales) y las áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos).

Importancia del criterio

Su análisis permite determinar dónde se puede y dónde no se puede desarrollar actividad productiva agrícola, según 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; así mismo, 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 Ministerios de Ambiente, de Agricultura y de Minas 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).

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, e 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 destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Ciudades capitales y cabeceras municipales: la Ley 388 de 1997 establece los centros urbanos, que son aquellos espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada.

Parques arqueológicos: el Decreto 833 de 2002 establece que el patrimonio arqueológico amerita una primordial protección del Estado tendiente a su conservación, cuidado, rehabilitación, divulgación y a evitar su alto grado de vulnerabilidad, en especial teniendo en consideración que el territorio colombiano en su totalidad comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por 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 consiste en analizar las normas vigentes, revisar las fuentes y, posteriormente, obtener la información cartográfica oficial como insumo para la determinación de zonas aptas.

Rangos para la asignación de valores de aptitud

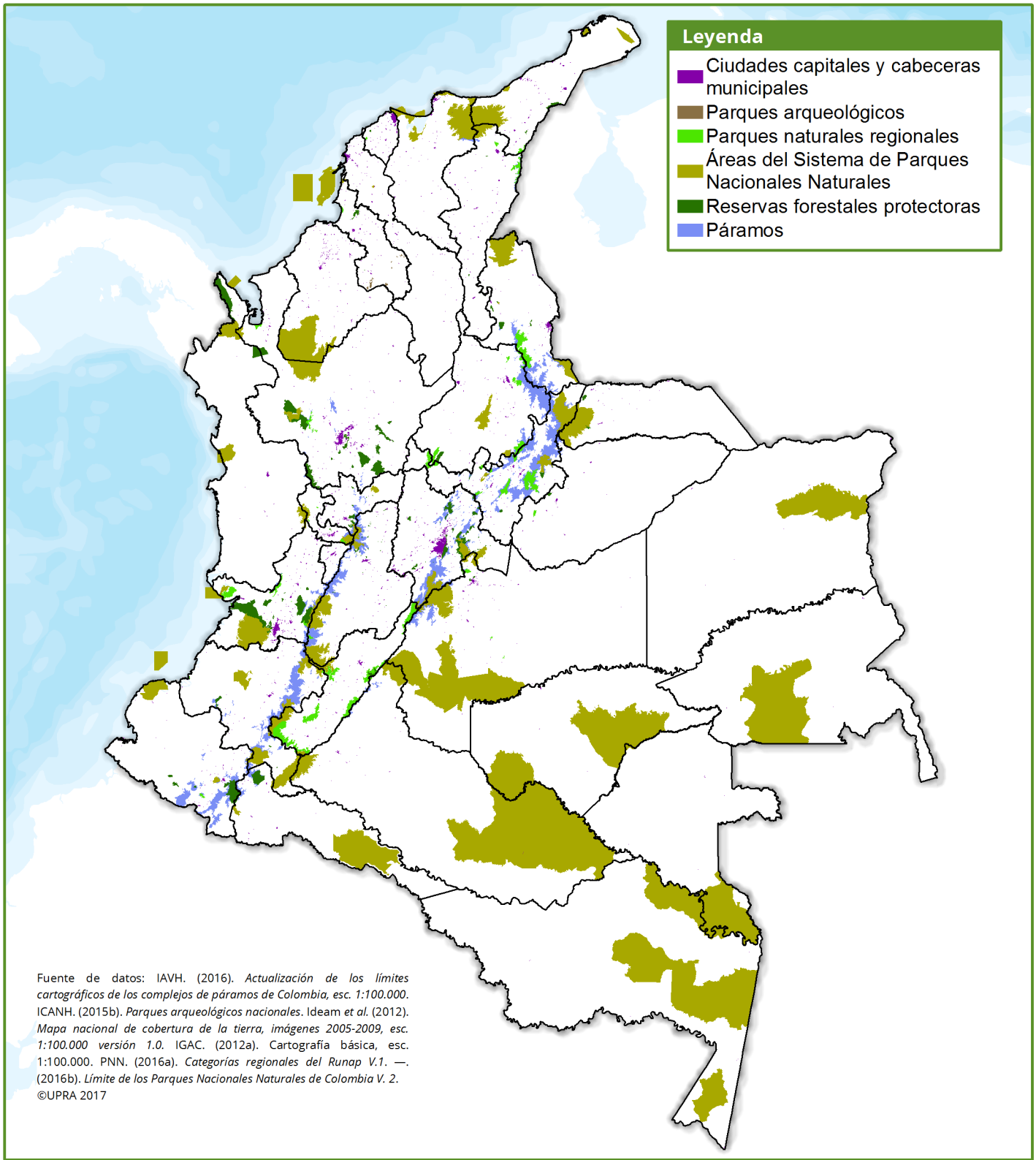
No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IAVH.
- ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos nacionales.* Bogotá: ICANH.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del RUNAP V.1.* Bogotá: PNN.
- —. (2016b). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.* Bogotá: PNN.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, esc. 1:100.000*. ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos nacionales*. Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1*. —. (2016b). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V. 2*.
©UPRA 2017

Exclusiones legales

4.2.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: exclusiones legales		
Variable: ecosistemas estratégicos (páramos)		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

Definición

Los ecosistemas estratégicos tienen 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, por medio de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales, tales como la regulación del clima y de la humedad, la provisión de agua para el abastecimiento de la población, la generación de energía o el riego, el mantenimiento de climas y suelos adecuados para la producción de alimentos y materias primas o el mantenimiento del sistema natural de prevención de desastres o de control de plagas (Márquez, 2003).

La zonificación de aptitud considera los páramos ecosistemas estratégicos, por lo cual estas áreas deberán ser excluidas; las consideraciones legales para la exclusión están dadas por los siguientes instrumentos normativos: en lo referente a los ecosistemas de páramo, el Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de los mismos.

Señala que «el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado que representa la actividad económica al interés público o social que exige la preservación del ambiente». La providencia explicó que los Ministerios de Ambiente, Agricultura y Minas 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 Instituto Alexander von Humboldt, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1).

Importancia de la variable

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa, los ecosistemas estratégicos tienen 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 mediante 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

