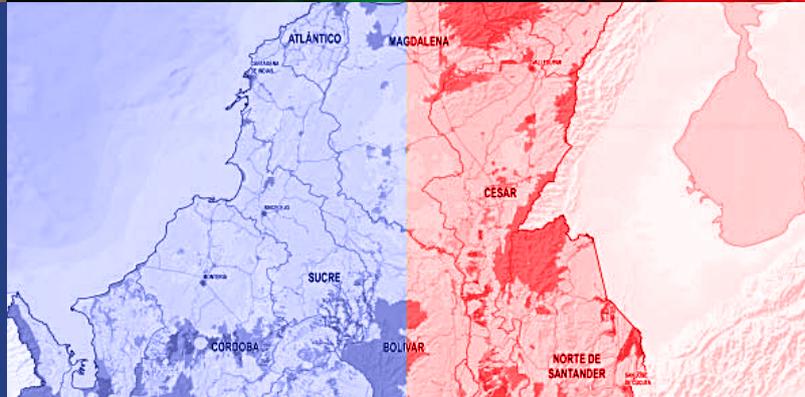


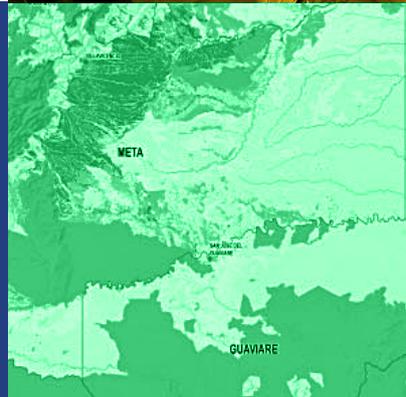


Cultivo comercial de

ARROZ SECANO MECANIZADO



Identificación de zonas aptas
en Colombia, escala 1:100.000



El campo
es de todos

Minagricultura



Unidad de Planificación
Rural Agropecuaria



El campo
es de todos

Minagricultura



Cultivo comercial de
**ARROZ SECANO
MECANIZADO**

Identificación de zonas aptas
en Colombia, escala 1:100.000

Iván Duque Márquez

Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Rodolfo Enrique Zea Navarro

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Juan Gonzalo Botero Botero

Viceministro de Asuntos Agropecuarios

Juan Camilo Restrepo Gómez

Viceministro de Desarrollo Rural

**Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
(UPRA)**

Felipe Fonseca Fino

Director general

Mercedes Vásquez de Gómez

Secretaria general

Dora Inés Rey Martínez

**Directora técnica de Ordenamiento de la Propiedad
y Mercado de Tierras**

Daniel Alberto Aguilar Corrales

**Director técnico de Uso Eficiente del Suelo Rural
y Adecuación de Tierras**

Luz Mery Gómez Contreras

**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

Mónica Cortés Pulido

Asesores

Editores

Felipe Fonseca Fino

Daniel Alberto Aguilar Corrales

Dirección Técnica

Daniel Alberto Aguilar Corrales

Equipo Coordinador

Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Adisedit Camacho Rojas

Autores

Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Javier Otero García

Sebastián Polo Carrera

Gabriel Eduardo Páramo Rocha

Óscar Geovani Martínez Cortés

Edwin René García Márquez

Gabriel Márquez Cifuentes

Juan Antonio Gómez Blanco

Luis Eduardo García Castellanos

Julián David Ayala Pinzón

Adriana Marcela Porras Rey

Evelyn Liliana Garcés Aponte

John Jairo Roldán Ortega

Henry Gaitán Urrea

Lizeth Paola Ortiz Guenque,

Claudia Patricia Acosta Latorre

Fabiola del Carmen Enciso Enciso

Compilación

Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Mario Porfirio Rolón Montoya

Pedro David Porras Rodríguez

Representación cartográfica

Luz Mery Gómez Contreras

Fernando Antonio Castillo Jiménez

Edward Alejandro Moreno Bojacá

Jaime Andrés Unriza Vargas

Nancy Milena Alarcón Fernández

David Leonardo Cifuentes López

Corrección de texto y estilo, diseño y diagramación

Imprenta Nacional de Colombia

Fotografías

Banco de imágenes de la UPRA

Andrés Eduardo Paz Duarte

Este documento es propiedad de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Prohibida su reproducción total y su uso con fines comerciales sin autorización expresa de la UPRA. Cítese así: Siachoque, R., Otero, J., Polo, S., Páramo, G., Martínez, Ó., García, E., ... Enciso, F. (2019). *Cultivo comercial de arroz secano mecanizado. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.00*. Bogotá: UPRA.

Elaborado en 2019.

© UPRA, 2020.

ISBN: 978-958-5552-54-8

Contenido

Índice de tablas.....	7
Índice de figuras.....	10
Abreviaturas, acrónimos y siglas.....	12
Signos y símbolos.....	15
Glosario	17
Resumen	20
Prólogo.....	22
Introducción.....	23
1. Antecedentes	26
1.1. Antecedentes sobre la zonificación del cultivo de arroz en Colombia..	27
1.2. Contexto sectorial.....	31
1.2.1. El cultivo de arroz.....	31
1.3. Contexto mundial.....	34
1.3.1. Área y producción mundial.....	34
1.3.2. Dinámica de mercados a nivel global.....	36
1.4. Contexto nacional	38
1.4.1. Requerimientos del cultivo	40
1.4.2. Variedades de arroz en Colombia	41
1.4.3. Aspectos fitosanitarios	41
1.4.4. Recomendaciones de manejo.....	45
1.4.5. Importancia económica	48
1.4.6. Importancia ambiental	55

1.5. Alcances y limitaciones	59
2. Marco conceptual	60
3. Metodología	64
3.1. Definición del TUT	68
3.1.1. Descripción de la cadena del arroz	68
3.2. Criterios de análisis jerárquico.....	71
3.2.1. Criterios físicos.....	71
3.2.2. Criterios socioecosistémicos	77
3.2.3. Criterios socioeconómicos.....	80
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas.....	87
3.4. Criterios de exclusión legal y condicionantes legales	94
3.5. Análisis multicriterio	105
3.5.1. Proceso analítico jerárquico	105
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico	106
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico integral	108
3.7. Proceso de validación de mapas	111
3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva del arroz.....	111
3.7.2. Validación en campo.....	113
4. Resultados	117
5. Conclusiones.....	127
6. Referencias bibliográficas.....	130
7. Anexo	134

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización de las categorías de la zonificación elaborada por el Himat	28
Tabla 2. Distribución de la producción mundial de arroz por clase	32
Tabla 3. Principales diferencias entre las subespecies índica y japónica.....	32
Tabla 4. Área y producción de arroz en el mundo. Temporada 2012-2015 ...	35
Tabla 5. Evolución del área sembrada, producción y rendimiento del arroz mecanizado en Colombia período 1988-2016	49
Tabla 6. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento en arroz mecanizado por rango de área. Primer semestre de 2016.....	49
Tabla 7. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento en arroz mecanizado por rango de área. Segundo semestre de 2016.....	50
Tabla 8. Área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por zona para el primer semestre de 2016 en Colombia	50
Tabla 9. Área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por zona para el segundo semestre de 2016 en Colombia	51
Tabla 10. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por departamento. Primer semestre de 2016	51
Tabla 11. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por departamento. Segundo semestre de 2016.....	52
Tabla 12. Área, producción y rendimiento de arroz en Colombia (2011-2016)	53
Tabla 13. Área sembrada con arroz en Colombia por semestre (2011-2016)	53
Tabla 14. Superficie sembrada de arroz mecanizado y manual en Colombia (ha) por semestres A y B, período 2011-2016.....	53

Tabla 15. Producción de arroz paddy seco en Colombia (t) por semestres, período 2011-2016	54
Tabla 16. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz en Colombia	56
Tabla 17. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz en Colombia	57
Tabla 18. Variables del subcomponente climático	72
Tabla 19. Criterios y variables del subcomponente edáfico.....	73
Tabla 20. Variables del subcomponente fitosanitario	77
Tabla 21. Criterios y variables del componente socioecosistémico	79
Tabla 22. Criterios y variables del componente socioeconómico	83
Tabla 23. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	87
Tabla 24. Rangos de aptitud de las variables definidas desde el componente físico	88
Tabla 25. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico.....	90
Tabla 26. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico	92
Tabla 27. Exclusiones legales	95
Tabla 28. Condicionantes legales.....	99
Tabla 29. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico	105
Tabla 30. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio	106
Tabla 31. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz secano mecanizado	107
Tabla 32. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz secano mecanizado	108
Tabla 33. Matriz de paso para la comparación de aptitud los componentes biofísico y socioeconómico	108
Tabla 34. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo de cultivos comerciales de arroz secano mecanizado (ha).....	118

Tabla 35. Áreas aptas por departamento para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)	120
Tabla 36. Áreas de aptitud alta (A1) de los principales departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha) ...	121
Tabla 37. Áreas de aptitud media (A2) de los principales departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha) ...	122
Tabla 38. Áreas aptas de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)	124
Tabla 39. Áreas de aptitud alta (A1) de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)	124
Tabla 40. Áreas de aptitud media (A2) de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)	125

Índice de figuras

Figura 1. Precipitación para el cultivo de arroz para Casanare y Meta.....	29
Figura 2. Brillo solar para el cultivo de arroz para Casanare y Meta	30
Figura 3. Déficit hídrico para el cultivo de arroz para Casanare y Meta.....	30
Figura 4. Aspectos morfológicos del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	33
Figura 5. Producción mundial de arroz en cáscara (2003-2013)	35
Figura 6. Exportaciones mundiales de arroz blanco.....	36
Figura 7. Distribución de las exportaciones mundiales de arroz (2011)	36
Figura 8. Importaciones mundiales de arroz blanco elaborado (2003-2011)	37
Figura 9. Distribución de las importaciones mundiales de arroz (año 2011)	37
Figura 10. Zonas arroceras de Colombia	40
Figura 11. Consumo nacional de arroz per cápita/año (2005-2017.....	54
Figura 12. Importaciones nacionales de arroz (2000-2017)	55
Figura 13. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cadenas productivas.....	61
Figura 14. Tipos de criterios utilizados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	66
Figura 15. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales	67
Figura 16. Principales productos y subproductos de la agroindustria arrocera	69
Figura 17. Estructura de la cadena de comercialización del arroz en Colombia.....	70
Figura 18. Criterios y variables del componente físico.....	71

Figura 19. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica	78
Figura 20. Criterios y variables del componente socioecosistémico.....	78
Figura 21. Criterios y variables del componente socioeconómico	82
Figura 22. Mapa de exclusiones legales.....	98
Figura 23. Mapa de condicionantes legales	104
Figura 24. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud.....	109
Figura 25. Modelo cartográfico integral.....	110
Figura 26. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud	111
Figura 27. Registro fotográfico del taller de socialización en Fedearroz en 2015 (Bogotá)	112
Figura 28. Registro fotográfico del taller de socialización en Fedearroz Saldaña (Tolima)	113
Figura 29. Registro fotográfico de los recorridos de campo año 2015.....	114
Figura 30. Registro fotográfico de los recorridos de campo año 2018.....	116
Figura 31. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia a escala 1:100.000.....	119
Figura 32. Principales departamentos con aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)	121
Figura 33. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)	122
Figura 34. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)	123
Figura 35. Principales municipios con aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha).....	124
Figura 36. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)	125
Figura 37. Principales municipios con aptitud media (A2) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)	126

Abreviaturas, acrónimos y siglas

AC	Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas	Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia, a partir de mayo de 2018)
ACES	Área de concentración de especies sensibles en el territorio	DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
Acosemillas	Asociación Colombiana de Productores de Semilla	DCS	Distrito(s) de conservación de suelos
AICA	Áreas de importancia para la conservación de aves	DEM	Por sus siglas en inglés, modelo digital de elevación (digital elevation model)
AHP	Por sus siglas en inglés, proceso analítico jerárquico (analytic hierarchy process)	DH	Disponibilidad hídrica
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos	DHR	Disponibilidad hídrica real
APC	Áreas prioritarias de conservación	DMI	Distrito(s) de manejo integrado
CAN	Comunidad Andina de Naciones	DNP	Departamento Nacional de Planeación
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales	ENSO	Por sus siglas en inglés, fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (El Niño Southern Oscillation)
CIC	Capacidad de intercambio catiónico	ETP	Evapotranspiración potencial
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales	ETR	Evapotranspiración real

EUA	Estados Unidos de América	Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías	Incora	Instituto Colombiano para la Reforma Agraria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	Induarroz	Federación de Industriales del Arroz
Fedearroz	Federación Nacional de Arroceros	IPM	Índice de pobreza multidimensional
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario	IRH	Índice de retención y regulación hídrica
FOB	Por sus siglas en inglés, libre a bordo (<i>free on board</i>). Cláusula de comercio internacional	IRRI	Por sus siglas en inglés, Instituto Internacional de Investigación del Arroz (International Rice Research Institute)
IAVH	Instituto Alexander von Humboldt	IUA	Índice de uso de agua
IC	Índice de competitividad	LEC	Línea especial de crédito
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario	Minagricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Icanh	Instituto Colombiano de Antropología e Historia	MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2002-2011)
ICR	Incentivo a la capitalización rural	MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Mincultura	Ministerio de Cultura
IDHc	Índice de disponibilidad de humedad del cultivo	Mineducación	Ministerio de Educación Nacional
IE	Integridad ecológica	Mintransporte	Ministerio de Transporte
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	Moliarroz	Asociación Nacional de Molineros de Arroz
Inat	Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas	m s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
		OMM	Organización Meteorológica Mundial

PET	Población en edad de trabajar	SIOC	Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas
pH	Potencial de hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad)	SIG	Sistemas de información geográfica
PIB	Producto interno bruto	SZH	Subzona hidrográfica
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia	TLC	Tratado de libre comercio
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	TUT	Tipo de utilización de la tierra
PRAN	Programa Nacional de Reactivación Agropecuaria	Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
PSI	Porcentaje de sodio intercambiable	UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
SAC	Sociedad de Agricultores de Colombia	USDA	Por sus siglas en inglés, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)
Sena	Servicio Nacional de Aprendizaje		
SINA	Sistema Nacional Ambiental		
Sinap	Sistema Nacional de Áreas Protegidas		

Signos y símbolos

>	mayor que	L	Litro
<	menor que	ln	logaritmo natural
\geq	mayor o igual que	m	Metro
\leq	menor o igual que	m ²	metro cuadrado
°C	grado Celsius	m ³	metro cúbico
bar	unidad de presión	me	miliequivalente
cm	centímetro	mm	milímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)	mol	cantidad de sustancia
dS	decisiemens (10^{-1} S)	Pa	pascal (unidad de presión)
h	hora	ppm	partes por millón
ha	hectárea	S	siemens (medida de conductancia eléctrica)
km	kilómetro	t	toneladas métricas
Km ²	kilómetro cuadrado		
kPa	kilopascal (10^3 Pa)		



Glosario

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

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

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

Aptitud de la tierra: valoración de la adaptabilidad en un área dada para un tipo específico de uso (FAO, 1976), producto de la combinación de las cualidades de la tierra y los requerimientos de un tipo de utilización (FAO, 2003).

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 (Congreso de Colombia, 2003).

Arroz mecanizado: sistema en el que se emplea maquinaria agrícola (tractores, combinadas y aviones) para realizar una o varias labores del proceso productivo del cultivo, entre otros, preparación del suelo, siembra, control fitosanitario, fertilización y recolección (Fedearroz, 2017).

Arroz riego: explotación de arroz en la cual el agua que requiere el cultivo es provista por el hombre en el momento que lo requiera (Fedearroz, 2017).

Arroz secano: explotación de arroz en la cual el agua que requiere el cultivo únicamente proviene de las lluvias (Fedearroz, 2017).

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

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

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

Criterio: atributo complejo (conjunto de variables) de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976).

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

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

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

excluye dichas alternativas (Eastman *et al.*, 1995).

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

Fenómenos Enso (por sus siglas en inglés): fenómeno de oscilación del sur (El Niño Southern Oscillation).

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.

Isoterma: curva que une los vértices, en un plano cartográfico, que presentan las mismas temperaturas en la unidad de tiempo considerada.

Isoyeta: isolíneas que unen los puntos, en un plano cartográfico, que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada.

Tipo de utilización de la tierra (TUT): conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico y cultural específico (tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, rotación cultural, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros) (FAO, 2003).

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

Uso eficiente del suelo rural: armonización espacial o temporal de todos los usos del suelo en un área

determinada, que garantiza el bienestar humano con el fin de alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental del territorio (UPRA, 2013). En tal sentido, la eficiencia está referida tanto a la sostenibilidad integral como a la competitividad

de los sistemas productivos (UPRA, 2014).

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

Resumen

Se presenta la memoria técnica para la zonificación de aptitud para cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) secano mecanizado 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 a nivel nacional que lleva a cabo la UPRA orientados a guiar la inversión del sector agropecuario.

El documento contiene seis secciones: la primera presenta 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 aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad, los cuales se abordan en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente; en la tercera se encuentra la metodología de la zonificación de aptitud, desde la definición del tipo de utilización de tierras hasta la evaluación de las matrices de criterios físico-socioecosistémico (biofísico) y socioeconómico; la cuarta muestra los resultados de la zonificación, plasmados en el mapa de aptitud para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado; en la quinta se incluyen las conclusiones y recomendaciones, y en la sexta se relacionan las fuentes de información bibliográfica.

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 nueve criterios físicos, seis socioecosistémicos y ocho socioeconómicos, en total 23, a partir de los cuales se obtuvo el mapa de zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz secano mecanizado.

En el mapa se tienen 12.961.419 ha aptas para el desarrollo del cultivo, lo cual equivale al 33,0 % de la frontera agrícola nacional, de las cuales el 4,2 % corresponde a aptitud alta (A1), el 8,4 % a aptitud media (A2) y el 20,4 % a aptitud baja (A3).

Palabras clave: arroz seco mecanizado, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud, zonificación de aptitud.

Prólogo

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

Actualmente, en el ámbito nacional, el Minagricultura enfrenta serios desafíos –que generan desequilibrios de carácter económico, social y ambiental– a través de una política de ordenamiento productivo en la cual la aptitud del suelo es fundamental para superarlos.

A partir de esta situación y a fin de orientar las áreas donde se puede promover la productividad del cultivo bajo condiciones de sostenibilidad y desarrollo competitivo, Fedearroz y la UPRA participaron en la elaboración de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz secano mecanizado, la cual debe entenderse como una herramienta fundamental para organizar el campo y brindarles a los productores, gremios e inversionistas que quieran incursionar en este cultivo un instrumento práctico que aporta al ordenamiento productivo nacional, departamental y municipal.

En Colombia, según los resultados de la zonificación, el cultivo del arroz secano mecanizado participa en el 33,0 % de la frontera agrícola nacional.

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, «Todos por un nuevo país», recalcó el impulso a la competitividad rural *«a través de la provisión de bienes y servicios sectoriales que permitan hacer de las actividades agropecuarias una fuente de riqueza para los productores del campo»* (DNP, 2014), combinando arreglos institucionales y multisectoriales y atributos del territorio para brindar más equidad a la población rural. Para lograr lo anterior, el Gobierno nacional requiere, entre otras directrices, promover el uso eficiente del suelo y de 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 UPRA.

Para el nuevo Plan de Desarrollo 2019-2022, «Pacto por la equidad», en el numeral I: Política social moderna centrada en la familia, eficiente, de calidad y conectada a mercados; línea 4: Alianza por la seguridad alimentaria y la nutrición: ciudadanos con mentes y cuerpos sanos; objetivo 1: Incrementar la producción de alimentos mediante el uso eficiente del suelo, para generar una provisión estable y suficiente de alimentos que permitan cubrir las necesidades nutricionales de la población colombiana y estrategia: Incrementar a nivel nacional y territorial la producción, oferta

y abastecimiento de alimentos, en el marco del ordenamiento social rural, el productivo y el agropecuario; en el numeral II: Pacto por el emprendimiento y la productividad: una economía dinámica, incluyente y sostenible que potencie todos nuestros talentos, línea 5, Campo con progreso: Una alianza para dinamizar el desarrollo y la productividad de la Colombia rural, objetivo 2: Promover la transformación productiva agropecuaria por medio del ordenamiento de la producción, el desarrollo de clústeres y cadenas de valor agroindustriales, que integren la producción industrial con la de pequeños y medianos productores y como estrategia del MADR, con el apoyo de la UPRA y Agrosavia, impulsar el desarrollo de procesos de planificación agropecuaria integrales; y el numeral XV: Pacto por la descentralización: Conectar territorios, gobiernos y poblaciones, línea 1: Políticas e inversiones para el desarrollo, el ordenamiento y fortalecimiento de la asociatividad, objetivo 2: Armonizar la planeación para el desarrollo y la planeación para el ordenamiento territorial: para garantizar el logro de este objetivo es necesario emprender una estrategia de política pública con enfoque integrador (entre ordenamiento y desarrollo, y entre niveles y sectores con incidencia en el ordenamiento nacional, regional, y entidades territoriales). Para su efectiva implementación se requerirán desarrollos reglamentarios

para los niveles regionales (departamentos y esquemas asociativos) complementados con el fortalecimiento del ordenamiento territorial, la generación de cartografía y catastro en el nivel municipal. Además, lo anterior se enmarcará en un sólido sistema de seguimiento al ordenamiento y el desarrollo para identificar acciones de mejora, buenas prácticas y alertas tempranas sobre conflictos de uso del suelo y corrupción en el ordenamiento territorial y la estrategia: Adoptar la Política General de Ordenamiento Territorial, y la reglamentación de los instrumentos de ordenamiento de nivel intermedio de planeación.

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 Minagricultura, con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica.

De acuerdo con lo señalado en el artículo 5.º 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 han sido limitados dado que el énfasis se ha centrado en los aspectos climáticos y edáficos, dejando subordinados y hasta olvidados los procesos socioecosistémicos, sociales, culturales y políticos, fundamentales en la planificación integral del territorio y la definición de políticas más acordes con el medio geográfico.

Teniendo en cuenta lo anterior, surgió la necesidad, por parte de la UPRA, de proponer diferentes zonificaciones para los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero abordadas desde un enfoque interdisciplinario, partiendo de la premisa de que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de áreas geográficas con una combinación de características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso determinado, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión. La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los diferentes procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009).

En 2014, la UPRA realizó la zonificación forestal con fines comerciales para Colombia, 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. Para 2015, la UPRA adelantó la zonificación de seis cadenas productivas a escala 1:100.000, entre ellas la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz (*Oryza sativa* L.) secano mecanizado, la cual contó, en sus diferentes fases, con la participación de Fedearroz y de los otros actores de la cadena productiva, cuyos resultados deberán orientar los procesos de planificación y uso eficiente del suelo rural para este subsector.

Dentro de los objetivos específicos del proyecto referido están:

- La elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos para la zonificación de aptitud del cultivo de arroz secano mecanizado 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 de arroz, escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro partes: en la primera se desarrolla un contexto general del tema, que incluye la importancia económica del subsector arrocero, así como los marcos político y normativo asociados al cultivo; en la segunda se describen los fundamentos conceptuales sobre los cuales se basa la zonificación de aptitud; en la tercera se plantea 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, y en la cuarta se presentan los resultados obtenidos que identifican las áreas aptas para el cultivo de arroz secano mecanizado en el país.

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



Antecedentes

El mapa de zonificación para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado 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 nivel 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 arroz en Colombia

A pesar de que en el país son escasos los ejercicios de zonificación sobre la aptitud de las tierras para el cultivo de arroz, vale la pena resaltar la «*Zonificación agroclimática de los cultivos de mayor importancia económica del territorio colombiano, primera parte: Cultivo de arroz*», elaborada por el desaparecido Himat, cuyo objetivo principal fue determinar las regiones del país que, por sus condiciones de suelo y de clima, fueran idóneas para el desarrollo del cultivo de arroz. Asimismo, pretendía definir en cuáles áreas se presentaban restricciones por suelos o clima o por ambos a la vez, pero que con prácticas culturales de adecuación se podrían considerar como zonas potenciales para el desarrollo del cultivo, así como aquellas que, por sus limitantes de clima o de suelo o de ambos, fueran insalvables (Lasso, 1991).

De acuerdo con Lasso (1991), para la elaboración de los mapas con la clasificación agroclimática de los cultivos se siguió la metodología puesta en marcha por la FAO, la Unesco y la OMM en el informe técnico denominado *Estudio agroclimatológico de la zona andina* de 1975.

El estudio tomó como fuentes de información

básica el estudio de suelos elaborado por el IGAC en 1984, denominado *Zonificación agroecológica de Colombia*, y los estudios agroclimáticos del Himat apoyados en los siguientes aspectos:

- Identificación agroclimática de la zona de estudio mediante el análisis de los elementos del clima.
- Elaboración y análisis de los balances hídricos potenciales, los cuales se realizaban teniendo en cuenta una profundidad superficial y una capa profunda de la cual toman agua los cultivos.
- Dos índices agroclimáticos, los cuales se fundamentan en la evapotranspiración real y la potencial, así como en la cantidad de agua almacenada en el suelo y que utilizan las plantas cuando no hay agua.

La delimitación geográfica de las regiones potenciales para el cultivo del arroz tuvo dos pasos: en el primero se ubicaron los tipos agroecológicos con mayor aptitud para el cultivo de arroz, con base en el mapa de zonificación agroecológica de Colombia, y en el segundo, la superposición de los mapas de isolíneas de «períodos medios de crecimiento de los cultivos».

El resultado final de esta zonificación fue un mapa del país a escala 1:1.500.000, en el cual se identificaron cuatro zonas en las cuales es posible el cultivo del arroz, clasificadas en cinco categorías que se muestran en la tabla 1: idóneas, idóneas marginales con limitaciones por suelo, idóneas marginales con limitaciones por clima, idóneas marginales con limitaciones de suelo y clima, y áreas no idóneas –donde no es posible económicamente el cultivo de arroz a causa de fuertes limitaciones ecológicas impuestas por el suelo y el clima– (Lasso, 1991).

Tabla 1. Caracterización de las categorías de la zonificación elaborada por el Himat

Categoría	Área (ha)	Descripción
Áreas idóneas	1.394.000	Áreas que presentan las mejores condiciones por clima y suelo para el cultivo del arroz. En esta categoría se encuentran las planicies aluviales de la región Caribe y los valles interandinos de relieve plano (pendiente < 3 %). Suelos desarrollados a partir de material sedimentario, presentan de muy baja a moderada evolución, superficiales a profundos, bien drenados y de fertilidad moderada a alta (fluvents, tropepts y ustolls). Todas las áreas consideradas presentan un período de crecimiento superior a 180 días.
Idóneas marginales (con limitaciones de suelo)	4.803.780	Áreas que ofrecen un clima favorable para el desarrollo del arroz, pero en las cuales el suelo no es el más indicado. Dentro de esta categoría se localizan los valles del río Cauca y Magdalena, así como el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, extendiéndose desde el sur del departamento del Meta hasta límites con Venezuela.
Idóneas marginales (con limitaciones de clima)	810.000	Regiones que poseen suelos con características adecuadas para el crecimiento del arroz; sin embargo, su limitante principal es el clima y dentro de esta, la escasez o la mala distribución de las lluvias. El período de crecimiento es inferior a 180 días. En esta categoría se localizan las áreas aledañas a los ríos Ranchería y Tapia, en La Guajira, así como algunas franjas en Cesar, Atlántico, Bolívar y Magdalena.
Zonas marginales por suelo y clima	447.750	Regiones consideradas potenciales para el cultivo del arroz, pero para las cuales se requieren modificar condiciones de suelo y microclima.
Zonas no idóneas	Sin información	Regiones en las cuales las condiciones del clima o del suelo, o del clima y el suelo juntos, no permiten el desarrollo comercial de este cultivo.

Fuente: Lasso (1991).

Por lo anterior, esta zonificación, basada en la oferta ambiental del territorio y los requerimientos particulares de la especie, no se considera lo suficientemente integral ya que no se tuvieron en cuenta aspectos ecosistémicos y socioeconómicos del territorio.

De acuerdo con el ICA 1990, en Colombia también se relacionó el cultivo del arroz con la zonificación agroecológica del país, de tal forma que los cultivos se encuentran en áreas determinadas por un conjunto de características que las homogeneizan, así: región Caribe (norte de Antioquia, Córdoba, Bolívar, Sucre), región Pacífica (Chocó, Cauca y Nariño), región de la Orinoquia (Meta y Arauca

y región de la Amazonia (Caquetá, Guaviare y Amazonas).

Posteriormente, un estudio del Himat en el año 1991 concluyó que el área idónea para el cultivo del arroz en Colombia con condiciones favorables de clima y suelo es, aproximadamente, de 1.394.000 ha distribuidas en la región del Caribe y los valles interandinos.

Por otra parte, la FAO (2006) plantea una forma de zonificación basada en los ambientes de cultivos de arroz: su cultivo se practica en varias zonas agroecológicas (ZAE), aunque la mayoría ocurre en el subtrópico húmedo cálido/templado (ZAE



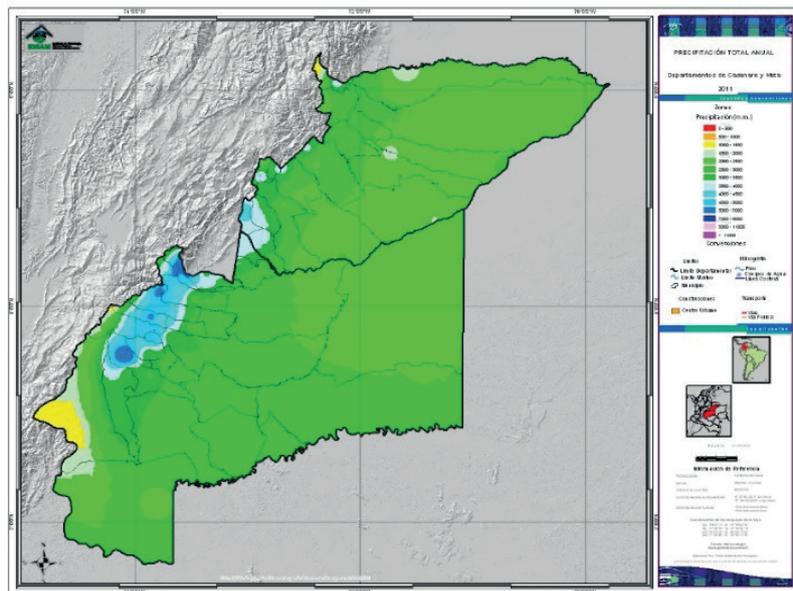
7), en los trópicos cálidos húmedos (ZAE 3) y en los trópicos cálidos subhúmedos (ZAE 2). A todo lo largo de las ZAE, el IRRI (1993), citado por FAO (2006), categorizó los ecosistemas de arrozales en cuatro tipos: arroz irrigado, arroz de tierras bajas alimentado por lluvia, arroz de tierras altas y arroz propenso a inundación.

Existen varios ejercicios de identificación de variables climáticas de orden municipal y

departamental, como los realizados por el Ideam (2012), en los que se adelantó una caracterización agroclimática de los departamentos de Casanare y Meta y un análisis de amenazas en la zona arrocera. Asimismo, se realizó una revisión bibliográfica de los diferentes estudios realizados en la región enfocados al manejo agrícola y una recopilación y análisis de la información meteorológica disponible a fin de establecer las condiciones climáticas predominantes en los departamentos, calcular los balances hídricos agrícolas, para establecer la demanda de riego, análisis de la variación espacial y temporal de precipitaciones, temperaturas, brillo solar y humedad relativa, entre otros, así como la influencia de los fenómenos ENSO.

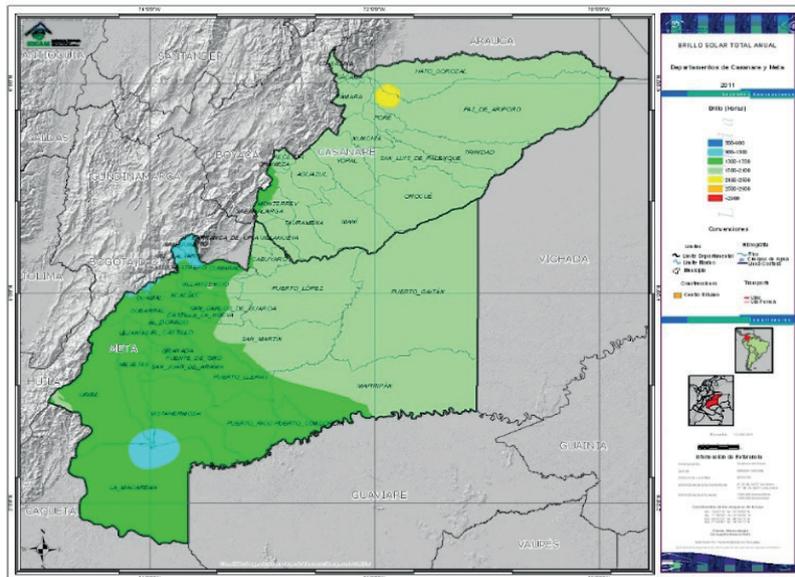
En las figuras 1, 2 y 3 se presentan las salidas cartográficas de precipitación, brillo solar y déficit hídrico para los departamentos de Casanare y Meta a partir de la investigación realizada por el Ideam en 2012.

Figura 1. Precipitación para el cultivo de arroz para Casanare y Meta



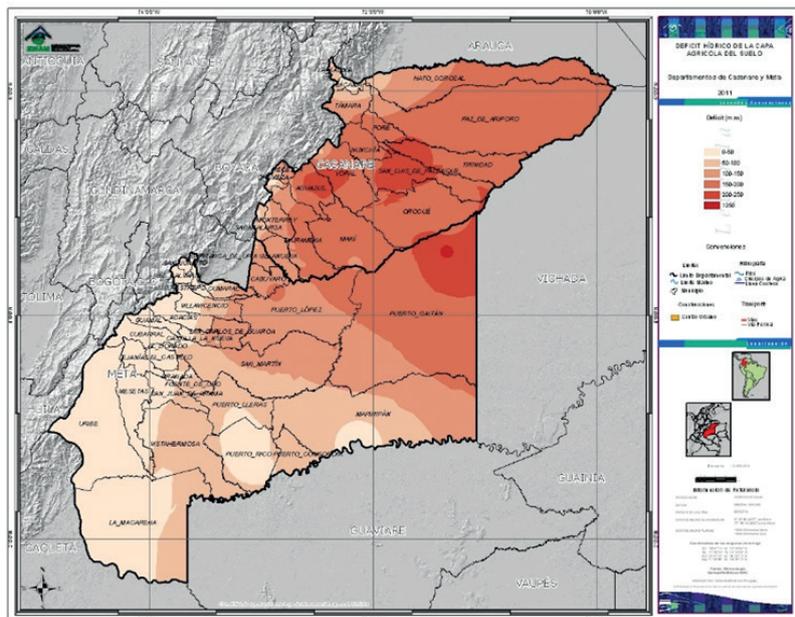
Fuente: Ideam (2012).

Figura 2. Brillo solar para el cultivo de arroz para Casanare y Meta



Fuente: Ideam (2012).

Figura 3. Déficit hídrico para el cultivo de arroz para Casanare y Meta



Fuente: Ideam (2012).

1.2. Contexto sectorial

1.2.1. El cultivo de arroz

El arroz (*Oryza* sp.) es uno de los cultivos de mayor importancia en el mundo; es el cereal que más se consume en el mundo después del trigo. El arroz constituye la base de la dieta de casi la mitad de la población mundial; su valor nutricional se base en carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas. El arroz aporta 360 kcal/100 g, 79 % de carbohidratos, 7 % de proteínas y 1 % de grasas (Fedearroz, 2013).

1.2.1.1. Origen y distribución

Es originario de regiones de Asia, China, Tailandia y países indochinos, donde se cultiva desde tiempos remotos; en la actualidad, se siembra en todo el mundo y se constituye en la base alimenticia de la población. Asia concentra cerca del 90 % de la producción y del consumo mundial (Fedearroz, 2014).

Se estima que el proceso de domesticación del arroz cultivado ocurrió en la India, aunque hay quienes indican que su cultivo ocurrió en la China mil años antes que en la India (Fedearroz, 2014).

El cereal fue introducido por los malayos en el este de África desde la India en la era antes de Cristo; en el norte fue introducido durante los siglos VI y VII desde Siria y Egipto, y a Marruecos en la invasión de los árabes.

Aunque antes de la llegada de los descubridores existía en América un arroz silvestre (*Zizania aquatica*), no era consumido por los habitantes locales. La llegada de esclavos africanos traídos al nuevo continente fue importante para la domesticación y el desarrollo del arroz en América, ya que conocían lo necesario para el cultivo y el aprovechamiento de las estructuras de irrigación de las plantaciones de caña de azúcar.

El arroz llegó a América en el segundo viaje de Colón, cultivado sólo desde 1512, extendiéndose desde La Española al resto de las Antillas y desde ahí hacia el continente. En Norteamérica, fue introducido a Carolina del Norte desde Madagascar en 1660 por neerlandeses, en Luisiana en 1718 por españoles y portugueses y a Suramérica en el siglo XVI por españoles y portugueses (Fedearroz, 2014).