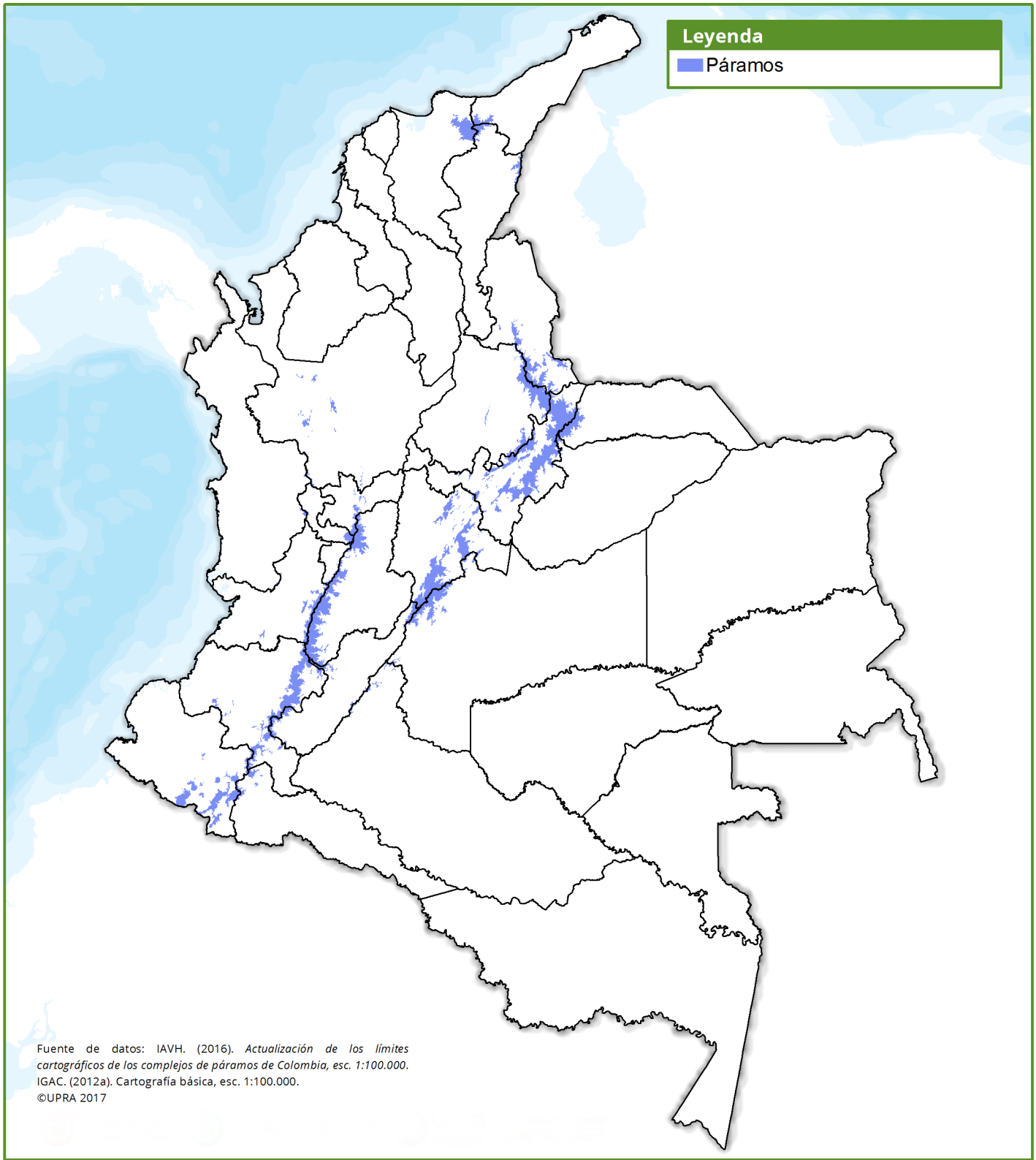
Los páramos delimitados corresponden al complejo de páramos; abarcan grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos que adelanta el MADS con el IAVH.

Fuentes de información

- IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de Páramos de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia.*

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IAVH. (2016). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos de Colombia, esc. 1:100.000.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
©UPRA 2017

Exclusiones legales

Ecosistemas estratégicos

4.2.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: exclusiones legales		
Variable: áreas protegidas		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

Definición

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta exclusión legal corresponden a:

- Sistema de Parques Nacionales Naturales: forma parte del Sinap y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010 que reglamenta el Sinap, que incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y vía parque.
- Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la estructura, 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 fresa, 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.

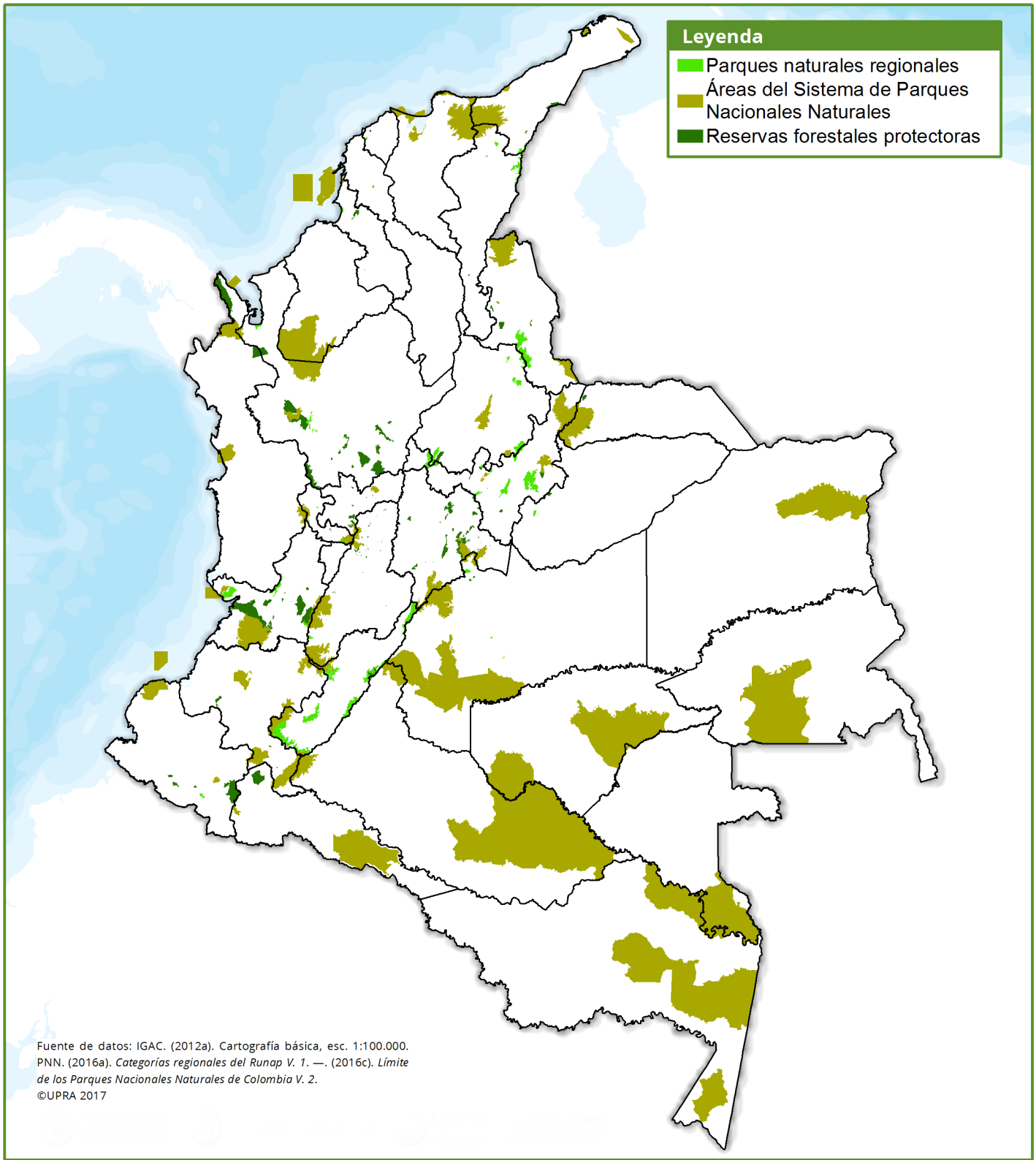
Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

Limitantes de evaluación de la variable

No aplica.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V. 1.* —. (2016c). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V. 2.*
©UPRA 2017

Exclusiones legales
Áreas protegidas

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V.1.*
- —. (2016b). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia. Versión 2 de 2016.*

4.2.3. Variable áreas urbanas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: exclusiones legales		
Variable: áreas urbanas		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

Definición

Esta variable define que las ciudades capitales y las cabeceras municipales son objeto de exclusión en el ejercicio de zonificación de aptitud. Se 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.