1.2.1.2. Clasificación taxonómica

El arroz pertenece a la división *Angiospermae*, clase *Monocotyledoneae*, orden *Glumiflorae*, tribu *Oryzeae*, familia *Poaceae* (*gramineae*), con dos especies cultivadas: *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. Estas especies son diploides ($2n=24$) y de reproducción autógena. El género *Oryza* tiene más de 24 especies silvestres que crecen en regiones inundadas, semisombreadas y bosques en el sureste asiático, Austria, África, Suramérica y Centroamérica (Acevedo *et al.*, 2006).

La tabla 2 muestra que en el mundo se producen cuatro clases de arroz con predominio de la clase Índica, seguida por la Japónica.



Tabla 2. Distribución de la producción mundial de arroz por clase

Clase de arroz	Producción mundial (%)	Países productores	Características
Índica	87	Países ecuatoriales, en regiones subtropicales del centro y el sur de China, en el sur y en el sudeste asiático y en el sur de Estados Unidos.	Grano largo y delgado
Japónica	11	Japón, Corea, Taiwán, el norte y el centro-norte de China, Australia, el Mediterráneo, norte de Brasil, Uruguay y California. Crece en los climas templados.	Grano de forma redonda
Aromático: basmati Jasmine	2	India, Pakistán, Tailandia	Incluye los basmati de la India y Pakistán
Glutinous		Tailandia	Usado en postres, comidas ceremoniales y platos dulces; son exportados de Tailandia.

Fuente: FAO (2013).

Oryza sativa presenta una gran diversidad genética; la subespecie índica está distribuida en los trópicos y subtrópicos; la javánica (conocida como japónica tropical) se cultiva en Indonesia; mientras que la japónica se encuentra distribuida en zonas templadas (Acevedo *et al.*, 2006). La tabla 3 muestra las principales diferencias entre los arroces de tipo índico y japonico.

Tabla 3. Principales diferencias entre las subespecies índica y japónica

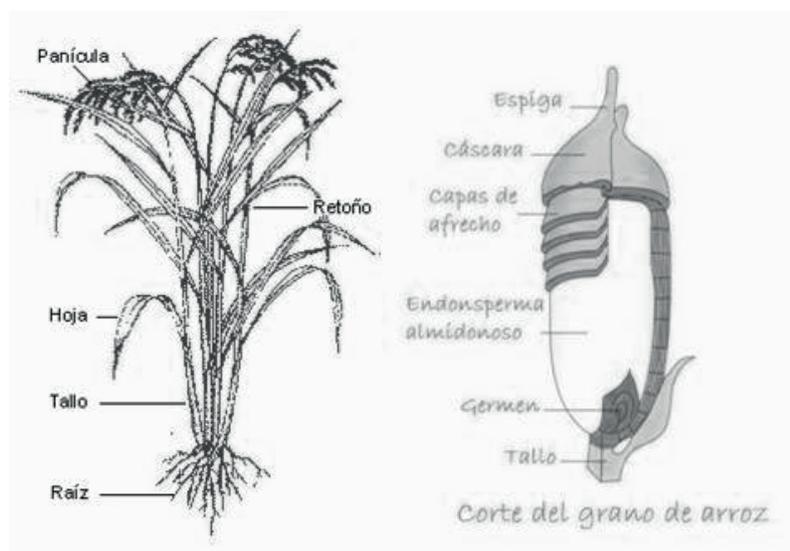
Características	Índica	Japónica
Forma y color de la hoja	Larga y verde clara	Estrecha y verde oscura
Ángulo de la hoja bandera	Agudo	Abierto
Forma del grano	Larga y fina	Larga y redonda
Arista	Fina y corta	Gruesa y larga
Distribución geográfica	Sur de China, India, Taiwán y Sri Lanka	Japón, Corea y Norte de China

Fuente: Acevedo *et al.* (2006).

1.2.1.3. Descripción botánica

La figura 4 muestra que la planta de arroz se caracteriza por tallos rectos dispuestos en macolla, con raíces delgadas, fibrosas, cilíndricas y fasciculadas. La planta alcanza una altura variable comprendida entre 80 y 150 cm según la variedad y el ambiente; posee entre 7 y 11 hojas durante la fase vegetativa (Franquet *et al.*, 2004).

Figura 4. Aspectos morfológicos del arroz (*Oryza sativa* L.)



Fuente: https://www.google.com.co/search?q=MORFOLOGIA+PLANTA+ARROZ&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewj479-a8LnVAhUGRyYKHebeCjoQ_AUIGigB&biw=1536&bih=735#imgrc=Y-bRkcY1cYIEwM

El arroz es una gramínea anual de tallos redondos y huecos con nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y con inflorescencia en panícula.

Las raíces son de dos tipos: seminales o temporales –que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal– y adventicias, permanentes o secundarias –de libre ramificación– que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Las raíces secundarias sustituyen las raíces seminales (CIAT, 2005).

El tallo es una estructura erguida, cilíndrica y glabra formada por entrenudos de diferente longitud, limitados por nudos; en cada nudo se inserta una

vaina foliar que envuelve el entrenudo inmediato superior. En el extremo más alto de la vaina, donde se articula el limbo foliar, se encuentra un lígula hialina –generalmente bífida y laciniada– de 5 a 15 mm de longitud y dos aurículas en forma de hoz, más o menos pubescentes; estas son hialinas o pigmentadas de color verde, rojo o violeta (Franquet *et al.*, 2004).

Las hojas son alternas, envainadoras, de limbo lineal, agudo largo y plano, provistas o no, de pigmentos antociánicos. La longitud de las hojas es variable, aun en plantas de la misma variedad; las hojas bajas son generalmente más cortas y estrechas. El ancho de la hoja varía entre 10 y 30 mm (Franquet *et al.*, 2004). Una hoja completa

está compuesta por la vaina, el cuello y la lámina. Igualmente, poseen lígula y aurículas, estructuras que permiten diferenciar la planta de arroz de arvenses comunes en los arrozales (CIAT, 2005).

La inflorescencia es una panícula más o menos compacta de 10 a 25 cm de longitud, sostenida por el último entrenudo, está formada por el raquis del que parten, con disposición variable, 7 a 15 ramificaciones primarias (raquillas) de diferente longitud, que forman racimos. Cuando la inflorescencia madura, adopta una posición en arco más o menos pendular (Franquet et al., 2004).

Las flores son hermafroditas de color verde blanquecino, sostenidas por pedúnculos o pedicelos; están dispuestas a lo largo de las raquillas y en la cima de las mismas. Cada raquilla lleva frecuentemente entre 5 y 15 flores. La flor es un espiguilla unifloral con seis estambres, dos estigmas plumosos; está formada por dos pequeñas glumas, de pigmentación variable, y por dos grandes glumillas que envuelven el fruto (Franquet et al., 2004).

El fruto o grano del arroz es una cariósida en que la semilla se encuentra adherida a la pared del ovario maduro o pericarpio, y está formado por la cáscara, que a la vez, está compuesta por glumelas, raquis y arista (formación filiforme ubicada en el ápice de las glumas florales). El pericarpio es de consistencia fibrosa, varía en espesor y está formado por la cutícula, el mesocarpio y la capa de células entrecruzadas. La testa constituye la cubierta de la semilla y el endospermo es la mayor parte del grano, y está conformado por sustancias almidonosas (CIAT, 2005).

De acuerdo con Quistián (2014), las plantas de arroz pasan por tres etapas secuenciales durante su crecimiento y desarrollo: la primera, vegetativa (desde la germinación de la semilla

hasta la formación del primordio panicular), en la que la planta desarrolla macollas, gana altura y genera hojas; la segunda, reproductiva (desde la formación del primordio panicular hasta la floración), caracterizada por la elongación de tallos, emergencia de la hoja bandera, el embuchamiento, la emergencia de la panícula o antesis y la floración. La tercera es la de maduración (desde la floración hasta cuando el grano alcanza su máximo peso seco), cuando se presenta senescencia de las hojas y el llenado del grano.

1.3. Contexto mundial

La producción mundial de arroz solo es superada por la del trigo. Los dos cereales proveen cerca de las dos terceras partes de las calorías consumidas por la humanidad. Aproximadamente el 90 % del arroz es cultivado y consumido en Asia; los mayores productores son China, India, Indonesia, Bangladés y Vietnam, en tanto que Brasil y Estados Unidos contribuyen con un 5 % de la producción mundial del grano (FAO, 2013).

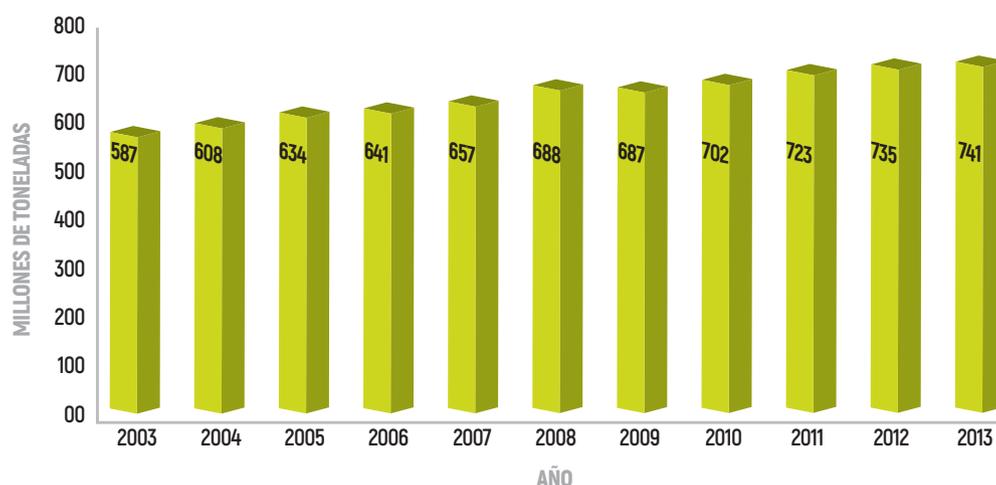
El arroz blanco es considerado un *commodity*, producto básico de la dieta humana de alta transacción mundial, que alcanzó un nivel de producción de 741 millones de t de arroz cáscara en el año 2013 (FAO, 2013).

De otra parte, el consumo per cápita global de arroz blanco entre 2000 y 2016 se mantuvo entre 53,7 y 55,3 kg/año. El mayor consumo para el año 2015 se reporta en China, con 148 millones de t, India con 99,35, Indonesia con 38,6, Bangladés con 35,3 y Vietnam con 21,9 (Statista, 2018).

1.3.1. Área y producción mundial

La producción mundial de arroz se incrementó de 215 millones de t en 1960 a 741 en 2013. Entre 2003 y 2013 creció 26 %. Para el año 2013 fue superior en 8 % con respecto al año anterior (figura 5).

Figura 5. Producción mundial de arroz en cáscara (2003-2013)



Fuente: FAO (2013).

Durante la temporada 2012-2014, tanto las áreas cultivadas como la producción de arroz paddy en el mundo crecieron levemente, tendencia que se mantuvo para el período 2014-2015. Indonesia y Tailandia se consolidaron como los principales productores del grano en términos de área cultivada y producción total. No obstante, Tailandia presenta un bajo nivel de rendimiento, comparado con países como Estados Unidos y Perú. En Suramérica, Brasil fue el país de mayor superficie sembrada, seguido por Perú y Ecuador (tabla 4).

Tabla 4. Área y producción de arroz en el mundo. Temporada 2012-2015

País	Área (millones de ha)			Producción (millones de t)		
	2012/13	2013/14	2014/15*	2013	2013/14	2014/15*
Indonesia	12,19	12,05	12,16	36,55	37,36	37,7
Tailandia	10,84	10,9	10,90	20,20	20,2	20,5
Brasil	2,39	2,42	2,45	8,04	8,50	8,5
Estados Unidos	1,08	1,00	1,23	6,34	6,12	7,23
Perú	0,39	0,41	0,40	2,10	2,16	2,10
Ecuador	0,37	0,40	0,40	1,57	1,60	1,60
Otros países	130,76	133,39	133,94	396,87	401,52	401,8
Mundo	158,02	160,57	161,48	471,66	477,46	479,43

* Estimado año 2015.

Fuente: Minagricultura (2016).

Por su parte, la FAO (2018) indica que la producción mundial de arroz para el año 2016 llegó a 755,1 millones de t, cifra que supera los promedios del período 2013-2015, que llegó a 742,2 millones. El mayor volumen producido se concentró en países en desarrollo, con cerca del 96,7 % del total mundial.

1.3.2. Dinámica de mercados a nivel global

Con respecto a la comercialización mundial del grano, los volúmenes transados son muy distintos a la producción; gran parte de esta se emplea para satisfacer la demanda en las mismas regiones productoras.

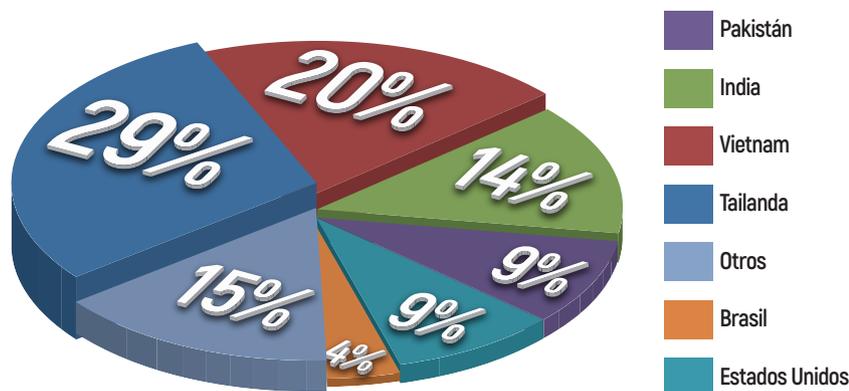
No obstante, en la serie histórica puede apreciarse una tendencia creciente en las exportaciones mundiales de arroz blanco entre 2003 y 2011, atribuible a factores como el crecimiento de la población mundial, los cambios en las preferencias de consumo generados por la disponibilidad de los cereales y el cambio en el uso de la tierra para la producción de alimentos y biocombustibles (figura 6).



Fuente: FAO (2013).

De 723 millones de t de arroz producidas en el año 2011 (equivalentes a 427 de arroz blanco), tan solo 36 millones, es decir, el 8 % de la producción mundial, fueron exportadas. A su vez, este último representó un incremento del 10 % con respecto al nivel alcanzado en el año 2010 y del 19,3 % con respecto a los 30,4 millones de t de arroz exportadas en el año 2003. Para el último año, la región con mayor participación en las exportaciones fue Tailandia con 29 %, seguido de Vietnam con 20 % e India con 14 % (figura 7).

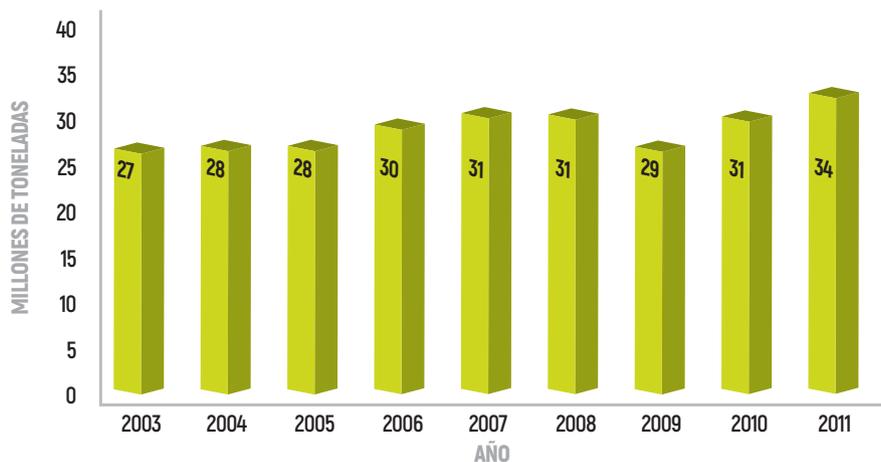
Figura 7. Distribución de las exportaciones mundiales de arroz (2011)



Fuente: FAO (2013).

Las importaciones presentaron una tendencia creciente entre 2003 y 2011 de acuerdo con lo reportado por la FAO (2013). Para el año 2011 se consolidó un volumen de 34 millones de t, lo que representó un aumento del 9,7 %, respecto al segundo mayor registro del período analizado (figura 8).

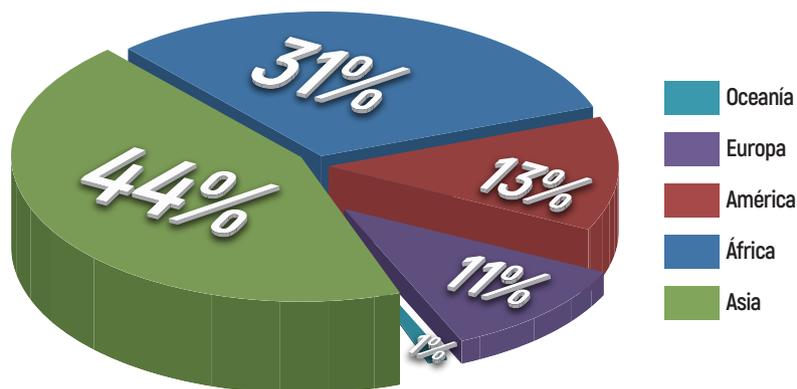
Figura 8. Importaciones mundiales de arroz blanco elaborado (2003-2011)



Fuente: FAO (2013).

Para el año 2011, las regiones de mayor importación de arroz fueron Asia (44 %), África (31 %), América (13 %) y Europa (11 %). La distribución de las importaciones es mucho más atomizada que la distribución de los países exportadores (figura 9).

Figura 9. Distribución de las importaciones mundiales de arroz (año 2011)



Fuente: FAO (2013).

1.4. Contexto nacional

De acuerdo con Jennings (1961), el arroz en Colombia se cultivó junto con el maíz en 1580 en el valle del Magdalena; en Mariquita se producía arroz con métodos similares a los del cultivo de trigo. En Antioquia el arroz fue introducido por los jesuitas a mediados del siglo XVIII; en 1778 el cultivo estuvo alrededor de San Jerónimo, en las terrazas altas e impermeables sobre el río Aburrá, en las llanuras de Sopetrán.

En los Llanos Orientales los primeros cultivos de arroz se hicieron en 1869 en San Martín y en algunas fincas de las sabanas de Apiay. En 1906 se sembraron cultivos comerciales en las colonias penales de los Llanos. En la costa del Pacífico y a lo largo del río Atrato, hacia 1828, se utilizaron pequeñas zonas para el consumo local. En 1875 se cultivó arroz en la parte baja del río Mira (Rosero, 1992). En la costa atlántica, la siembra del arroz secano manual se remonta a la época de la conquista española. En las partes bajas de los ríos Cauca, Sinú y San Jorge, descendientes de la cultura zenú cultivaron arroz utilizando tecnologías traídas por los inmigrantes españoles (Degiovanni, 1986).

De acuerdo con Rosero (1992), el arroz secano manual en Colombia fue el principal sistema de producción hasta aproximadamente 1930, cuando empezó a cultivarse en sistemas de riego y secano mecanizado. No obstante, entre 1930 y 1950, en la Orinoquia y Amazonia, el sistema secano manual o a chuzo fue utilizado por los colonos en la apertura de tierras para la agricultura y ganadería. Este sistema de producción consistía en la tala de bosques, quema y siembra de arroz en forma manual, al voleo o a chuzo.

El cultivo del arroz representa el 9,4 % del área agrícola nacional. Su producción se concentra en 18 departamentos del país, principalmente en

Tolima, Huila, Meta y Casanare (Minagricultura, 2016). Es uno de los más importantes cultivos de ciclo corto en Colombia; se considera el segundo producto en área sembrada y el primero en valor de la producción.

En Colombia el arroz se cultiva en temperaturas promedio entre 23 y 29 °C y condiciones de precipitación pluviométrica muy variadas. Para la producción del grano se cuenta con dos sistemas diferenciados de acuerdo con la forma de siembra: mecanizado y tradicional (o manual).

- Mecanizado: empleo de maquinaria en el proceso productivo del cultivo.
- Tradicional: empleo intensivo en mano de obra.

De igual manera, en el arroz mecanizado se distinguen dos sistemas:

- Arroz de riego: es aquel en que el recurso hídrico es provisto por bombeo o gravedad, ya sea que el agua provenga de distritos de riego públicos o privados.
- Arroz secano: es aquel en que el agua únicamente proviene del período de lluvias. Normalmente, se dispone de canales de drenaje.

El arroz mecanizado representa el 95 % de la zona de los arrozales y el 98 % de la producción, se ubica en la mayor parte de las llanuras centrales y orientales de Colombia.

Durante el primer semestre del año se concentra la mayor actividad arrocera del sistema mecanizado en Colombia con 66,8 % del área sembrada y el 25,8 % de la producción; en el segundo semestre, la cosecha llega al 74,2 % de la producción anual con solo el 31,2 % del área cultivada. Los Llanos

Orientales registran la mayor área sembrada, especialmente para el primer semestre del año, en el sistema seco. Por su parte, la zona centro es la más productiva.

En el país se practican varias modalidades de siembra, las cuales son:

- Siembra de semilla seca en suelo, al voleo de forma manual o mecánica.
- Siembra de semilla seca en suelo seco, en surcos distanciados 17 a 22 cm, con uso de máquinas sembradoras especiales.
- Fanguero, que es la siembra por trasplante de plántulas procedentes de semillero.
- Secano manual, utilizando una estaca para abrir un hueco y depositar tres a cinco semillas por sitio, con distancia de siembra entre 30 y 40 cm.
- Secano mecanizado arroz-pastos, con siembra seca de arroz, en surcos y siembra simultánea de semilla de pasto en los entresurcos. El sistema está diseñado para establecer o recuperar praderas degradadas.

Los suelos cultivados con arroz secano mecanizado se localizan en las llanuras aluviales recientes,

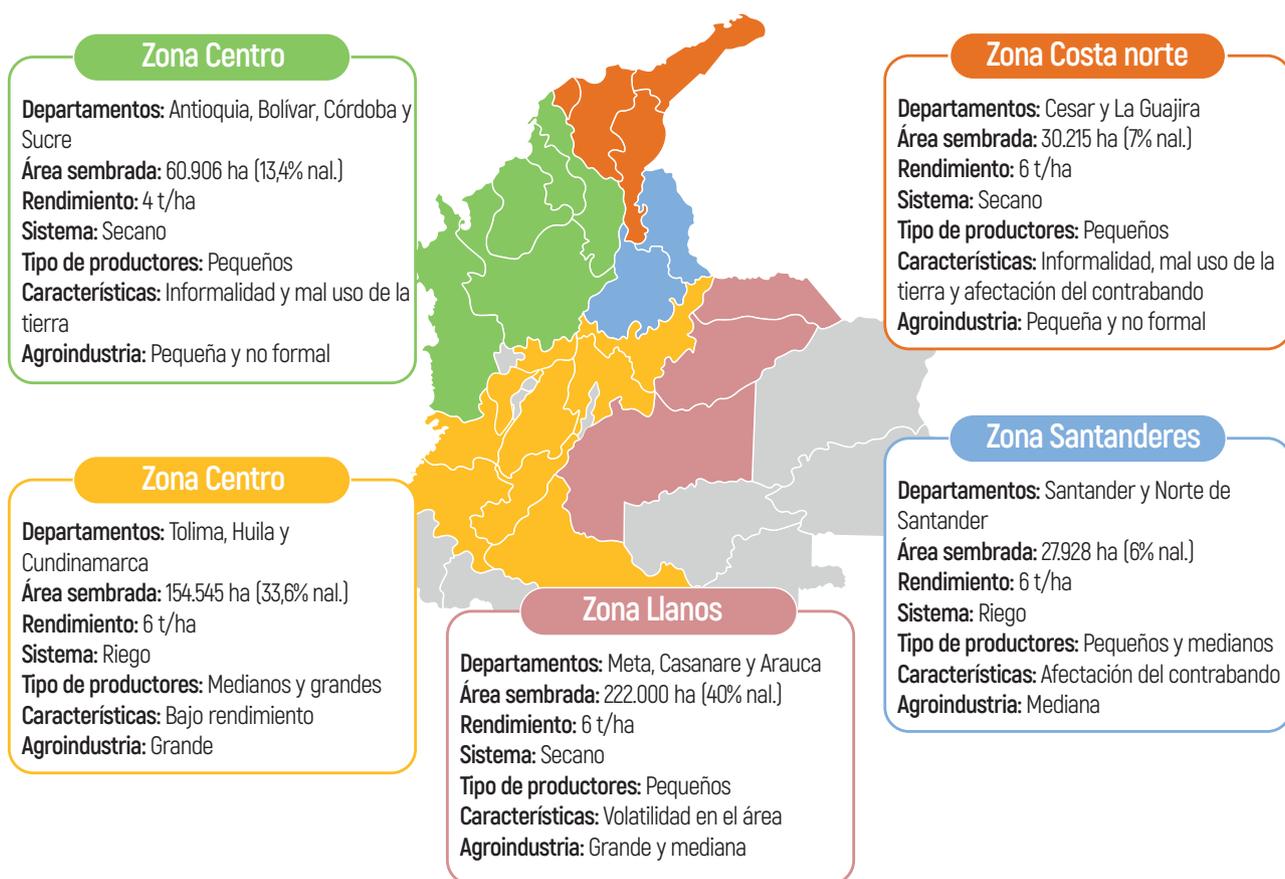
denominadas vegas y vegones. Su fertilidad es moderada a alta, con baja o nula presencia de aluminio intercambiable que no necesita enmiendas al suelo y la fertilización se basa en el análisis de suelos. Por su parte, los suelos de arroz riego están localizados en terrazas medias y bajas del piedemonte llanero y otras zonas del país; en el piedemonte llanero la acidez y el contenido de aluminio son relativamente altos, pero el efecto de la inundación continua hace que solo se necesite mínimo encalado (Ariztizábal, s. f.).

El cultivo de arroz en el país es generalmente en monocultivo, aunque también hay algunas experiencias en sistemas asociados con arroz de secano, donde se combina con cultivos transitorios y de pancoger, entre los que se destacan, maíz y ñame.

Los resultados del IV Censo Nacional Arrocero para el año 2016 permiten identificar cinco zonas donde se encuentra la producción del cereal en Colombia: Llanos, Costa Norte, Centro, Santanderes y bajo Cauca. Las áreas de riego (40 % del total nacional) se concentran en las zonas Centro y Santanderes, mientras que el secano (60 % del total nacional) se presenta en los Llanos, Costa Norte y bajo Cauca (figura 10).



Figura 10. Zonas arroceras de Colombia



Fuente: Minagricultura (2016).

1.4.1. Requerimientos del cultivo

Franquet y Borràs (2004) indican que el arroz es un cultivo tropical y subtropical; la mayor producción se concentra en climas húmedos tropicales, seguidos por las regiones húmedas subtropicales y por los climas templados y mediterráneos. El cultivo se extiende entre 49° de latitud norte y 35° de latitud sur y se adapta desde el nivel del mar hasta 2500 m s. n. m.

Durante la fase vegetativa, la baja luminosidad afecta ligeramente el rendimiento y en la fase reproductiva el sombreado reduce el número de flores y, en consecuencia, el rendimiento por deficiente llenado del grano. El período crítico que define el rendimiento final del arroz dura unos

45 días, comprendido desde 15 días antes de la floración hasta la cosecha (Benacchio y Avilán, 1991).

El arroz es una planta que requiere humedad permanente durante el ciclo vegetativo: el período crítico de necesidad hídrica son los diez días antes de la floración; si hay déficit de agua en ese período, se causa esterilidad en las flores; esa situación es irreversible, no se resarce si después de la floración se aplica suficiente agua.

La mayoría de las variedades mejoradas se adaptan a secano mecanizado y riego. Si durante la fase vegetativa se presenta escasez de agua, el suministro suficiente de esta en los diez días que preceden a la floración no comprometerá

la producción, independientemente de la precipitación (Benacchio y Avilán, 1991).

El arroz se cultiva en suelos de condiciones físicas y químicas muy variadas y responde favorablemente al suministro adecuado de nutrientes (Guerrero, 1989); para su mecanización se prefieren las zonas planas.

1.4.2. Variedades de arroz en Colombia

La principal especie de arroz cultivada en Colombia es *Oryza sativa*, de origen asiático, de donde proceden la mayoría de cultivares. La otra especie sembrada en el mundo corresponde a *Oryza glaberrima*, procedente del delta del Níger en África; se encuentra mucho más restringida ya que su ámbito alcanza desde su zona de origen hasta el Senegal (Botanical online, s. f.).

Las variedades de arroz sembradas en el país pertenecen al grupo Índica, las cuales han sufrido procesos de mejoramiento genético. La mayoría de los cultivares comerciales en Colombia tienen un período vegetativo de 115 a 135 días; asimismo, se caracterizan por poseer porte bajo (80 a 90 cm) o intermedio (90 a 110 cm), hábito de crecimiento erecto; la posición de la hoja bandera es erecta y el macollamiento es intermedio (6 a 15 macollas/planta). Presentan tallos fuertes y flexibles, resistentes al volcamiento, y además un potencial de rendimiento superior a 5 t/ha (Aristizábal, s. f.). Es frecuente encontrar en Colombia rendimientos superiores a 6 t/ha, llegando en tierras óptimas con riego a 9 t/ha.

Fedearroz (s. f.) reporta que en Colombia se han entregado a los agricultores más de 30 variedades de arroz desde 1970. Entre

las primeras se destacan las IR-22, IR-8 y Cica 4. Posteriormente se desarrollaron las Oryzica 1, Oryzica Llanos 5, Caribe 8 y Cica 8. A partir de 1997 se han entregado las variedades Fedearroz 50, Colombia XXI, Fedearroz 2000, Fedearroz 473, Fedearroz 369, Fedearroz 275 y más recientemente Fedearroz 60 y Fedearroz 174.

1.4.3. Aspectos fitosanitarios

El cultivo del arroz presenta una serie de arvenses, de plagas y enfermedades de importancia económica que afectan la calidad y el rendimiento del grano.

Las arvenses compiten con el cultivo: provocan reducción del rendimiento, contaminan los suelos, generan mezclas en la trilla, disminuyen la calidad del grano cosechado y, en general, aumentan los costos de producción por efecto de su control. De acuerdo con su ciclo vegetativo, las arvenses se clasifican en anuales, bianuales o perennes; por su origen, en nativas e introducidas; por la morfología y anatomía, pueden ser gramíneas, commelináceas, cyperáceas y de hoja ancha.

En la producción de semilla de arroz se distinguen arvenses prohibidas, nocivas y comunes (Fedearroz, 2014). También es común la presencia de los conocidos «arrocetes rojos» (*Oryza sativa* L.), que generan bancos de semilla que contaminan los suelos y, en poscosecha, mezclas.

Las estrategias para el manejo de arvenses en el cultivo de arroz se centran en el control químico mediante la aplicación de herbicidas, aunque también se hace uso de medidas culturales, como son el uso de semilla libre de mezclas varietales, limpieza de maquinaria, eliminación de arvenses en bordes y canales, uso de cultivares vigorosos, altas densidades de siembra, rotación de cultivos, inundación y manejo de la fertilización, entre otras (Fedearroz, 2014).

De otra parte, los insectos, al igual que las enfermedades, causan pérdidas económicas, afectan el desarrollo del cultivo y se propagan rápidamente por deficientes prácticas agronómicas (Cuevas, 2001). La mayoría de plagas son insectos fitófagos, entre los cuales se distinguen barrenadores del tallo, masticadores, minadores y raspadores del follaje, chupadores e insectos que atacan la panícula (Fedearroz, 2014). A continuación se presenta una breve reseña de las principales plagas del cultivo del arroz.

- Sogata (*Tagosodes oryzae* Muir): vector del virus de la hoja blanca, causa daño mecánico directo por perforaciones debidas a la alimentación y por la oviposición en hojas y tallos de las plantas de arroz, especialmente entre los estados de plántula y embuchamiento. El adulto del insecto oscila entre 24 y 36 días; las hembras depositan hasta 200 huevos en dos o tres días. Las ninfas emergen en unos ocho días; pasan por cinco instares ninfales, que duran en promedio 15 días, hasta transformarse en adultos nuevamente. La plaga se presenta especialmente en épocas secas.
- Barrenador del tallo (*Diatraea* spp.): barrenador de amplia adaptabilidad ecológica determinada por factores climáticos, variedades de arroz, cultivos hospederos (caña de azúcar, maíz y sorgo), manejo del riego, nutrición del cultivo, aplicaciones de insecticidas no específicos y la reducción de controladores biológicos. La inundación acompañada de épocas secas permite la penetración de las larvas que, al alimentarse, ocasionan el denominado «corazón muerto» en cultivos antes del espigamiento o «panículas blancas» desde la floración. La altura de la lámina de agua hace que las larvas inicien los daños en las partes altas de la planta, con mayor intensidad e importancia económica en la floración del cultivo (Fedearroz, 2014).

En el cultivo del arroz se presentan además plagas, como chinches, grillos y ácaros fitopatógenos de importancia económica regional.

Finalmente, las enfermedades son limitantes para la producción del cereal. A continuación se presentan las de mayor importancia para el cultivo de arroz en Colombia:



- Añublo del arroz, piricularia o bruzone: enfermedad de mayor importancia del arroz producida por *Pyricularia oryzae* especialmente en los Llanos Orientales y de mayor severidad en el sistema de secano, en suelos de baja fertilidad. Ataca desde la germinación de la planta hasta su máximo macollamiento y desde la emergencia de la panícula hasta la maduración del grano. En las hojas, provoca lesiones elípticas con centro grisáceo o blanquecino y bordes color café o ladrillo; en la panícula, presenta una mancha color pardo grisáceo que rodea la base o cuello. Temperaturas de 25 a 28 °C y humedad relativa

superior a 80 %, con más de 12 horas de rocío y períodos de baja luminosidad, favorecen el desarrollo del patógeno. Igualmente, altas densidades de siembra y excesiva fertilización nitrogenada favorecen la enfermedad (Higuera y Cuevas, 2014; Fedearroz, 2014).

- Añublo de la vaina: su agente causal es *Thanatephorus cucumeris* Frank (*Rhizoctonia solani*). Presenta lesiones elípticas verdegrisáceas que pueden crecer y unirse con otras lesiones, sobre todo en las vainas más bajas de la hoja, pero de vez en cuando en las hojas. No existe reporte de variedades resistentes; se recomienda el uso de fungicidas específicos y de semilla certificada. Su mayor severidad se presenta en las zonas Centro y Costa Norte del país; se caracteriza por su distribución en focos y produce volcamiento de las plantas y maduración precoz. La enfermedad está



favorecida por alta humedad relativa o temperaturas altas (Higuera y Cuevas, 2014).