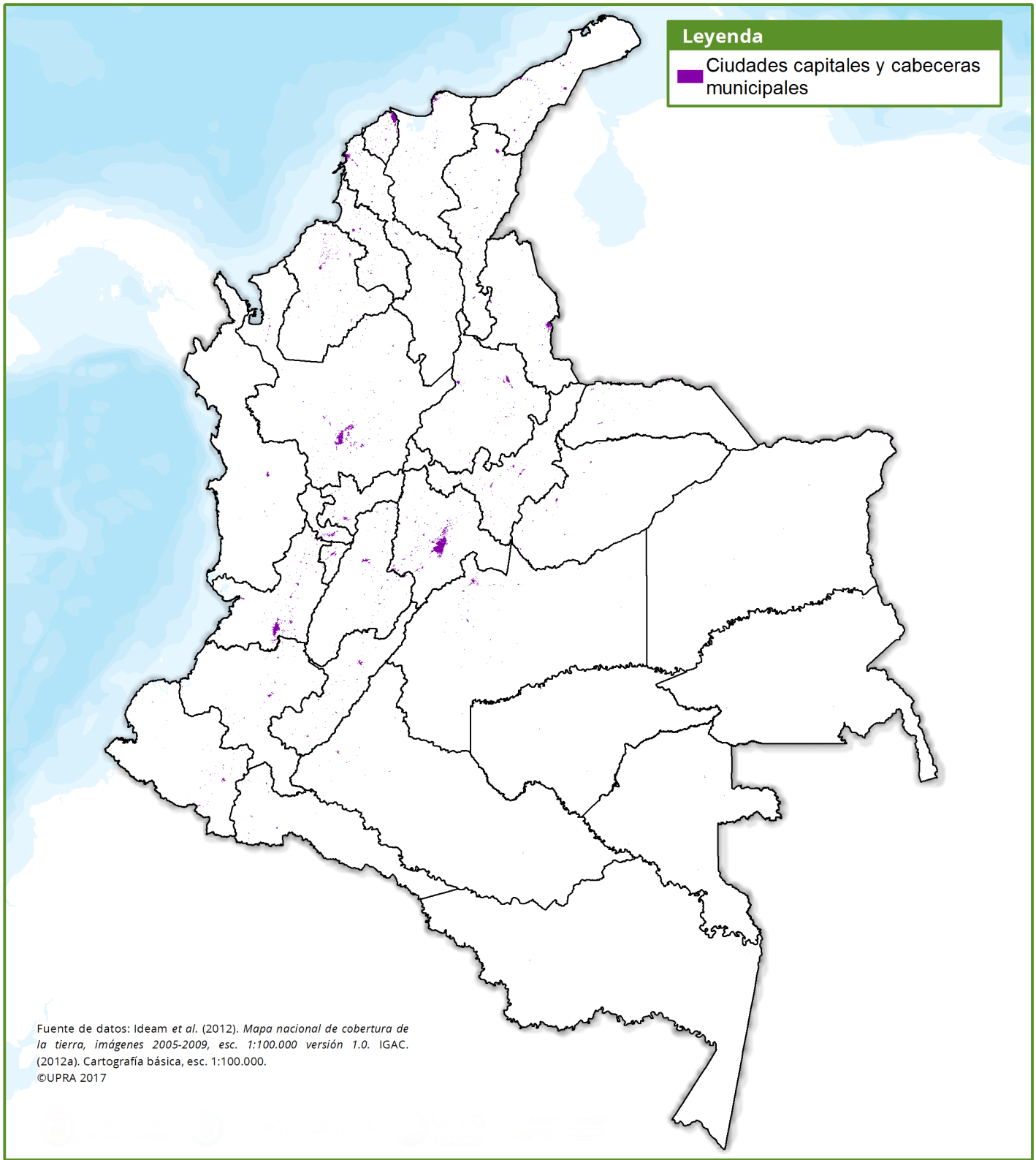
Metodología de procesamiento de la información

Se realiza la espacialización de la información referente a las áreas urbanas, en donde se identifican las ciudades capitales y cabeceras municipales.

Fuentes de información

- Ideam. (2010b). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: Ideam.
- Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000 versión 1.0.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Ideam *et al.* (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, esc. 1:100.000 versión 1.0.* IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
©UPRA 2017

Exclusiones legales

Áreas urbanas y suburbanas

4.2.4. Variable áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: exclusiones legales		
Variable: áreas de protección cultural y social (parques arqueológicos)		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

Definición

Las áreas de protección cultural y social, dentro de las cuales se encuentran los parques arqueológicos, se definen como áreas de protección y conservación del patrimonio cultural de Colombia.

El Decreto 833 de 2002 establece que el patrimonio arqueológico amerita una primordial protección del Estado, tendiente a su conservación, cuidado, rehabilitación y divulgación y a evitar su alto grado de vulnerabilidad, en especial teniendo en consideración que todo el territorio colombiano comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por 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 consiguiente, deben ser excluidas de ejercicios de zonificación de aptitud.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