- Añublo bacterial de la panícula: *Burkholderia glumae*, causa pudrición de granos y plántulas de arroz; la bacteria habita en el suelo y puede sobrevivir en cultivos de tomate, ají, berenjena, perilla y ajonjolí y en varias arvenses asociadas al cultivo de arroz. Las lesiones causadas por insectos y condiciones de estrés facilitan la penetración de la bacteria; también puede hacerlo por los hidátodos (estomas localizadas en el envés y los bordes de sus hojas). La enfermedad se transmite por la semilla, flores, hojas y residuos de cosecha; puede presentarse en las raíces del arroz sin mostrar síntomas y durante el embuchamiento crece en los tallos y hojas. El período crítico es durante la emergencia de la panícula y la floración. Se multiplica rápido en las panículas e infecta las espiguillas una vez que salen. El daño lo causa el taponamiento de los haces vasculares de la planta causado por la producción de toxoflavina, una toxina que sintetiza la bacteria a temperaturas de 30 a 37 °C. De acuerdo con Higuera y Cuevas (2014), las plantas afectadas presentan vaneamiento del grano, panículas erectas, decoloración del grano, raquis verde y hoja bandera sana de color verde intenso. Las condiciones favorables para el patógeno son altas temperaturas nocturnas y alta humedad relativa durante la floración del cultivo (Fedearroz, 2014).
- Virus de la hoja blanca (VHB): el agente causal es un tenuivirus cuyo vector es *Tagosodes oryzae*. Los síntomas se observan entre 10 y 15 días después de la inoculación del virus en las hojas que emergen, a manera de bandas blancas, moteado clorótico, blanqueamiento o amarillento y variegación o mosaico. Estas manchas, al incrementarse se fusionan formando franjas de color amarillo pálido a lo

- largo de la hoja; posteriormente se presenta un secamiento descendente de las hojas. Las panículas se deforman y distorsionan en espiral del eje (comúnmente conocida como pico de loro); las espiguillas sufren manchas y vaneamiento. Las plantas enfermas presentan enanismo, pobre macollamiento, disminución en número y bajo vigor de raíces, así como espigas vanas, deformes por excersión incompleta y manchas (Higuera y Cuevas, 2014; Fedearroz, 2014).
- Mancha marrón, mancha parda o helminthosporiosis: el hongo *Cochliobolus miyabeanus* (*Bipolaris oryzae*) genera manchas pequeñas, ovaladas o circulares y café oscuras en las hojas. Las lesiones usualmente son de un color pálido y en el centro, normalmente color gris, la mayoría de las manchas tienen un halo amarillo claro alrededor del borde externo (Fedearroz, 2014).
 - Escaldado de la hoja: el hongo *Rhynchosporium oryzae* ataca las hojas viejas; las lesiones comienzan generalmente en la punta de las hojas. Al comienzo aparecen manchas irregulares, saturadas de agua, que se transforman en áreas grandes rodeadas por bordes de color café oscuro alrededor de las áreas internas más claras. La enfermedad es común en arroz de secano en América central y en algunas regiones de América del Sur. La enfermedad puede producir pérdidas en rendimiento cuando el ataque es severo (Fedearroz, 2014).
 - Manchado de grano. Complejo de varias especies de los géneros *Sarocladium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, *Gerlachia*, *Fusarium*, *Phoma*, *Curvularia*, *Trichoconiella* y *Pseudomonas*. Produce oscurecimiento de marrón a negro de las espiguillas, incluyendo el daño de las glumas provocado por uno o más patógenos. La enfermedad produce decoloración esporádica hasta la decoloración de la gluma entera (Fedearroz, 2014).
 - Pudrición de la vaina: la enfermedad provocada por *Sarocladium oryzae* genera lesiones café-grisáceas oblongas o irregulares en la vaina de la hoja bandera cerca de la panícula; algunas veces ahorcan la panícula (Fedearroz, 2014).
 - Mal de pie, mancha naranja o pudrición café de la vaina: *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* ataca las raíces en todos los estados de crecimiento; puede producir la muerte de plántulas, pero el ataque frecuentemente es posterior, lo que produce enanismo y reducción del macollamiento; al acercarse a la madurez, las plantas infectadas pueden mostrar inflorescencias muertas decoloradas. La base de las plantas infectadas a veces se ennegrece y bajo las vainas foliares se desarrollan el micelio oscuro y las peritecas; cuando las raíces adventicias se infectan, y si el tiempo es cálido y seco, los daños son considerables por la maduración prematura de las plantas, vaneamiento y pérdida de peso del grano. La enfermedad aparece en focos más o menos circulares que afectan a unas pocas plantas o pueden extenderse a casi todo el lote (ICA, 2002).
 - Añublo del arroz o piricularia en hoja: el hongo *Magnaporthe oryzae* o *Procuraria oryzae* genera lesiones que se inician cerca de la punta de la hoja, en los márgenes foliares o en ambos y se extienden hacia abajo y hacia fuera de los bordes. Las lesiones jóvenes son de verde pálido a verde grisáceo, para tornarse amarillo a gris. En variedades muy susceptibles, las lesiones se extienden a la lámina foliar entera y a la lígula de la vaina; en la germinación de la semilla, causa marchitez o muerte de las plantas (Fedearroz, 2014).

1.4.4. Recomendaciones de manejo

En la decisión de siembra de un cultivo comercial de arroz, deben considerarse la planeación integral de las diferentes actividades que permita minimizar los riesgos de pérdidas por efectos ambientales, así como las necesidades de recursos económicos, de insumos, mano de obra que respondan a los requerimientos de sostenibilidad ambiental, productividad y de los mercados.

1.4.4.1. Previo a la siembra

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

Se inicia con la selección de una zona apta para el establecimiento y desarrollo del cultivo. Para tal fin, el productor debe contar con información sobre las características de la región en sus diferentes componentes (físico, socioeconómico y

socioecosistémico); es aconsejable descartar zonas marginales donde el comportamiento del cultivo sea deficiente, zonas no aptas por exclusiones ecosistémicas y legales o donde los costos de producción comprometan la rentabilidad de la actividad. Se prefiere que la zona cuente con suficiente infraestructura de vías, acceso a molinos, centros de distribución de insumos y, en general, con los recursos necesarios que permitan la mayor competitividad de la producción del grano.

Asimismo, la acertada selección del lote por parte del agricultor redundará en una adecuada respuesta del cultivo. Es necesario identificar en su historial el uso dado en los últimos años, su potencial productivo, la presencia o posibilidades de prevalencia de problemas fitosanitarios, especialmente de arvenses o los riesgos asociados con erosión e inundaciones, entre otros aspectos.

La selección del material genético permitirá que el grano cumpla con los requerimientos del mercado; es importante que la planta se adapte



a las condiciones climáticas y tipo de suelo de la zona de acuerdo con la información que suministre el productor de la semilla en relación con la arquitectura de la planta, rendimiento, precocidad, resistencia al vuelco, altura de planta, calidad del grano, respuesta a plagas y enfermedades, resistencia a sequía y demás características agronómicas.

Para la mayor parte de los cultivares comerciales se indican recomendaciones generales de clima, sistema de cultivo (riego o secano), calidad molinera y comportamiento frente a problemas fitosanitarios; no obstante, la respuesta del material seleccionado estará condicionada a la variación de los elementos climáticos y de las propiedades de los suelos, así como a su manejo agronómico, entre otros factores.

La semilla es uno de los insumos de mayor impacto en el cultivo, por ello debe reunir *óptima calidad*. Se recomienda el uso de semilla de calidad, la cual viene acompañada de su respectivo paquete tecnológico de manejo. Las denominadas “semillas de costal” representan el principal medio para la diseminación de problemas fitosanitarios, con lo que se comprometen, en buena medida, la calidad y el rendimiento del grano cosechado.

Una vez seleccionadas el área por sembrar y la semilla, se requiere elaborar un plan de fertilización, que parte de la información de las propiedades del suelo, los requerimientos nutricionales del cultivar elegido y el nivel de producción deseado. Inicia con la toma anticipada de muestras de suelos para determinar su fertilidad y, a través del diagnóstico hecho por un profesional, tomar la decisión del uso de correctivos, así como la aplicación de materia orgánica y de elementos nutricionales tanto edáficos como foliares complementarios que se requieran.

La preparación del terreno debe responder a un correcto manejo del suelo, que permita condiciones adecuadas para la emergencia de la semilla. Se recomienda el uso de implementos que remuevan el suelo pero no alteren sus propiedades físicas; para tal fin, la intervención se debe adelantar en las condiciones apropiadas de humedad sin sobrepasar los límites de velocidad de operación de la maquinaria agrícola. El sobrelaboreo y el uso intensivo de implementos tienen como consecuencia la pérdida del suelo, sobrecostos y un efecto negativo en el potencial productivo de los lotes. En algunas regiones es más utilizado el tipo de preparación con implementos de roturación vertical, como los cinceles, ya sean rígidos o vibratorios.

1.4.4.2. Durante el desarrollo del cultivo

En la zona de los Llanos Orientales, debido a la fragilidad de los suelos, los sistemas más utilizados son los de mínima labranza o siembras directas –dirigidos a conservar los suelos–; también se hacen siembras al voleo incorporando la semilla al suelo mediante el pase de una rastra liviana. Debido a que en esta zona los pH son bajos y los contenidos de aluminio altos, es necesario hacer la práctica de encalamiento previa a la siembra para neutralizar el excesivo aluminio presente en el suelo. Una vez incorporado el correctivo, la siguiente cosecha de arroz se hace en siembra directa o al voleo con la incorporación de la semilla al suelo con un rastrillo liviano, conservando los residuos de la cosecha anterior, todo con el enfoque de poder conservar los suelos y evitar cualquier tipo de erosión. Los reajustes de encalamiento se hacen incorporando el material encalante con una rastra liviana tratando de mover lo menos posible el suelo.

En la zona del Valle del Cauca y Cauca no se cultiva arroz en el sistema de secano, sino que todo se

hace bajo la modalidad de riego. Aunque en la región del Tolima-Huila predomina el sistema de riego, en las pocas áreas donde se cultiva en el sistema de secano los suelos se preparan de forma convencional, se hacen bordas a fin de poder aprovechar lluvia y evitar que el agua se pierda.

De otra parte, se hace necesario atender las recomendaciones de una nutrición balanceada basada en épocas, frecuencia, dosis y sistemas de aplicación. En cuanto a la forma, se recomienda incorporar los nutrientes, ya sea en banda con la abonadora, evitando que queden en contacto con la semilla. No obstante, en arroz secano la mayor parte del fertilizante se aplica al voleo debido a la rapidez del método y a que el sistema de siembra al voleo no permite la incorporación de los fertilizantes. Las aplicaciones al voleo son menos eficientes y generan pérdidas, especialmente por arrastre, lo cual además promueve la contaminación de las fuentes de agua.

El fraccionamiento es una práctica recomendable para el manejo de la fertilización del cultivo del arroz, en particular para mejorar la eficiencia de nutrientes, como el nitrógeno, sin sobrepasar los niveles, que podrían inducir el volcamiento de las plantas.

Las arvenses no solo compiten con el cultivo por agua, luz, nutrientes, CO₂ y espacio, sino que también sirven de hospedantes de plagas y enfermedades; adicionalmente, contaminan los suelos con sus semillas y demás estructuras reproductivas. Por lo tanto, el cultivo debe permanecer libre de competencia de estas plantas a lo largo del ciclo productivo. El diagnóstico de la población potencial de arvenses permitirá un control más eficiente ya sea en presiembra, preemergencia o posembrancia. La aplicación de herbicidas selectivos se constituye en la principal medida de control.



El productor debe garantizar que las condiciones de crecimiento y de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo sean adecuadas. Prácticas como la aplicación de fertilizantes foliares sirven para superar condiciones de estrés o algunas deficiencias nutricionales específicas.

Para el control de plagas, enfermedades y arvenses, el agricultor debe atender, entre otras, las recomendaciones de manejo integrado, que contemplan aspectos como la correcta identificación del agente causal y efectuar continuos muestreos y monitoreos que permitan determinar su presencia, nivel de daño y las posibles medidas de control. La aplicación de plaguicidas de síntesis química debe atender las recomendaciones de dosis, frecuencias, épocas, sistemas, compatibilidad, período de carencia y demás información consignada en las etiquetas, incluyendo el manejo posconsumo de sus residuos peligrosos y el cuidado de los humanos, los animales y el medioambiente.

En arroz es importante evitar llegar a la cosecha con semillas de arvenses, especialmente del denominado «arroz rojo» en sus diferentes variantes, el cual es un contaminante del grano de arroz comercial, que genera castigo del comprador.

1.4.4.3. En cosecha y poscosecha

Se requiere atender las recomendaciones de una cosecha adecuada. Es necesario determinar el punto ideal de humedad del grano y prever los niveles máximos de impurezas por arvenses o de arroz rojo que permitan al agricultor llegar al molino con un producto de óptima calidad comercial. El proceso de recolección con maquinaria requiere la calibración previa de la cosechadora, que impida

grandes pérdidas por deficiente corte o limpieza, o daños físicos en los granos.

Lotes en permanente explotación de arroz se pueden rotar con otras especies vegetales, siembra de abonos verdes o dejar en descanso que permita el manejo del banco de semillas de arvenses, disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, y reponer o equilibrar los nutrientes del suelo.

Como respuesta a las necesidades de mejorar el cultivo de arroz en Colombia, Fedearroz implementó el programa Amtec (Adopción Masiva de Tecnología) en el año 2012 a través de transferencia de tecnología basado en la sostenibilidad y la responsabilidad social que propende a la organización, la competitividad y la rentabilidad del productor, implementando tecnologías en forma integral masiva para aumentar el rendimiento y reducir los costos de producción.

Uno de los principales retos del cultivo del arroz es identificar el origen del vaneamiento de la espiga del arroz, fenómeno asociado a diferentes agentes causales, entre ellos hongos, bacterias y virus, así como plagas relacionadas o algunas condiciones ambientales desfavorables durante etapas finales del cultivo.

1.4.5. Importancia económica

De acuerdo con lo reportado por Fedearroz (2017), se observa una tendencia decreciente en las áreas de siembra de arroz en Colombia entre 1999 y 2007, para llegar a un nivel récord de área sembrada en el año 2016. No obstante, el rendimiento de arroz paddy verde en este año disminuyó a niveles cercanos a los años 1988 y 1999 producto de las siembras realizadas en zonas pocas aptas para este cultivo (tabla 5).

Tabla 5. Evolución del área sembrada, producción y rendimiento del arroz mecanizado en Colombia período 1988-2016

Censo arrocero (año)	I Censo (1988)	II Censo (1999)	III Censo (2007)	IV Censo (2016)
Área sembrada primer semestre (ha)	246.583	288.963	223.353	392.647
Producción paddy verde segundo semestre (t)	1.349.467	1.652.627	1.401.614	2.206.621
Rendimiento segundo semestre (t/ha)	5,5	5,7	6,3	5,6

Fuente: Fedearroz (2017).

De otra parte, la dinámica de la producción y la industrialización permite afirmar que la capacidad molinera instalada en Colombia presenta un avanzado desarrollo tecnológico (especialmente referido a secado y molienda) comparado con Estados Unidos, Brasil, Uruguay y Venezuela. Además, esta actividad presenta un mayor crecimiento que los registrados por las industrias alimentaria y manufacturera nacional (DANE, 2015).

De otra parte, la producción de arroz en Colombia presenta una mayor participación de pequeñas unidades productoras de arroz (UPA), menores de 10 ha, aunque el mayor porcentaje de la producción está entre 10 y 200. En promedio, los rendimientos reportados para el primer semestre son mayores que los del segundo (tablas 6 y 7).

Tabla 6. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento en arroz mecanizado por rango de área. Primer semestre de 2016

Rango de área (ha)	UPA		Área		Producción (paddy verde)		Reandimiento (paddy verde)	
	Número	Porcentaje	ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha	
< 10	7.408	71,7	28.613	22,2	168.916	22,1	5,9	
10 - < 50	2.469	23,9	47.334	36,8	285.252	37,3	6,0	
50 - < 200	413	4,0	35.165	27,3	204.910	26,8	5,8	
> 200	49	0,5	17.585	13,7	106.277	13,9	6,0	
Colombia	10.339	100,00	128.698	100,00	765.355	100,00	6,0	

Fuente: Fedearroz (2017).

Tabla 7. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento en arroz mecanizado por rango de área. Segundo semestre de 2016

Rango de área (ha)	UPA		Área		Producción (paddy verde)		Rendimiento (paddy verde)
	Número	Porcentaje	ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha
< 10	13.119	65,0	47.572	12,0	271.696	12,3	5,7
10 - < 50	5.326	26,4	109.649	27,6	629.333	28,5	5,7
50 - < 200	1.444	7,2	130.040	32,7	701.716	31,8	5,4
> 200	285	1,4	109.998	27,7	603.876	27,4	5,5
Colombia	20.174	100,00	397.259	100,00	2.206.621	100,00	5,6

Fuente: Fedearroz (2017).

1.4.5.1. Extensión de cultivos en Colombia y ubicación de núcleos de producción

Colombia sembró 570.802 ha en arroz para el año 2016, para una producción de 2.971.975 t de paddy verde y un rendimiento promedio de

5,3 t/ha. Por departamentos, Casanare aportó el 28,6 %, Tolima el 27,5 % y Meta el 13,8 % (Fedearroz, 2017). Las tablas 8 y 9 muestran el área cosechada, la producción y el rendimiento de arroz seco mecanizado para el primer y segundo semestres de 2016 por zonas, respectivamente.

Tabla 8. Área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por zona para el primer semestre de 2016 en Colombia

Zona arrocera	Primer semestre de 2016				
	Área		Producción		Rendimiento
	Ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha
Bajo Cauca	12.170	67,9	36.983	59,6	3,0
Centro	1366	7,6	4532	7,3	3,3
Costa Norte	328	1,8	1519	2,5	4,6
Llanos	3746	20,9	17.522	28,2	4,7
Santanderes	328	1,8	1500	2,4	4,6
Total Colombia	17.936	100,00	62.057	100,00	3,5

Fuente: Fedearroz (2017).

Tabla 9. Área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por zona para el segundo semestre de 2016 en Colombia

Zona arrocerera	Segundo semestre de 2016				
	Área		Producción		Rendimiento
	ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha
Bajo Cauca	48.022	19,2	187.760	15,1	3,9
Centro	1073	0,4	5202	0,4	4,9
Costa Norte	951	0,4	4554	0,4	4,8
Llanos	199.908	79,8	1.046.079	84,0	5,2
Santanderes	505	0,2	2341	0,2	4,6
Total Colombia	250.458	100,00	1.245.936	100,00	5,0

Fuente: Fedearroz (2017).

En el año 2016 se presentó un 93,3 % del área sembrada en arroz durante el segundo semestre, con alta participación de la zona de los Llanos Orientales (74,5 % del total y cerca del 80 % del semestre). Por su parte, el bajo Cauca fue la zona de mayor importancia en siembras durante el primer semestre. El rendimiento de arroz paddy verde en el sistema seco mecanizado fue superior en un 42 % en el segundo semestre frente al primer semestre.

Las tablas 10 y 11 muestran el área cosechada, producción y rendimiento de los principales departamentos productores de arroz en el sistema seco mecanizado. Durante el primer semestre se destacaron Sucre y Bolívar, mientras que en el segundo, Casanare fue responsable de más de la mitad de la producción del grano, seguido por Meta, con 22,2 %.

Tabla 10. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento de arroz seco mecanizado por departamento. Primer semestre de 2016

Departamento	Número de UPA	Área		Producción		Rendimiento
		ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha
Antioquia	121	1211	6,8	3909	1,9	3,2
Arauca	35	971	5,4	4448	5,7	4,6
Bolívar	297	3430	19,1	11.601	2,5	3,4
Caquetá	2	133	0,7	759	0,3	5,7
Casanare	7	560	3,1	3015	55,2	5,4
Cesar	22	251	1,4	1201	0,3	4,8
Córdoba	155	811	4,5	3205	1,9	4,0
Meta	84	2216	12,4	10.060	22,2	4,5
Nariño	97	1233	6,9	3774	0,1	3,1
Santander	16	328	1,8	1500	0,2	4,6
Sucre	917	6796	37,9	18.588	8,9	2,7
Colombia	1753	17.936	100,00	62.057	100,00	3,5

Fuente: Fedearroz (2017).