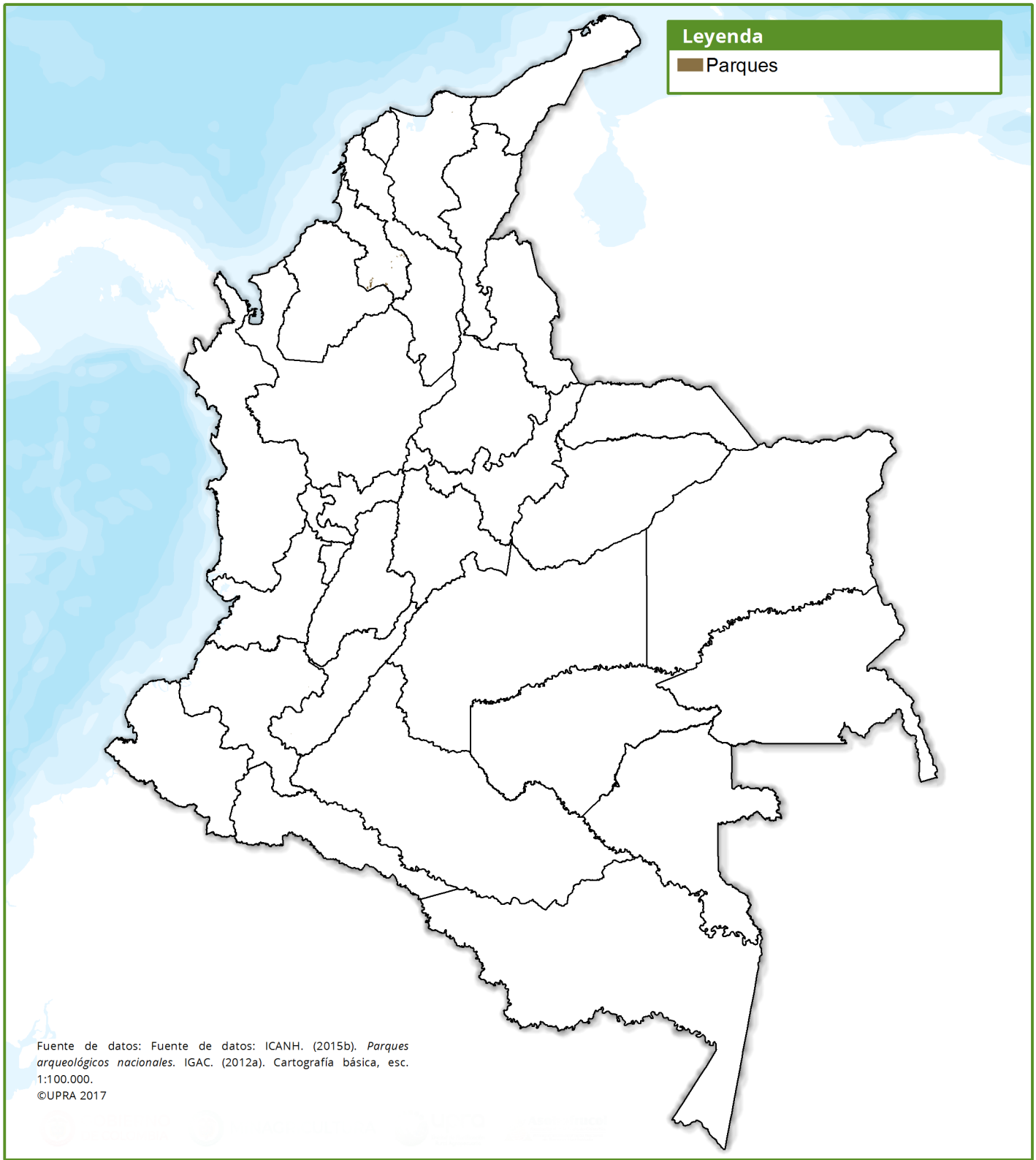
Limitantes de evaluación de la variable

Las áreas arqueológicas consideradas de exclusión se limitan a los parques arqueológicos.

Fuentes de información

- ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos nacionales.* Bogotá: ICANH.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: Fuente de datos: ICANH. (2015b). *Parques arqueológicos nacionales*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000.
©UPRA 2017

Exclusiones legales

Áreas de protección cultural y social

4.3. Criterio condicionantes legales

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Componente: socioecosistémico		
Criterio: condicionantes legales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
Variables asociadas al criterio		
• Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical). • Áreas protegidas (distritos de manejo integrado, distritos de conservación de suelos, áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente). • Zonas de reserva forestal nacional (reservas forestales de la Ley 2 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).		

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 fresa.

Importancia del criterio

Los aspectos legales hacen parte del ejercicio de zonificación, por lo cual se hace necesario que el planificador realice un análisis de las condiciones que cada una de estas figuras requiere para el desarrollo de actividades agrícolas, como pueden ser solicitudes de consulta previa, revisión de zonificaciones y planes de manejo, entre otros.

Limitantes de la evaluación del criterio

No existen limitantes para la evaluación del criterio puesto que la normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales, y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinadas en cada caso.

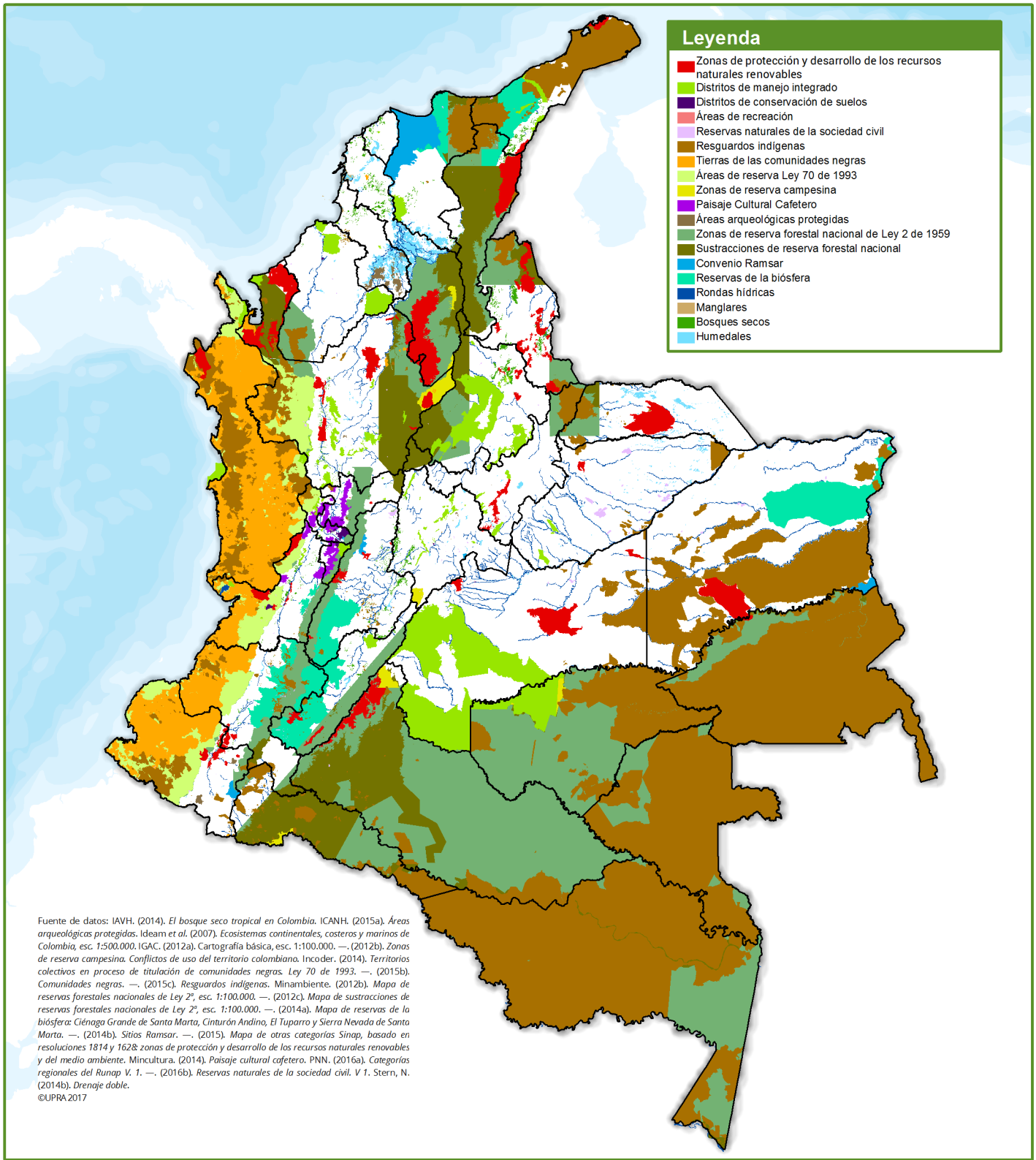
Metodología de evaluación

La metodología de evaluación consiste en analizar 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.

Representación cartográfica del criterio



Fuente de datos: IAVH. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas*. Ideam *et al.* (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, esc. 1:500.000*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (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*. —. (2015b). *Comunidades negras*. —. (2015c). *Resguardos indígenas*. Minambiente. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000*. —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000*. —. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. —. (2014b). *Sitios Ramsar*. —. (2015). *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*. Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero*. PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap V. 1*. —. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. V 1*. Stern, N. (2014b). *Drenaje doble*.
©UPRA 2017

Condicionantes legales

Fuentes de información

- IAVH. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia.* Bogotá: IAVH.
- ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas.* Bogotá: ICANH.
- Ideam *et al.* (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2012b). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano.* Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993.* Bogotá: Incoder.
- —. (2015b). *Comunidades negras.* Bogotá: Incoder.
- —. (2015c). *Resguardos indígenas.* Bogotá: Incoder.
- MADS. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, escala 1:100.000.* Bogotá: MADS.
- —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, escala 1:100.000.* Bogotá: MADS.
- —. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.* Bogotá: MADS.
- —. (2014b). *Sitios Ramsar.* Bogotá: MADS.
- Resolución 1628 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. Mapa de otras categorías Sinap.
- 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.* Bogotá: Mincultura.
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap. Versión 1.*
- —. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1.*
- Stern, N. (2014b). Drenaje doble construido a partir de IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: UPRA.

4.3.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)

Ficha metodológica del criterio		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Esta variable está conformada por los ecosistemas estratégicos de manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical.

Los ecosistemas de manglar y los humedales son 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 fresa.

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, 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.

El artículo 204 establece: «Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque» (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 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 en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. En 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, 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 señala que las rondas hidráulicas son 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 consiguiente, 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 como exclusión legal, previa aprobación de la consulta que se encuentra en proceso con el MADS sobre la representación cartográfica de estos ecosistemas o la definición por parte de las corporaciones autónomas regionales, por ser de su competencia.

Respecto a las rondas hídricas es necesario mencionar que la delimitación específica de cada cauce debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la zonificación de aptitud, se toman 30 m; no obstante, estas 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).

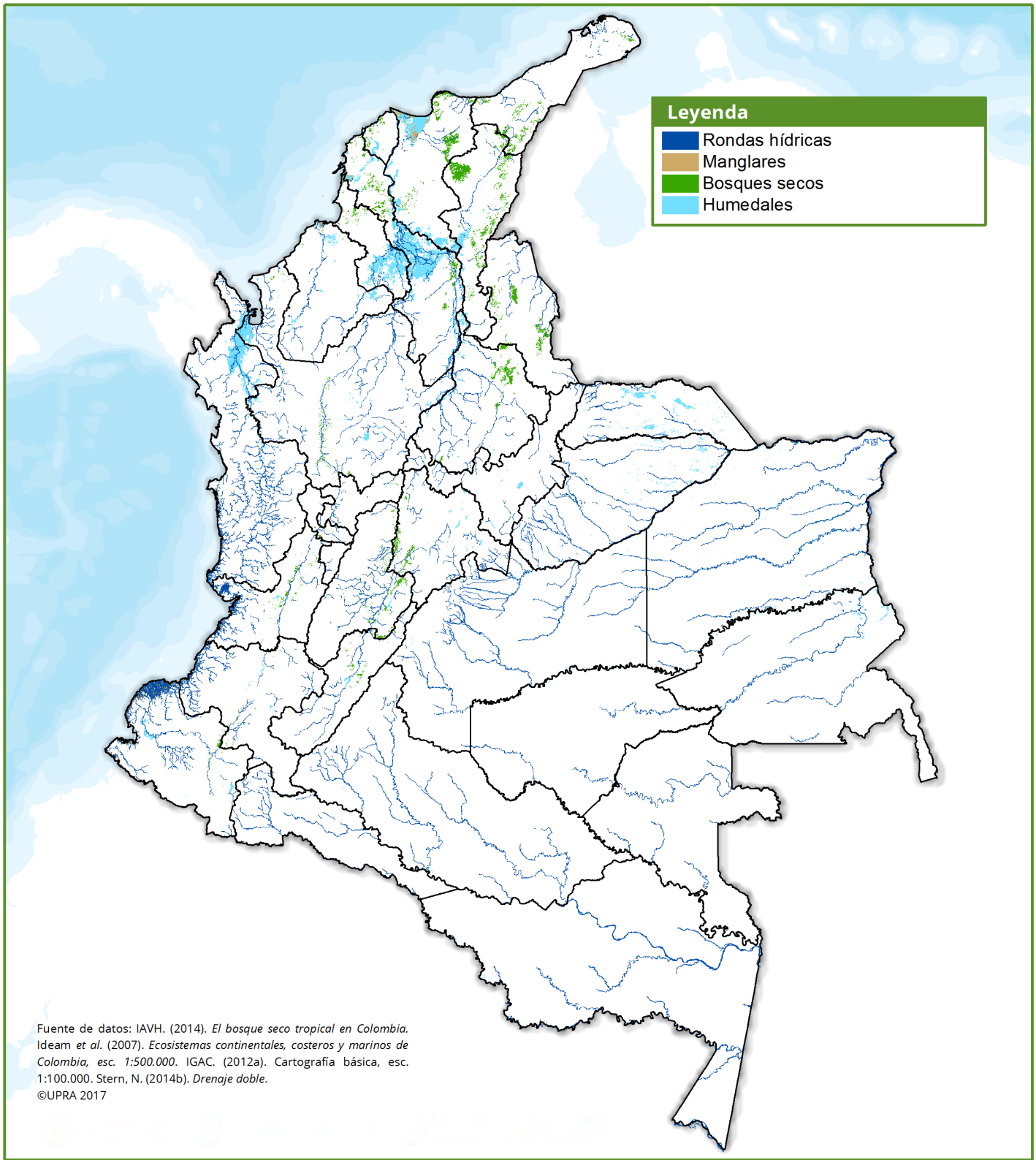
Unidad de análisis

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 nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000, versión 1.0.* Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Stern, N. (2014b). 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). *El bosque seco tropical en Colombia.* Ideam *et al.* (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, esc. 1:500.000*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Stern, N. (2014b). *Drenaje doble.*

©UPRA 2017

Condicionantes legales

Ecosistemas estratégicos

4.3.2. Variable áreas protegidas

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: áreas protegidas		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de fresa. Dentro de esta variable se consideran las siguientes áreas:

Distritos de manejo integrado (DMI): espacio geográfico en el 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 su 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 manejado

según 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 MADS, mediante la cual se declara una medida de precaución que protege temporalmente 57 sitios, en los que se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas; en este caso, los de carácter regional, a cargo de las CAR correspondientes.

Importancia de la variable

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fresa, 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.