Tabla 11. Unidades productoras, área cosechada, producción y rendimiento de arroz secano mecanizado por departamento. Segundo semestre de 2016

Departamento	Número de UPA	Área		Producción		Rendimiento
		ha	Porcentaje	t	Porcentaje	t/ha
Antioquia	271	5206	2,1	23.570	1,9	4,5
Arauca	410	16.506	6,6	71.422	5,7	4,3
Bolívar	1097	8477	3,4	30.604	2,5	3,6
Caquetá	19	540	0,2	3468	0,3	6,4
Casanare	1439	127.905	51,1	688.059	55,2	5,4
Cesar	38	620	0,3	3202	0,3	5,2
Chocó	2	154	0,1	985	0,1	6,4
Córdoba	620	5687	2,3	23.269	1,9	4,1
Cundinamarca	3	247	0,1	1258	0,1	5,1
Guaviare y Vichada	17	2128	0,9	8443	0,7	4,0
Huila	1	6	0,0	36	0,0	6,6
Meta	1601	53.123	21,2	276.897	22,2	5,2
Nariño	54	527	0,2	1698	0,1	3,2
Norte de Santander	1	4	0,0	19	0,0	4,8
Santander	42	501	0,2	2322	0,2	4,6
Sucre	3552	28.830	11,5	110.684	8,9	3,8
Colombia	9167	250.458	100,00	1.245.936	100,00	5,0

Fuente: Fedearroz (2017).

1.4.5.2. Dinámica del mercado nacional

De acuerdo con el IV Censo Nacional Arrocero, de 2016, de Fedearroz, existen cinco grandes zonas arroceras con condiciones para el cultivo en 23 departamentos y cerca de 210 municipios.

La primera zona es la denominada Centro, en los valles de los ríos Magdalena y Cauca en los departamentos de Tolima, Huila, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Caquetá y Nariño. La segunda zona es la de los Llanos Orientales, en los departamentos de Meta, Casanare, Arauca, Guaviare, Vichada y el municipio de Paratebueno (Cundinamarca). La tercera zona se denomina

Bajo Cauca o Caribe húmedo (departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba, Sucre y algunos municipios de Chocó). La cuarta zona es la Costa Norte o Caribe seco (departamentos de Cesar, Atlántico, Magdalena, La Guajira y algunos municipios de Bolívar). La última zona es la de los Santanderes (Fedearroz, 2017).

De acuerdo con el Minagricultura (2016), basado en cifras del DANE y Fedearroz, en Colombia se sembraron en el año 2015 462.471 ha de arroz, con una producción de 2.339.041 t y un rendimiento de 5,5 t/ha. Para el 2016 se estimó un incremento de siembras de 87.529 ha, equivalente a 630.959 t producidas (tabla 12).

Tabla 12. Área, producción y rendimiento de arroz en Colombia (2011-2016)

Variable	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
Área (ha)	445.414	416.053	438.434	385.588	462.471	550.000
Producción (t)	2.283.981	2.175.538	2.287.374	2.051.167	2.339.041	2.970.000
Rendimiento (t/ha)	5,2	5,3	5,2	5,3	5,5	5,4

* Proyectado

Fuente: Minagricultura (2016) con base en DANE y Fedearroz.

Por su parte, Fedearroz (2018) reportó 616.893 ha sembradas en Colombia, de las cuales 595,373 corresponden al sistema mecanizado.

De otra parte, en Colombia, el primer semestre del año tiene una mayor superficie sembrada en arroz frente a lo sembrado en el segundo semestre. Entre los años 2011 y 2015, del 62 al 67 % de la superficie cultivada con el grano correspondió al primer semestre (tabla 13).

Tabla 13. Área sembrada con arroz en Colombia por semestre (2011-2016)

Período	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
Semestre 1	296.239	258.551	293.179	240.588	306.161	392.000
Semestre 2	149.175	157.502	145.255	132.219	156.310	158.000
Total	445.414	416.053	438.434	372.807	462.471	550.000

* Proyectado

Fuente: Minagricultura (2016) con base en DANE y Fedearroz.

Para el caso de arroz seco mecanizado, en el año 2016 el sistema predomina en Llanos Orientales y bajo Cauca con rendimientos que llegaron a 4,7 y 3,0 t/ha, respectivamente (Fedearroz, 2017).

Por su parte, la superficie sembrada en el cultivo de arroz se ubicó entre 389.567 y 592.322 ha, esta última, cifra récord para el año 2016. El año 2014 presentó el menor registro del período en los dos semestres, para recuperar sus niveles a partir del año 2015 (tabla 14).

Tabla 14. Superficie sembrada de arroz mecanizado y manual en Colombia (ha) por semestres A y B, período 2011-2016

Año	Mecanizado A	Mecanizado B	Subtotal	Manual	Total
2011	296.239	149.175	445.414	16.760	462.174
2012	258.551	157.502	416.053	16.760	432.813
2013	293.179	145.255	438.434	16.760	455.194
2014	240.588	132.219	372.807	16.760	389.567
2015	305.808	156.310	462.118	16.760	478.878
2016	392.647	178.155	570.802	21.520	592.322

Fuente: DANE y Fedearroz (2017).

En 2016 la producción nacional de arroz paddy seco alcanzó 2.553.577 t, volumen que ha crecido de manera sostenida desde el año 2011, con un leve descenso en el año 2014. El mayor aporte de arroz paddy seco lo ha hecho el sistema mecanizado (tabla 15).

Tabla 15. Producción de arroz paddy seco en Colombia (t) por semestres, período 2011-2016

Año	Mecanizado A	Mecanizado B	Subtotal	Manual	Total
2011	1.177.876	679.279	1.857.155	28.590	1.885.745
2012	1.168.962	724.285	1.893.247	28.590	1.921.837
2013	1.219.906	677.191	1.897.097	28.590	1.925.687
2014	1.066.302	663.847	1.730.149	28.590	1.758.739
2015	1.324.337	743.051	2.067.388	28.590	2.095.978
2016	1.875.627	650.551	2.526.178	27.399	2.553.577

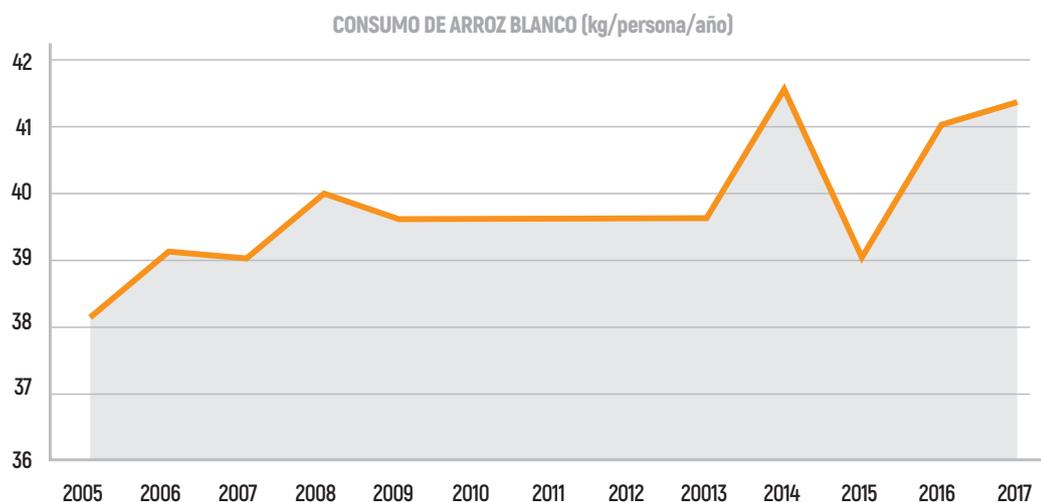
Fuente: DANE y Fedearroz (2017).

Fedearroz (2018) registró para el año 2017 una producción total nacional de 2.591.654 t de arroz paddy seco, de las cuales el 42,5 % corresponde al procedente del sistema de secano.

1.4.5.3. Dinámica del consumo nacional

De acuerdo con Fedearroz (2018), el consumo per cápita en Colombia presentó fluctuaciones de 38,13 a 41,34 kg/año para el período 2005-2017 (figura 11).

Figura 11. Consumo nacional de arroz per cápita/año (2005-2017)

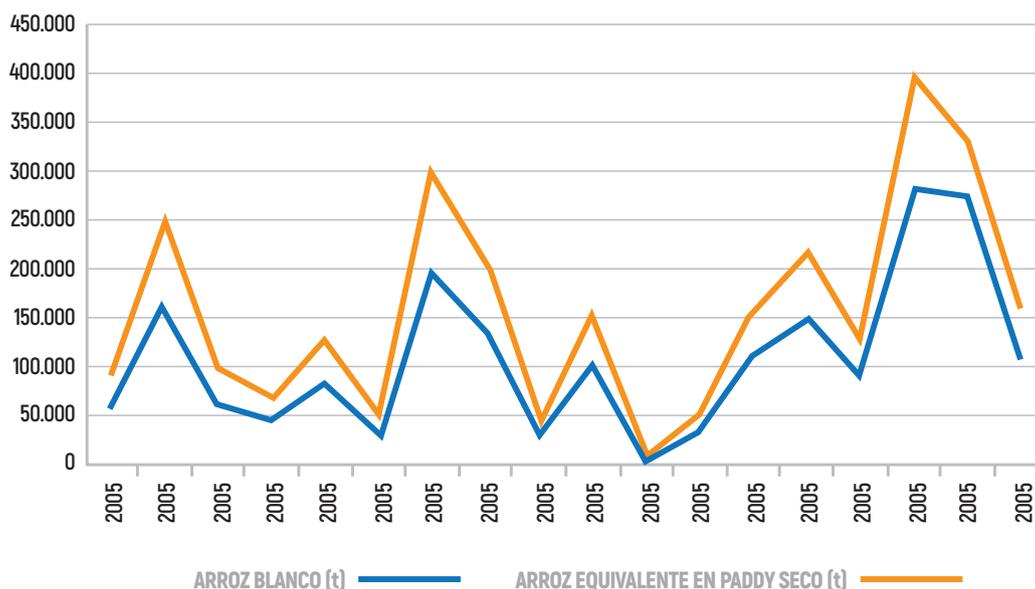


Fuente: Fedearroz (2018).

1.4.5.4. Dinámica importadora

Las importaciones de arroz a Colombia muestran una tendencia creciente entre 2000 y 2017. Este último año se importaron cerca de 160.000 t de paddy seco, volumen cercano al 50 % de las importaciones registradas en el año 2016, cuando ingresaron 332.000 t de arroz blanco (figura 12).

Figura 12. Importaciones nacionales de arroz (2000-2017)



Fuente: Fedearroz (2018).

Desde la apertura económica, la balanza comercial arrocera de Colombia empezó a presentarse negativa por el incremento de las importaciones tanto de Estados Unidos como de países miembros de la CAN.

1.4.6. Importancia ambiental

El sector arrocero es la fuente de empleo e ingreso de aproximadamente 150.000 pobladores rurales (Minambiente *et al.*, 2002). Se reconoce este cultivo como soporte de la economía agrícola de nueve departamentos del país, lo que constituye esta actividad agropecuaria como una de las más importantes de Colombia. Sin embargo, este reconocimiento no puede dejar de lado los diferentes impactos que genera el cultivo en el ecosistema, los cuales dependen en gran proporción de la actividad realizada, en la que se distinguen preparación del suelo, siembra, caballoneo, riego, fertilización, control fitosanitario y cosecha.

El sector arrocero se caracteriza por la amplia utilización de tecnologías, maquinarias, insumos químicos y, en sistema de arroz riego, altos volúmenes de agua, lo que conlleva la afectación del recurso hídrico, del suelo, del aire y de la flora y la fauna, que genera en muchos casos impactos negativos sobre el medio ambiente.

De acuerdo con la Guía ambiental para el cultivo de cereales y con la Guía ambiental para el cultivo de arroz, los principales impactos ambientales que se pueden llegar a presentar por el cultivo de arroz son los siguientes:

- Sobre el suelo: pérdida de su capacidad productiva; aumento de la erosión y arrastre de sedimentos y salinización; cambios en propiedades del suelo, como compactación, pulverización y disminución en la capacidad de almacenamiento de agua, en la capacidad de infiltración y en la microfauna benéfica.

- En el agua: contaminación de sus fuentes por el uso de plaguicidas y otros insumos cerca de los ríos, arrastre de sedimentos y sedimentación de cuerpos de agua por la inadecuada disposición de residuos peligrosos.
- Sobreflora y fauna: pérdida de especies benéficas para el entorno y el cultivo mismo; eliminación de la cobertura vegetal del suelo y pérdida de diversidad de plantas; eliminación de la flora microbiana por el uso excesivo de plaguicidas; desequilibrio de los ecosistemas acuáticos por eutrofización; y pérdida y envenenamiento de especies animales y vegetales.
- En el aire: generación de metano en sistemas de arroz riego como consecuencia de tiempos muy prolongados de los embalses. La producción del gas metano es producto de la falta de drenajes y acumulación de materia orgánica en descomposición.
- El cultivo de arroz bajo riego mejora algunas características del suelo y permite la utilización económica de zonas marginales.
- Los cereales, como el arroz, capturan CO² y aportan cada cosecha 6 t de materia vegetal/ha, que mejoran las propiedades físicas de los suelos.
- Las nuevas variedades de arroz disminuyen el uso de plaguicidas y reducen la contaminación.

Igualmente, el cultivo se ha ido especializando mediante la selección de mejores cultivares con características de interés para los productores, como el aumento de la producción, la resistencia ante plagas y enfermedades y, en los últimos años, buscando la reducción de los impactos ambientales, con una menor producción de metano y la descontaminación del agua utilizada.

No obstante, los principales aportes del sector arrocero al desarrollo ambiental sostenible son los siguientes:

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

Tabla 16. Marco de políticas y lineamientos relacionados con la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz en Colombia

Marco de política	Lineamientos relacionados
Acuerdo de competitividad de la cadena alimentaria del arroz	Reglamento interno de la organización de la cadena agroalimentaria del arroz y su industria en Colombia (1998). Creación del Comité nacional para la competitividad de la cadena del arroz.
Incentivo al seguro agropecuario (ISA)	Herramienta de protección ante riesgos climáticos, a la cual puede acceder cualquier productor que cumpla con lo establecido en la Resolución 130 de 2014 (Minagricultura, 2014).
Apuesta exportadora agropecuaria Minagricultura (2006-2020)	Realiza la selección de productos promisorios exportables, prioriza regiones para el desarrollo de núcleos productivos e identifica instrumentos de política necesarios para aumentar la competitividad de los cultivos. Entre estos se encuentran instrumentos financieros y cobertura de riesgos, de investigación, innovación y transferencia tecnológica, manejo sanitario y fitosanitario, y de mercados.
Fondo Agropecuario de Garantías (FAG)	Finagro (2014) indica que este fondo busca garantizar los créditos y microcréditos que se otorguen a personas naturales o jurídicas, dirigidos a financiar proyectos del sector agropecuario y rural. Igualmente, respalda operaciones realizadas a través de las bolsas de bienes y productos agroindustriales, con base en la reglamentación que para tal efecto expida esta entidad.
Programa de adopción masiva de tecnología (Amtec)	Apoyo del Minagricultura a la inversión en maquinaria y al desarrollo de infraestructura de almacenamiento y poscosecha para el sector arrocero.

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 de las políticas públicas asociadas con la cadena de arroz.

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

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

La tabla 17 muestra el normograma para el sector arrocero, que se considera pertinente para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz en Colombia a escala 1:100.000.

Tabla 17. Normograma para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz en Colombia

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Ley 2. ^a de 1959	Dicta normas «sobre economía forestal de la nación y conservación de los recursos naturales renovables»; establece siete zonas con carácter de zonas forestales protectoras y bosques de interés general, dentro de las cuales se incluyen zonas de alta montaña y las divisorias de agua de la cordillera Central. También se sujeta la ocupación de las tierras baldías a la reglamentación que tenga por objeto evitar la erosión y proveer la conservación de las aguas.
Decreto Ley 2811 de 1974	El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en concordancia con la Ley 2. ^a de 1959, asigna a la Administración pública la competencia de velar por la protección de las cuencas hidrográficas contra los elementos que las degraden o alteren, especialmente los que producen contaminación. Insta a prevenir la erosión, controlar y disminuir los daños causados por ella; coordinar y promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables de la cuenca en ordenación. Regula el uso y conservación de los suelos y asigna competencias a la Administración pública para crear distritos de conservación de suelos orientados a la recuperación de suelos alterados y coordinar la asistencia técnica y crédito en dichos suelos.
Decreto Minagricultura 877 de 1976	Define las prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal; adopta las áreas de reserva forestal vigente; dicta disposiciones para crear un área de reserva forestal y para tramitar sustracciones y permisos de aprovechamiento. Esta normatividad, por su aplicación, define, regula y restringe las zonas dentro de las cuales no se pueden adelantar prácticas productivas que vayan en contravía del aprovechamiento persistente de los bosques.
Ley 69 de 1993	Establece el seguro agropecuario en Colombia como un instrumento para incentivar y proteger la producción de alimentos, buscar el mejoramiento económico del sector rural, promoviendo el ordenamiento económico del sector agropecuario, cuyo objeto es la protección de las inversiones agropecuarias. Con esta norma también se crean el Fondo Nacional de Riesgos Agropecuarios y el Fondo Agropecuario de Garantías, que facilitan líneas de crédito para la adecuación de suelos a los minifundistas y el respaldo a los grandes y medianos productores.

Marco normativo	Lineamientos relacionados con la zonificación
Ley 99 de 1993	Crea una nueva estructura institucional para el manejo y administración de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, asignándole entre sus funciones regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, que deterioren o destruyan el entorno o el patrimonio natural.
Ley 101 de 1993	Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero. Dentro de esta se promulga «elevar la eficiencia y la competitividad de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros mediante la creación de condiciones especiales» y «crear las bases de un sistema de incentivos a la capitalización rural (ICR) y a la protección de los recursos naturales».
Decreto Minagricultura 626 de 1994	Reglamenta parcialmente la Ley 101 de 1993 y se dictan algunas disposiciones sobre el incentivo a la capitalización rural, específicamente el artículo 28, el cual se refiere a la reglamentación del incentivo a la capitalización rural (ICR).
Decreto Minagricultura 1840 de 1994	Reglamenta el artículo 65 de la Ley 101 de 1993 mediante la definición del ámbito de aplicación, obligaciones, sanciones y demás acciones del ICA en lo referente al desarrollo de políticas y planes tendientes a la protección de la sanidad, la producción y la productividad agropecuarias del país.
Ley 811 de 2003	Crea las organizaciones de cadenas en los sectores agropecuario, pesquero, forestal, acuícola y las sociedades agrarias de transformación (SAT) y se dictan disposiciones para mejorar la competitividad de las cadenas estableciendo los acuerdos de competitividad entre los eslabones de la cadena. Este acuerdo es refrendado por el Gobierno nacional.
Decreto Ley 4145 de 2011	Crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA) y dicta otras disposiciones.
Resolución Comisión Nacional de Crédito Agropecuario 05 de 2011	Reglamenta la línea especial de crédito (LEC), instrumento orientado a mejorar las condiciones de financiamiento de proyectos agrícolas asociados con la siembra y mantenimiento de cultivos comerciales de ciclo corto, especialmente aquellos de la canasta básica, de alimentos sensibles a las importaciones o de interés exportador. Para ello, la línea dispone de un subsidio a la tasa de interés y otras condiciones financieras especiales, de acuerdo con el tipo de productor.
Resolución Minagricultura 398 de 2011	Establece el procedimiento para el reconocimiento de empresas especializadas conforme a lo establecido en la Ley 9.ª de 1983, modificada por la Ley 75 de 1986 y compiladas en el artículo 157 del Decreto 624 de 1989.
Ley 1607 de 2012	Expide normas en materia tributaria y dicta otras disposiciones. A través de esta, se modifica el artículo 424 del Estatuto Tributario, referente a los bienes que no causan impuesto sobre las ventas (IVA); se encuentran allí el arroz, fertilizantes, maquinaria y partes de maquinaria para preparación, trabajo del suelo o uso agrícola, según la nomenclatura arancelaria andina vigente (40.01).
Ley 1694 de 2013	Los deudores del Programa Nacional de Reactivación Agropecuaria (Pran Agropecuario), de que trata el Decreto 967 de 2000, y del Fondo de Solidaridad Agropecuario (Fonsa), creado por la Ley 302 de 1996, podrán extinguir las obligaciones a su cargo pagando de contado, hasta el 31 de diciembre de 2014, un valor igual a aquel que Finagro pagó en el momento de la adquisición de la respectiva obligación, descontando los abonos a capital que hubiere efectuado el deudor. Esto no implicará una reducción en el plazo para el pago de las obligaciones con vencimientos posteriores a la citada fecha.
Resolución Minagricultura 113 de 2014	Modifica el inciso 1 del artículo 5.º de la Resolución 398 de 2011, referente al procedimiento para obtener el reconocimiento como empresa especializada.