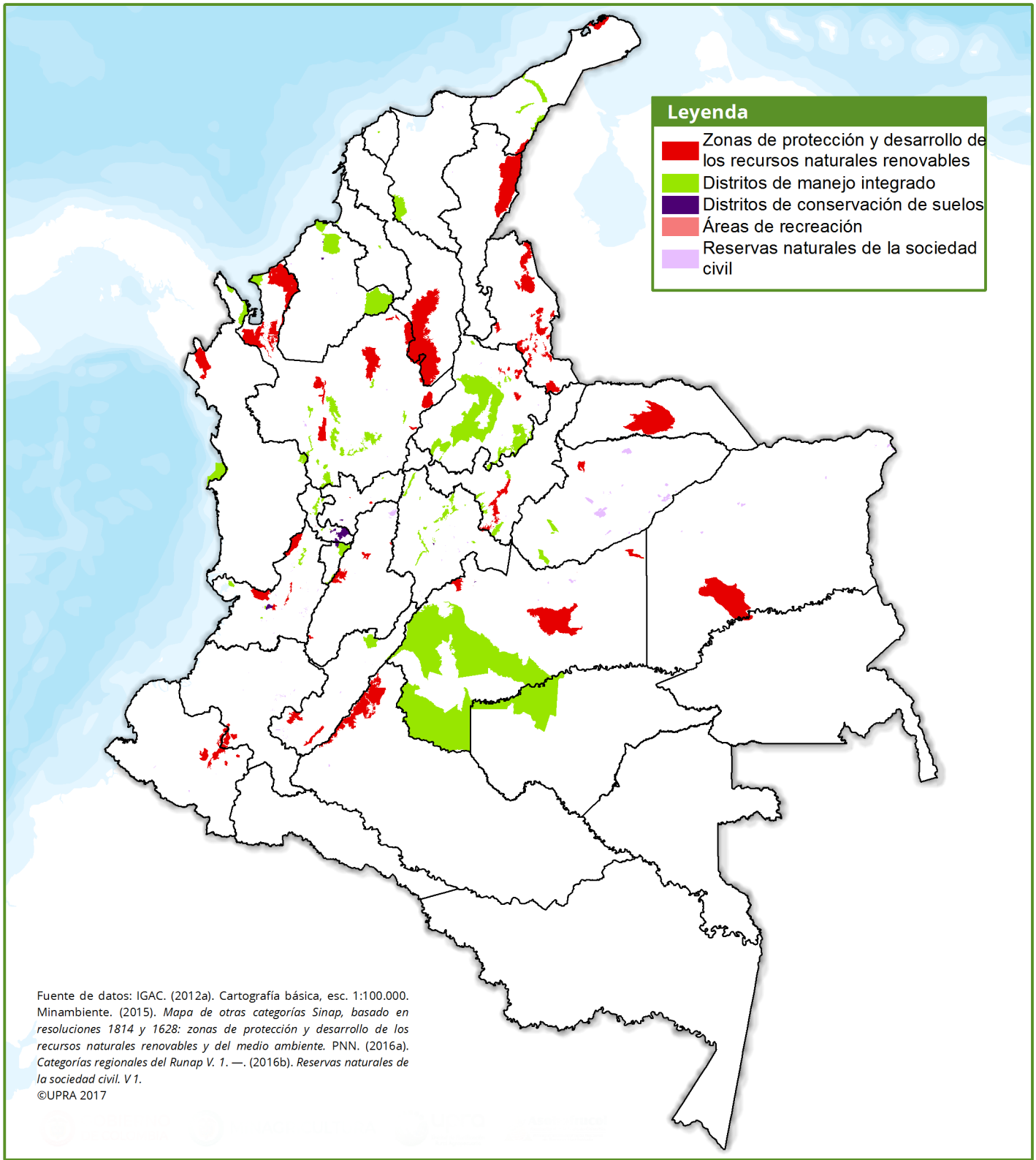
Valor de exclusión de la variable

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 fresa en la subzona de producción. No obstante, se requerirá una zonificación interna de cada área protegida para identificar rangos de compatibilidad marginal.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). 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. (2016a). *Categorías regionales del Runap V. 1.* —. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. V 1.*

©UPRA 2017

Condicionantes legales

Áreas protegidas

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- PNN. (2016a). *Categorías regionales del Runap. Versión1.* Bogotá: PNN.
- —. (2016b). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 1.* Bogotá: PNN.
- Resolución 1628 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. Mapa de otras categorías Sinap.
- 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

4.3.3. Variable zonas de reserva forestal nacional

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: zonas de reserva forestal nacional		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

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 fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales (ZRFN): ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia. 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 MADS, y que los requisitos y procedimientos de solicitud de sustracción están establecidos en la Resolución 1526 de 2012 del MADS.

En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, se faculta al MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad para la que fue solicitada su sustracción; por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin (numeral 18, artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011).

Importancia de la variable

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 fresa; 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

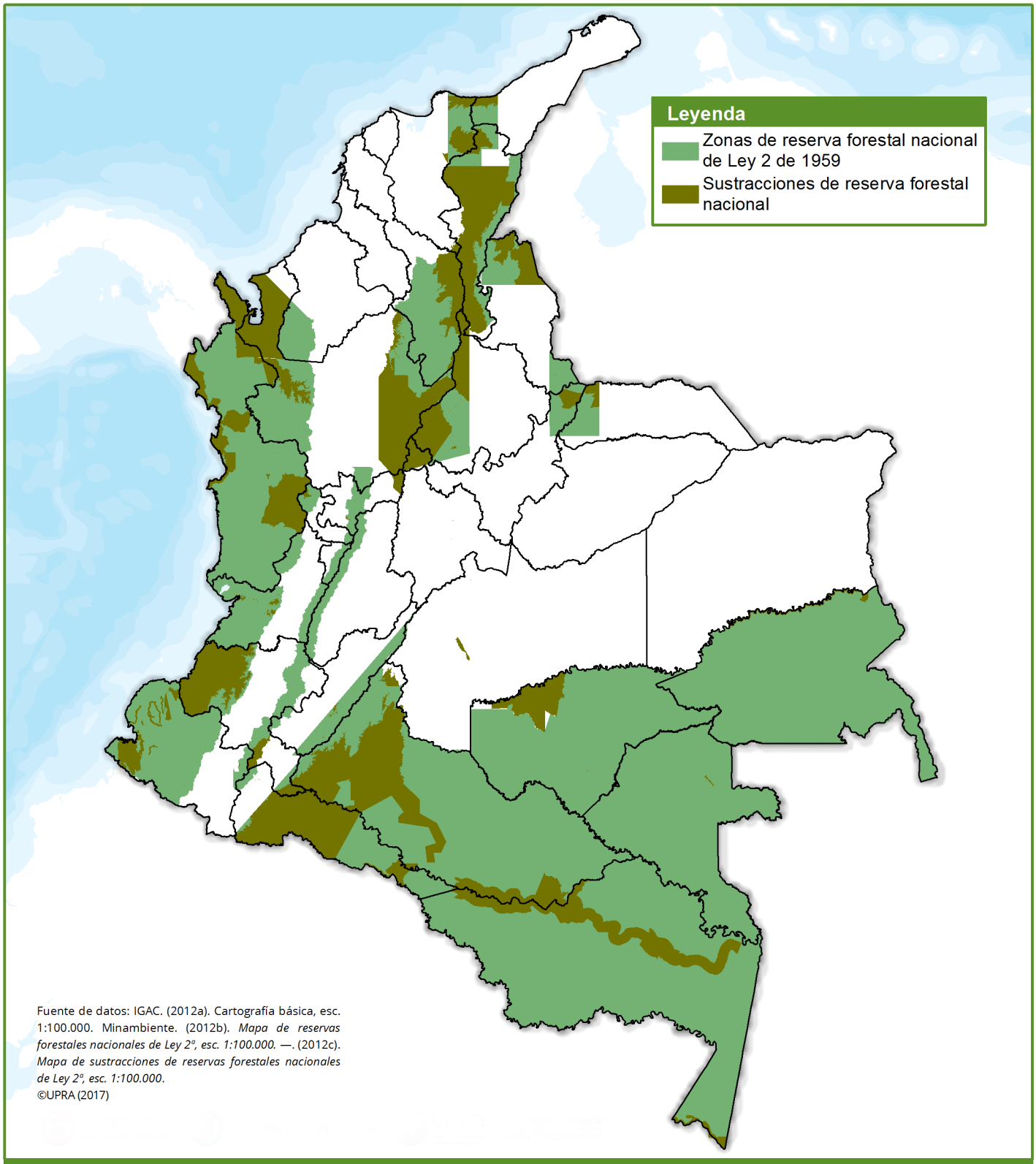
No existen limitantes para la evaluación de la variable en razón a que la normatividad permite realizar cultivos comerciales y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinadas en cada caso.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- MADS. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, escala 1:100.000.* Bogotá: MADS.
- —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, escala 1:100.000.* Bogotá: MADS.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minambiente. (2012b). *Mapa de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000.* —. (2012c). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de Ley 2ª, esc. 1:100.000.*