1.5. Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia, a escala 1:100.000, se constituye en una herramienta que contribuye a atender los objetivos y funciones de la UPRA a través del fortalecimiento y desarrollo de políticas para el sector arrocero desde su planificación hasta su ordenamiento territorial y del gremio para la orientación responsable de nuevos proyectos.

La zonificación considera todo el territorio continental colombiano y es un instrumento de carácter indicativo, teniendo en cuenta su escala de tipo general. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, cuya competencia corresponde a los entes territoriales en su área de jurisdicción, y no reemplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales, los cuales requieren análisis e información más detallada donde se evalúen a nivel local los requerimientos específicos de acuerdo con el tipo de sistema productivo 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.

En consecuencia, la zonificación se desarrolla considerando las siguientes premisas:

- Prioriza las áreas más competitivas para el desarrollo de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado, por lo cual se identifican los territorios con mejores condiciones en cada criterio de análisis.
- Las áreas con restricción legal son catalogadas como excluyentes y predominan bajo esta clasificación, independientemente de la aptitud identificada en los diferentes criterios.
- Las áreas donde se apliquen normas de tipo ambiental, social y cultural que condicionen el uso a otros procesos o instrumentos vigentes deben ser analizadas de forma diferencial, como los territorios colectivos, 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 arroz seco mecanizado no pondrá en riesgo áreas naturales o con potencial como ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos, rondas hídricas, zonas de recarga de acuíferos), por lo cual prima para estas el criterio de exclusión.
- 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 arroz seco en Colombia a escala 1:100,000 utiliza 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 período de tiempo, lo cual plantea la necesidad de actualizar la zonificación por lo menos cada cinco años mediante un proceso sistemático que facilite el proceso.



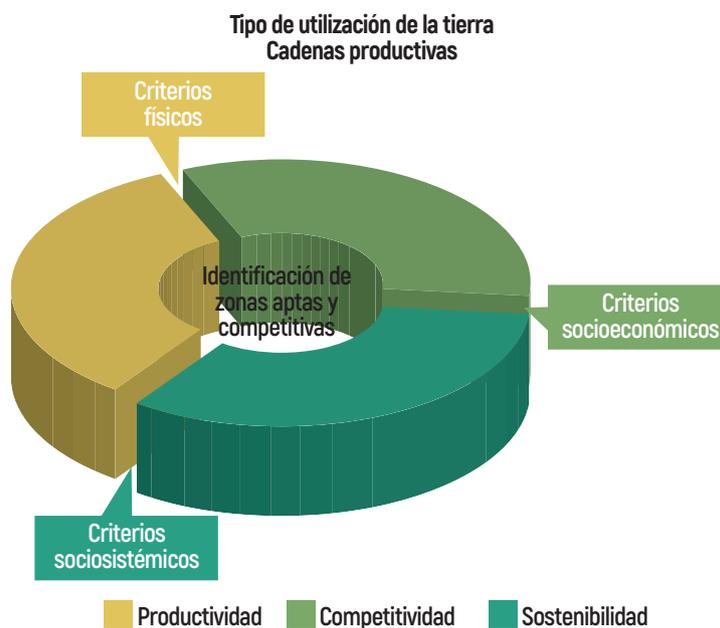
2

Marco conceptual

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se 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 rural agropecuaria requieren información sobre la capacidad de la tierra para apoyar sus diversos usos (Harms *et al.*, 2015), en razón a que el sector rural es uno de los más importantes para el bienestar humano toda vez que aumenta los ingresos y mejora la condición social de los agricultores, y depende de la distribución y calidad de los recursos disponibles en determinado lugar.

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 en lo referente a la definición y evaluación de la aptitud, adicionándole dos aspectos fundamentales –la integración de los componentes biofísicos y socioeconómicos–, los cuales no solo enmarcan las características particulares de un tipo de utilización de tierras desde el punto de vista de la productividad (a partir de los criterios edafoclimáticos que considera el esquema de la FAO), sino que también lo fortalece a partir de la incorporación de criterios de competitividad y sostenibilidad mediante la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionados (figura 13).

Figura 13. Marco conceptual para la zonificación de aptitud de cadenas productivas



Fuente: UPRA (2014).

La zonificación utiliza para la integración de los componentes un proceso analítico jerárquico como técnica de análisis multicriterio *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, el cual permite generar las alternativas de decisión más adecuadas de uso del suelo, en las que se incluye la participación

de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan una calificación a par de criterios y después lo llevan a un programa estadístico (*Priest*) donde se le asignan pesos a cada criterio. Dentro del proceso metodológico que implica la integración de los mapas, la

UPRA utiliza una matriz *AHP* para integrar los componentes físicos y socioecosistémicos denominada integrado biofísico y otra, que agrupa los criterios socioeconómicos en un solo mapa denominado integrado socioeconómico. Posterior a ello se genera un árbol de decisión mediante una matriz de paso para obtener el mapa final de la zonificación de aptitud. Este proceso se explica más adelante en lo concerniente al ítem de procesos analíticos jerárquicos.

El enfoque productividad basa su metodología principalmente en la evaluación de tierras, la cual se define como un proceso que permite identificar y valorar los usos específicos que se adaptan a las condiciones específicas de las tierras evaluadas (FAO, 2007), cuya finalidad es proponer sistemas de uso apropiados y sostenibles a largo plazo.

A pesar de que la FAO presenta limitaciones por centrarse básicamente en el aspecto físico, ha sido el procedimiento más utilizado en todo el mundo para hacer frente al ordenamiento territorial local, regional y nacional. Las adaptaciones que han surgido en los últimos años ofrecen una alternativa de aplicación frente a nuevos retos agroambientales.

La FAO propone un conjunto de cualidades y características para ser usadas en el proceso de evaluación de tierras (denominadas, en este desarrollo metodológico, criterios y variables, respectivamente), cuyo número es flexible y está determinado por los objetivos de aplicación, la escala de trabajo y los datos disponibles (FAO, 2007).

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.

Desde el componente físico es importante, por medio del análisis de sus elementos en un espacio territorial, se puede determinar en primera instancia la aptitud o no de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para el cultivo comercial de arroz secano, se han precisado algunas características desde este componente, que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario.

El enfoque socioecosistémico considera el patrimonio natural como la biodiversidad, la funcionalidad ecosistémica y los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales con los que cohabita. En estos sistemas complejos, el hombre, la sociedad y su cultura participan en el modelamiento de los ecosistemas y a la vez responden de forma adaptativa a los cambios en la naturaleza. De esta forma los procesos socioecológicos que se dan en el interior de estos sistemas complejos han de buscar de forma permanente el ideal de la sostenibilidad (UPRA, 2016).

El objeto de una visión socioecosistémica es plasmar en el desarrollo productivo estrategias de gestión que consideren la dinámica natural de los ecosistemas, las interacciones sociedad-naturaleza, el uso sostenible de bienes y servicios ecosistémicos y el mantenimiento de la integridad ecológica como aportantes a la productividad y competitividad del sistema, en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012; Martín-López *et al.*, 2009, citado por UPRA, 2014).

Desde los criterios de orden socioecosistémico, 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 contribuye a mejorarlos.

Esta visión dentro de la zonificación adquiere una importancia trascendental puesto que incorpora los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica, servicios ecosistémicos, etc.), con una distribución más equitativa de sus beneficios, incluyendo a la sociedad, la economía y la cultura en el establecimiento de nuevas actividades hacia la armonización entre la producción y la conservación, y la reducción de procesos de degradación del patrimonio natural del país (UPRA, 2016).

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

En relación con la zonificación de una cadena productiva, la competitividad se expresa en la capacidad de una región (municipio) para generar las condiciones de producción que promueven el desarrollo sostenido del sistema productivo y, con

ello, permite mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes, en particular de los empresarios y familias dedicadas al negocio. Es decir, la competitividad implica que un cultivo exige requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollarse.

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

- Considera para la zonificación de una cadena productiva un enfoque multidisciplinario y sectorial.
- Usa un enfoque paralelo donde cada criterio se aborda de manera conjunta y se obtiene directamente una clasificación para cada uno.
- Reconoce las múltiples funciones de la tierra no solo para la producción de alimentos, sino también para la conservación del medio ambiente.
- Reconoce una variedad de criterios asociados al uso de la tierra que integra características físicas, climáticas, fitosanitarias, ecosistémicas, institucionales, de transporte, mano de obra y población, entre otras.
- Fomenta la participación de los interesados en los procesos de zonificación de aptitud de tierras.
- La sostenibilidad se define ampliamente para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
- Se valora la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.



3

Metodología

La zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado 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).



La evaluación de tierras consiste en la determinación del grado de satisfacción de los requerimientos de cada tipo de uso o actividad proporcionado por el suelo. El proceso central de este esquema es la comparación de las cualidades de cada unidad de tierra con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo mediante diversos procedimientos descritos en publicaciones posteriores (FAO, 1976).

Partiendo del enfoque suministrado por la FAO, 1976, se realizó en la presente zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco una adaptación involucrando otro tipo de técnicas frecuentemente empleadas para la determinación del emplazamiento óptimo para una actividad como lo son los métodos de evaluación multicriterio, los cuales permiten también la obtención de mapas de aptitud.

La evaluación multicriterio es un método que se ha diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios, considerando un criterio como la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. Los criterios pueden ser de dos tipos: factores o restricciones, 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 dichas alternativas (Eastman *et al.*, 1998).

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más sencillas y más frecuentemente aplicada es la suma lineal ponderada. El objeto principal de la evaluación multicriterio es dar pautas para combinar la información de varios criterios para formar así un índice único de evaluación. En el caso de los criterios restrictivos, se utiliza la lógica booleana, es decir, sí o no, existe la restricción o no y solo da lugar a una de esas calificaciones. En el caso factores, se utiliza generalmente la suma lineal ponderada, en la cual los factores son combinados aplicando un peso a cada uno seguido por una sumatoria de los resultados para así obtener el mapa de aptitud (Eastman, 1995).

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

Un criterio es el atributo complejo (conjunto de variables) de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976); por otra parte, las variables son atributos de la tierra que pueden medirse o estimarse y que son utilizadas como un medio para describir los criterios.

Para efectos de la zonificación, los criterios pueden ser de cuatro tipos:

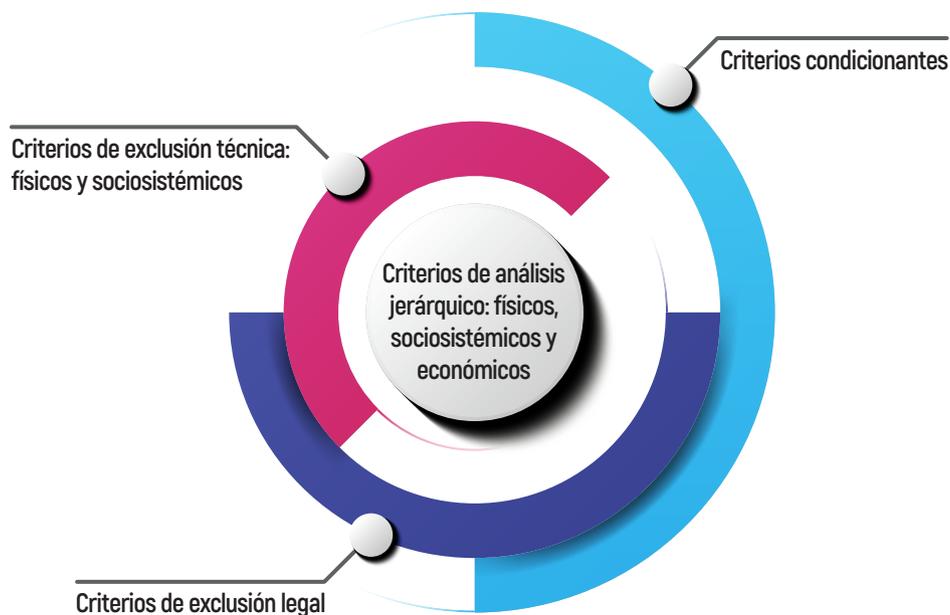
- **De análisis jerárquico:** factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción comercial de arroz seco mecanizado.
- **De exclusión técnica:** zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecológico, no es factible el cultivo comercial de

arroz seco mecanizado.

- **De exclusión legal:** independientemente de la categoría de aptitud, por consideraciones sociales, culturales, ambientales o de bioseguridad, no es posible el desarrollo de la actividad productiva.
- **Condicionantes:** zonas con condicionante legal o técnico que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren un análisis complementario de tipo social, cultural, ambiental o de bioseguridad para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

En la figura 14 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

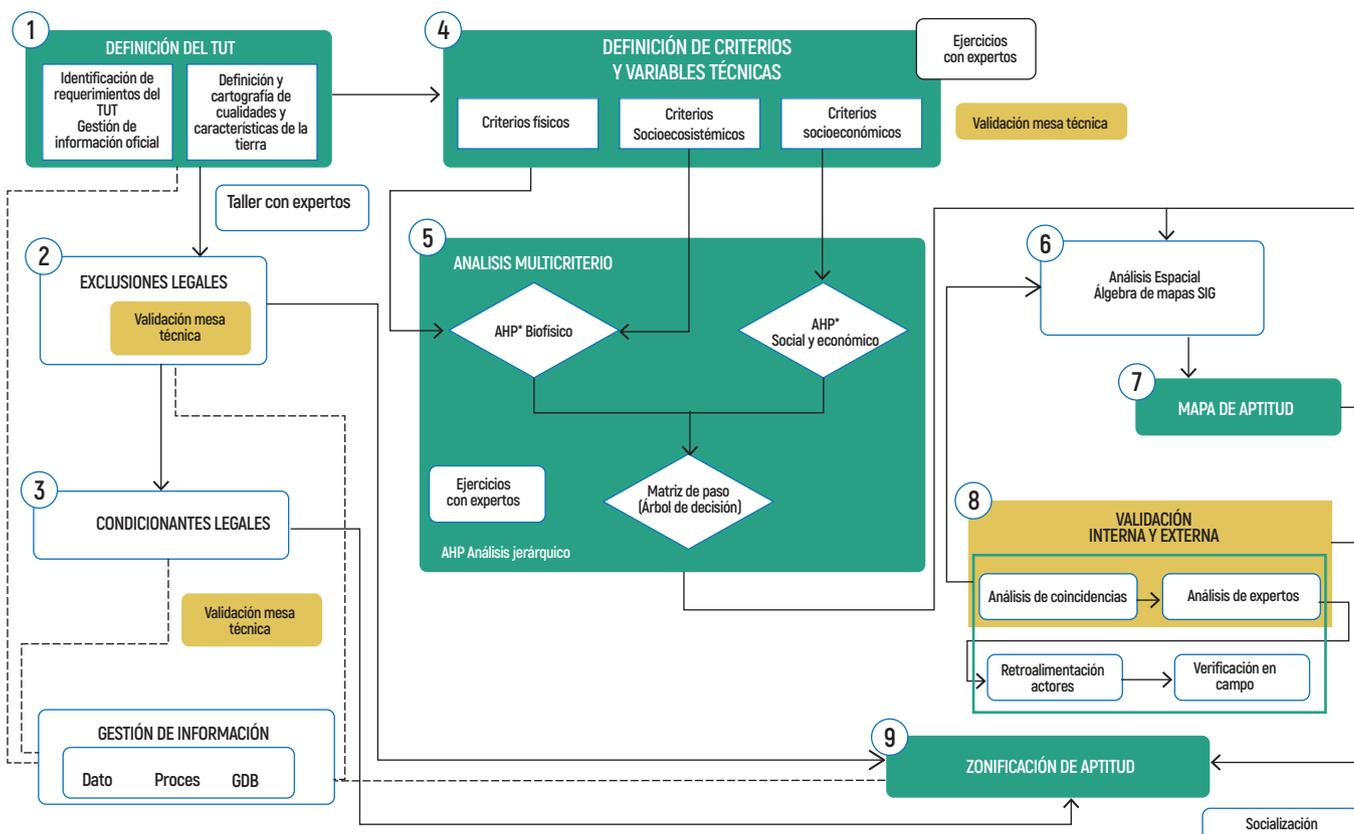
Figura 14. Tipos de criterios utilizados en la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2015).

A continuación se presenta cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación.

Figura 15. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de cultivos comerciales



Fuente: UPRA (2019).

Durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector y los expertos, quienes aportaron en la definición de los criterios y variables y su importancia dentro de la zonificación.

- **Definición del TUT:** en esta fase se define el tipo de uso de la tierra objeto de la zonificación con base en sus requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos. Asimismo, se definen criterios y variables objeto de la cartografía.
- **Identificación de exclusiones legales:** con base en la normatividad vigente, asociada principalmente al componente socioecosistémico,

se establecen las diferentes figuras que excluyen la actividad productora.

- **Identificación de condicionantes legales:** con base en la normatividad vigente, asociada principalmente al componente socioecosistémico, se establecen las diferentes figuras que condicionan la actividad productora.
- **Definición y selección de criterios y variables técnicas:** de acuerdo con el TUT planteado, se selecciona una serie de criterios y variables para realizar la zonificación, listado concertado con expertos. Un criterio es «el conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural».