©UPRA (2017)

Condicionantes legales

Zonas de reserva forestal nacional

4.3.4. Variable distinciones internacionales

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: condicionantes legales		
Variable: distinciones internacionales		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Agrupa aquellos lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país ratifica mediante la suscripción de tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes.

Las áreas son definidas por su importancia biológica y de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:

Convención de Ramsar: 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 de Ramsar, es importante resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona, en el parágrafo 1 del artículo 202 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, sociales y ambientales adoptados por el MADS, o quien haga sus veces, destacando que 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 queda 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 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

Permite identificar áreas 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

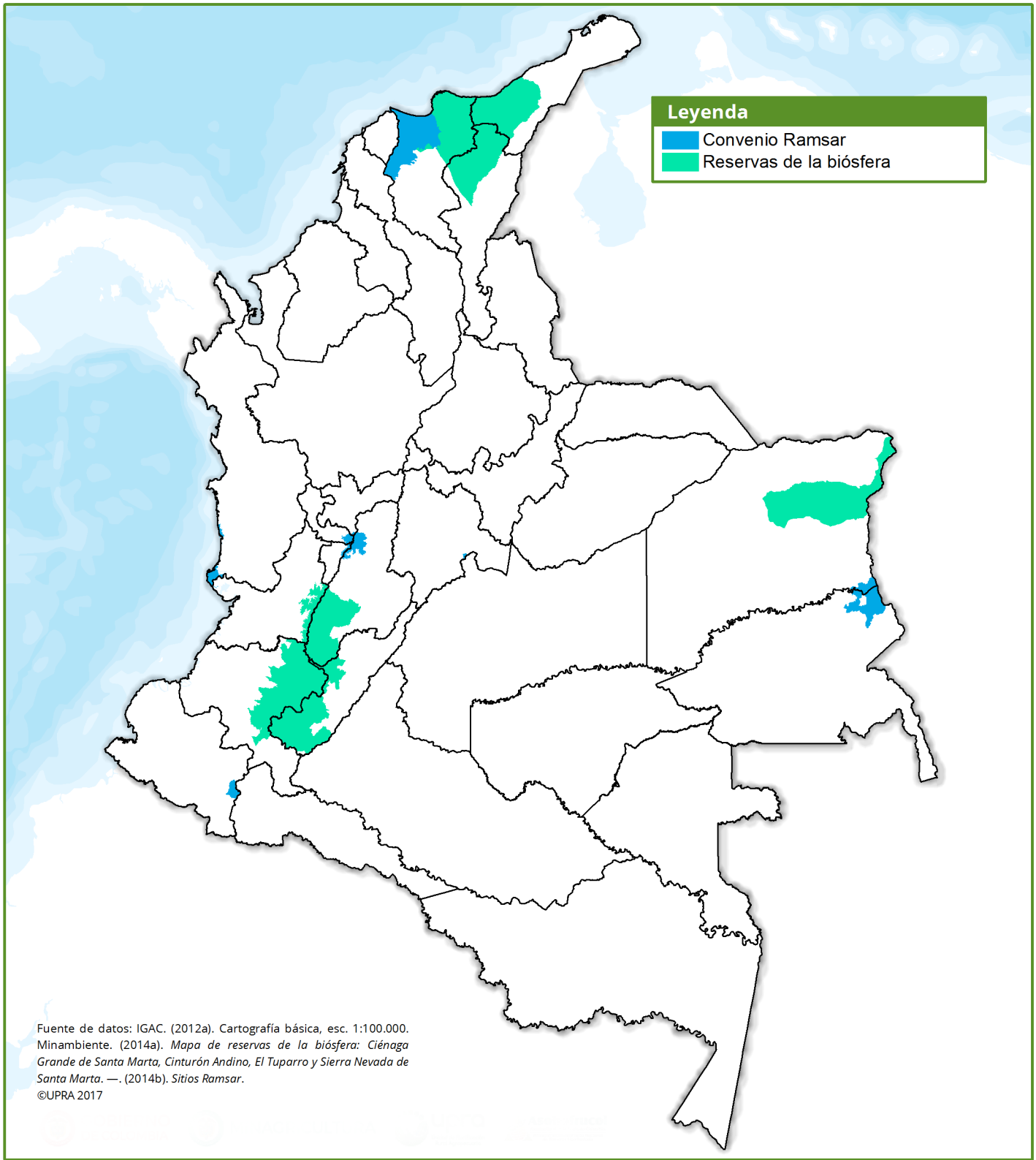
valores ecosistémicos; teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse más en detalle.

Fuentes de información

- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- MADS. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.* Bogotá: MADS.
- —. (2014b). *Sitios Ramsar.* Bogotá: MADS.
- Unesco. (1994). *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar).* París: Unesco.

Fotografía: Archivo UPRA.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Minambiente. (2014a). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. —. (2014b). *Sitios Ramsar*.

©UPRA 2017

Condicionantes legales

Distinciones internacionales

4.3.5. Variable áreas de interés cultural y social

Ficha metodológica de la variable		
Tipo de utilización de la tierra (TUT)	**Cultivo comercial de fresa**	
Criterio: condicionantes legales		
Variable áreas de interés cultural y social		
Tipo de criterio asociado	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

Definición

Comprenden aquellas zonas delimitadas por el Estado para la protección de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan. 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 según las categorías establecidas.

Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios.

Esta variable está conformada por las siguientes áreas:

Tierras de las comunidades negras: son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5 de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».

Áreas de reserva Ley 70 de 1993: de acuerdo con el artículo primero, «la presente Ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y el derecho a la propiedad colectiva. Asimismo, tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana» (sic).

Zonas de reserva campesina: el artículo 80 de la Ley 160 de 1994 define «son Zonas de Reserva Campesina, las áreas geográficas seleccionadas por la Junta Directiva del INCORA, teniendo en cuenta las características agroecológicas y socioeconómicas regionales. En los reglamentos respectivos se indicarán las extensiones mínimas y máximas que podrán adjudicarse, determinadas en Unidades Agrícolas Familiares, el

número de 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» (sic).

Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen y, conforme a los artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformada por una o más comunidades indígenas, que con un título de propiedad colectiva que goza de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para el manejo de éste 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 MADS, se define «Artículo 1. Reconocer el Paisaje Cultural Cafetero como Patrimonio Cultural de la Nación y como bien inscrito en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco, que consiste en un territorio compuesto por zonas de especial interés arqueológico, histórico y cultural. Artículo 2. Delimitar como área reconocida como Patrimonio Cultural de la Nación el área principal y el área de influencia del Paisaje Cultural Cafetero de acuerdo con el plano y las coordenadas que se indican en el documento que hace parte de la presente resolución. Artículo 3. Velar para que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del Paisaje Cultural Cafetero en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco» (sic).

Áreas arqueológicas protegidas: en concordancia con lo establecido en el artículo 6 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3 de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 56 del Decreto Nacional 763 de 2009, el Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) podrá declarar áreas protegidas en las que existan bienes arqueológicos, sin que dicha declaratoria afecte la propiedad del suelo, si bien este queda sujeto al Plan de Manejo Arqueológico que apruebe dicha entidad.

En las áreas de influencia arqueológica y los planes de manejo arqueológico se determinarán los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación para estos bienes; dichas zonas de influencia arqueológica y planes de manejo serán aprobados por el ICANH, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3 de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009.

Con base en 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

Esta variable condiciona la implementación de desarrollos productivos en áreas donde se encuentran estas áreas de interés cultural y social, en zonas con aptitud para el cultivo.

De acuerdo con el Decreto 1320 de 1998 del Mininterior, se deberá surtir un proceso de consulta previa antes de la formulación de proyectos de inversión; en concordancia, es necesario revisar la necesidad de consulta previa para el desarrollo de actividades productivas en aquellas zonas que se identifiquen aptas para el cultivo y coincidan con áreas donde existan resguardos indígenas y consejos comunitarios. Para el caso de las zonas de reserva campesina, los proyectos deberán ser agrosostenibles, contribuir al cumplimiento del plan de desarrollo sostenible de la zona o ser socializados con la comunidad y demás entes territoriales competentes en el marco de una audiencia pública, según lo establecido en el Acuerdo 021 de 1996 del Incora.

Valor de exclusión de la variable

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

Limitantes de evaluación de la variable

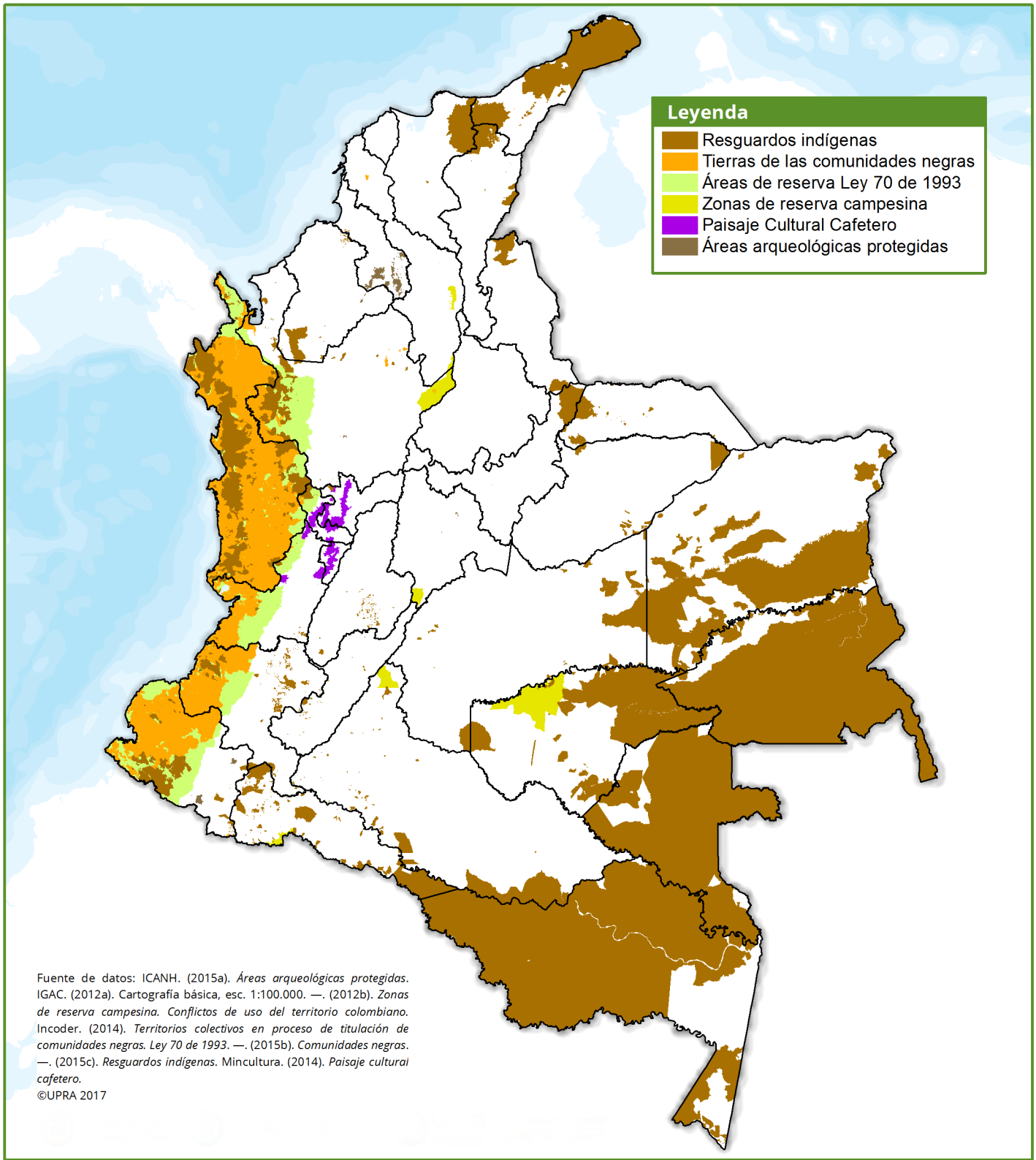
No se contemplan los resguardos indígenas ni las zonas de reserva campesina que no han sido reconocidos ni espacializados por el Incoder.

El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requieran 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. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas.* Bogotá: ICANH.
- IGAC. (2012a). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- —. (2012b). *Zonas de reserva campesina. Conflictos de uso del territorio colombiano.* Bogotá: IGAC.
- Incoder. (2014). *Territorios colectivos en proceso de titulación de comunidades negras. Ley 70 de 1993.* Bogotá: Incoder.
- —. (2015b). *Comunidades negras* [capa]. Bogotá: Incoder.
- —. (2015c). *Resguardos indígenas* [capa]. Bogotá: Incoder.
- Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero.* Bogotá: Mincultura.

Representación cartográfica de la variable



Fuente de datos: ICANH. (2015a). *Áreas arqueológicas protegidas*. IGAC. (2012a). Cartografía básica, esc. 1:100.000. —. (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*. —. (2015b). *Comunidades negras*. —. (2015c). *Resguardos indígenas*. Mincultura. (2014). *Paisaje cultural cafetero.*

©UPRA 2017

Condicionantes legales

Áreas de interés cultural y social