- **Análisis multicriterio:** método diseñado para evaluar la importancia de los criterios y ponderarlos dentro del modelo de zonificación de aptitud a través de matrices de proceso analítico jerárquico (método AHP). La primera matriz corresponde al componente biofísico (compuesto por criterios físicos y socioecosistémicos) y la segunda al componente socioeconómico. Una vez ponderados los criterios de cada matriz, se comparan a través de una matriz de paso (árbol de decisión).
- **Análisis espacial:** paralelamente a las actividades mencionadas, los análisis espaciales forman parte de las diferentes fases, desde la consecución y organización de la información, la normalización y estandarización de los datos, hasta para la obtención de los mapas de variables y criterios, además de la aplicación del método jerárquico para la generación de mapas intermedios y final de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado.
- **Mapa de aptitud:** resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se presentan las zonas aptas y no aptas para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado y los resultados en el orden nacional, departamental y municipal.
- **Validación de resultados:** se socializan los resultados de las zonas aptas y no aptas para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado en el orden nacional, departamental y municipal y se validan los mismos.
- **Resultados:** se obtiene la representación cartográfica de las zonas aptas y no aptas para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado con sus respectivas estadísticas en el orden nacional, departamental y municipal.

3.1. Definición del TUT

El TUT es un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico y cultural específico (tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros) (FAO, 2003).

Incluye las características del sistema de producción, los contextos socioeconómico y ecológico, entre otros, que le confieren rasgos diferenciadores al cultivo de arroz seco mecanizado desde el 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.

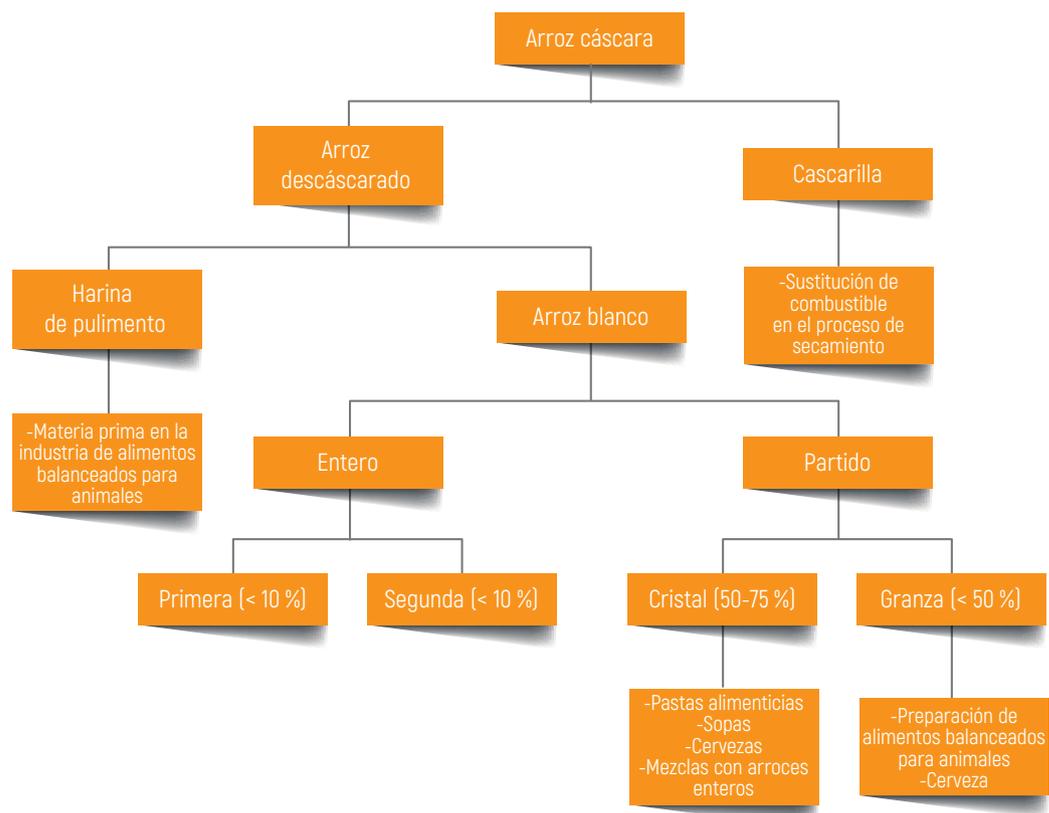
El TUT evaluado en el presente documento corresponde a «Cultivo agroindustrial de arroz (*Oryza sativa* L.) seco mecanizado, orientado a la obtención de grano en paddy para su transformación en la industria molinera nacional, o como actividad económica articulada al mercado de la cadena».

Para la presente zonificación de aptitud se seleccionó el arroz seco mecanizado por su importancia como sistema de producción en el territorio nacional con áreas definidas y requerimientos específicos que, aunque similares a los de arroz riego, su condición de siembra sin agua de riego la hace más vulnerable a las condiciones, especialmente de clima.

3.1.1. Descripción de la cadena del arroz

La cadena productiva del arroz, desde la producción hasta el consumidor, presenta diferentes eslabones (Figura 16).

Figura 16. Principales productos y subproductos de la agroindustria arrocera



Fuente: Espinel et al. (2005).

En primer lugar, se encuentra el eslabón primario, representado por los agricultores que producen arroz paddy verde, materia prima destinada mayoritariamente a la industria molinera para consumo alimenticio y, en menor proporción, como semilla.

El siguiente eslabón en la cadena es el industrial que seca, acopia, procesa, almacena y financia el almacenamiento de producto terminado, representado por los molinos. El arroz paddy verde (entre 20 y 26 % de humedad y 3 a 7 % de impurezas) que llega al molino es sometido a procesos de limpieza y reducción de la humedad, con el objeto de prepararlo para el almacenamiento y la trilla.

La agroindustria arrocera tiene por objeto la transformación de arroz cáscara (paddy) en arroz blanco y otros subproductos por medio de procesos de secamiento y molinería cuyo objetivo central es el

blanqueo del arroz, sin que se produzcan granos partidos. En Colombia, esta industria está dirigida prácticamente en su totalidad a la producción de arroz blanco de mesa y, en menor porcentaje, se generan subproductos, como harina de arroz y arroz partido.

En la producción de arroz blanco se realiza el proceso de trilla –que consiste en retirar la cáscara al paddy–, en el cual se obtienen los primeros dos subproductos: el arroz integral y la cascarilla del arroz. Esta última se consideraba como desecho y en ocasiones era usada como combustible para el proceso de secamiento o en viveros y cultivos de flores como sustrato. En seguida, el arroz integral (que también puede destinarse directamente al consumo humano) se pasa por un proceso de pulimento, a partir del cual se obtienen el arroz blanco, el arroz partido (cristal y granza) y la harina de puli-

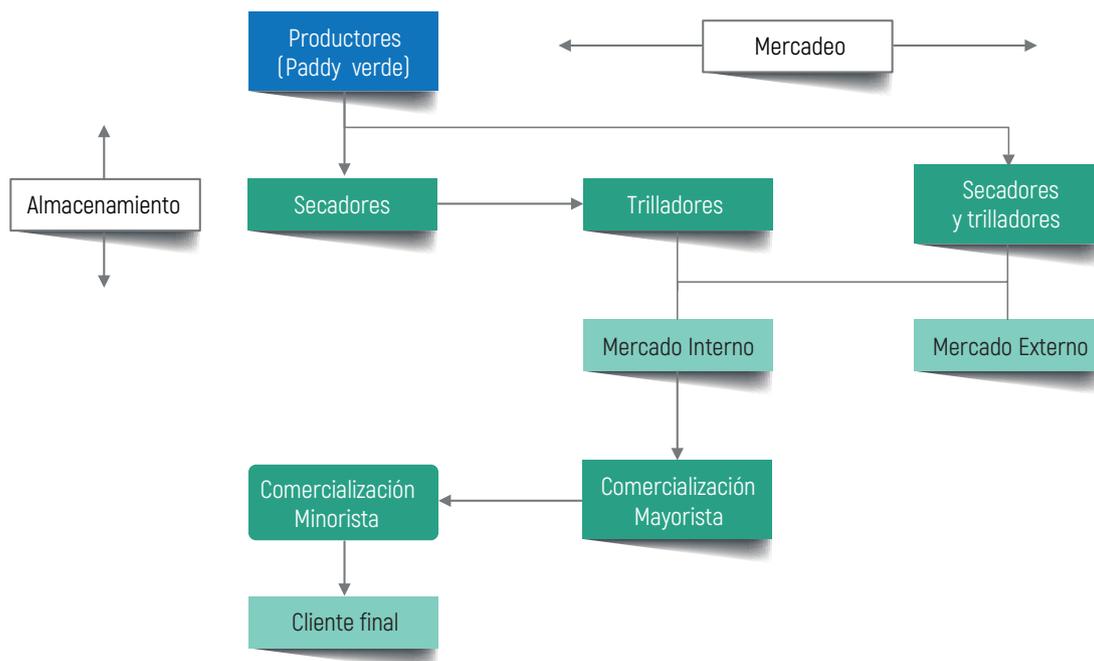
mento (o salvado de arroz). Esta última se utiliza generalmente como materia prima en la industria de alimentos balanceados para animales. Finalmente, el arroz blanco entero se destina directamente al consumo humano o se muele para obtener harina de arroz. En el mercado colombiano se distingue el arroz blanco de primera –el cual tiene grano partido inferior a 10 %– y el de segunda –superior al 10 % de grano partido–.

El arroz blanco de segunda es clasificado en arroz partido grande o cristal (insumo para la fabrica-

ción de pastas alimenticias, sopas y cervezas). En segundo lugar, el arroz partido pequeño o granza, que tiene tamaños inferiores a un cuarto de grano (utilizado en la preparación de concentrados para animales y en la industria cervecera).

Igualmente, la cadena de comercialización cuenta con diferentes agentes. El arroz blanco suplende las necesidades del mercado nacional con el concurso de comercializadores mayoristas y minoristas que distribuyen el cereal hasta los consumidores finales (figura 17).

Figura 17. Estructura de la cadena de comercialización del arroz en Colombia



Fuente: Espinel *et al.* (2005).

De otra parte, los actores institucionales del Consejo Nacional del Arroz son los ministerios de Hacienda y Comercio, Industria y Turismo, el Departamento Nacional de Planeación, la Bolsa Mercantil de Colombia, Fedearroz, Induarroz, Acosemillas, Fenalco y representantes de los núcleos arroceros de Arauca, Meta, Casanare, Santander y Tolima.

3.2. Criterios de análisis jerárquico

A continuación se desarrollan los criterios de los componentes físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos del presente TUT.

3.2.1. Criterios físicos

El componente físico es importante ya que a través del análisis de sus elementos en un espacio terri-

torial se puede determinar en primera instancia la aptitud de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para el cultivo de arroz (en este caso bajo el sistema de secano mecanizado), se han precisado algunas características desde este componente, que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en tres subcomponentes: climático, edáfico y fitosanitario (Figura 18).

Figura 18. 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 largo período de tiempo. Para esta zonificación se tomaron como criterio de

evaluación las condiciones climáticas, y según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo comercial de arroz secano, se precisaron las variables climáticas que tienen mayor incidencia en las distintas fases de desarrollo del cultivo, como la temperatura, la precipitación y el brillo solar (tabla 18).

Tabla 18. Variables del subcomponente climático

Criterio	Definición	Variables (definición)
CONDICIONES CLIMÁTICAS	Conjunto de las condiciones meteorológicas correspondientes a un espacio geográfico específico caracterizado por las estadísticas basadas en un período 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 arroz.	Temperatura media anual: 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.
		Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc): índice de la medida de déficit en función a la relación entre precipitación y la evapotranspiración del cultivo.
		Meses húmedos consecutivos: conteo consecutivo de meses que suplen las necesidades hídricas del cultivo.
		Brillo solar medio anual: cantidad de horas en las 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, ya que el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales depende de las características de este. El cultivo de arroz seco requiere condiciones específicas para su siembra, establecimiento, crecimiento y desarrollo, donde las principales cualidades están referidas a capacidad de laboreo, condiciones de enraizamiento, disponibilidad de humedad, disponibilidad de nutrientes y disponibilidad de oxígeno, entre otras (tabla 19).

Tabla 19. Criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Definición	Variables (definición)
CAPACIDAD DE LABOREO	Facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo. El establecimiento del cultivo de arroz implica el uso de maquinaria, depende de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil. La combinación de estas características determina la aptitud de las tierras para su laboreo.	<p>Pendiente: inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal. Para el cultivo de arroz, la pendiente es una variable importante debido al uso de maquinaria en la preparación, siembra y recolección.</p>
		<p>Textura: proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm. Texturas extremas como la arenosa y arcillosa dificultan el laboreo.</p>
		<p>Pedregosidad: fracciones de fragmentos mayores a las gravas (0,045 m de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. Está relacionada con la cantidad, el tamaño y el espaciamiento. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas. Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria e implementos agrícolas.</p>
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.	<p>Profundidad efectiva: es el total de la profundidad del perfil del suelo favorable para desarrollo de las raíces. También se entiende como profundidad radicular, es decir, el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables.</p>
		<p>Textura: se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra con diámetro inferior a 2 mm.</p>
		<p>Pedregosidad: fracciones de fragmentos mayores a las gravas (0,045 m de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil. Está relacionada con la cantidad, el tamaño y el espaciamiento. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas. Dependiendo de la cantidad, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a disminuir el volumen radicular.</p>

Criterio	Definición	Variables (definición)
DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD	<p>Capacidad que tienen los suelos para retener 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 y de los regímenes de humedad del suelo. El criterio se define como la interacción del régimen de humedad y la clase textural de los suelos.</p>	<p>Régimen de humedad: se refiere a la presencia o ausencia ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo, o en horizontes específicos, por períodos del año. Para el cultivo de arroz seco, los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. El régimen de humedad údico es el óptimo para el cultivo de arroz, debido a que se asocia al régimen de lluvias bimodal.</p> <p>Textura: 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 con diámetro inferior a 2 mm.</p>
DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO	<p>Cualidad del suelo que indica sus condiciones de aireación. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros de este permiten la libre circulación del dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno (O₂) del exterior para ser absorbido por las plantas.</p>	<p>Susceptibilidad a inundaciones: la inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento se da cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bacles o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones).</p> <p>Drenaje natural: profundidad y tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo. El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).</p>



Criterio	Definición	Variables (definición)
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	<p>Capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada con los nutrientes esenciales para el desarrollo del grano.</p>	<p>Acidez (pH): logaritmo negativo de la actividad de iones H⁺ en la solución o suspensión del suelo.</p> <p>Saturación de bases: suma de las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresada como porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %. El pH es directamente proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender, 1987).</p> <p>Carbono orgánico: es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición, que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999, citado por Martínez <i>et al.</i>, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000, citado por Martínez <i>et al.</i>, 2008).</p> <p>Capacidad de intercambio catiónico (CIC): mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, hierro, manganeso, amonio), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y regularización de la disponibilidad de nutrientes. Se expresa en cmol/kg de suelo.</p>



Criterio	Definición	Variables (definición)
TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO	<p>Cuando los elementos 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.</p> <p>En el ámbito de los suelos colombianos, tiene gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio.</p>	<p>Salinidad o sodicidad: contenido de sales solubles o sodio intercambiable en zona radicular; el contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).</p> <p>Saturación de aluminio: relación porcentual entre el aluminio del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al⁺⁺⁺), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio (Cortés y Malagón, 1984).</p>
SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS	<p>Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos; integra las variables que causan o que originan dichas pérdidas.</p> <p>El cultivo de arroz secano involucra el uso intensivo del suelo; por lo tanto, tiene períodos que dejan sin cobertura vegetal el suelo, especialmente el de siembra, aspecto que deja expuesto el suelo a la erosión por escorrentía, principalmente.</p>	<p>Erosión actual: desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca a través de la acción del agua en movimiento u otros agentes geológicos (USDA, 1961).</p> <p>Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en superficie por los procesos de erosión.</p>

Subcomponente fitosanitario: dentro de este subcomponente se identificó la enfermedad más recurrente a lo largo de las zonas productoras del grano. El criterio asociado a este subcomponente se denomina susceptibilidad fitosanitaria, el cual se explica por las condiciones climáticas que inciden directamente en el proceso epidemiológico (aparición, inoculación, propagación e infección) de los organismos fitopatógenos de mayor impacto en el cultivo de arroz secano. En función de este propósito, se consideró como la enfermedad más importante, ocasionada por el hongo *Pyricularia oryzae* (tabla 20).

Tabla 20. Variables del subcomponente fitosanitario

Criterio	Definición	Variables (definición)
SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA	Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura máxima, humedad relativa y brillo solar) que explican el riesgo de inoculación, infección, propagación y daños causados por organismos fitopatógenos en el cultivo comercial de arroz secano mecanizado.	Temperatura máxima asociada a P. oryzae: efecto de la temperatura máxima anual sobre el desarrollo de P. oryzae en el cultivo comercial de arroz.
		Humedad relativa asociada a P. oryzae: efecto de la humedad relativa sobre el desarrollo de P. oryzae en el cultivo comercial de arroz.
		Brillo solar diario asociado a P. oryzae: efecto de la insolación sobre el desarrollo de P. oryzae en el cultivo comercial de arroz.

3.2.2. Criterios socioecosistémicos

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

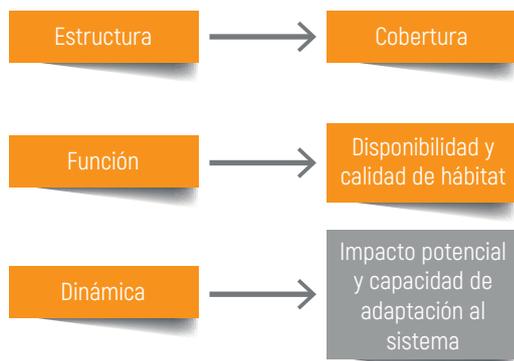
Este enfoque, dentro de la zonificación de aptitud de los cultivos de arroz secano mecanizado, adquiere importancia trascendental puesto que genera de manera transversal a los demás componentes de análisis, los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, inte-

gridad ecológica y prestación de bienes y servicios ambientales) de una forma equitativa, incluyendo la sociedad, la economía y la cultura, sin sesgar el desarrollo de nuevas actividades por una conservación a ultranza o por puntos de vista totalmente desarrollistas, utilitaristas.

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

Para la determinación de este potencial, en la escala de trabajo a nivel nacional (1:100.000), se identifican algunos atributos ecosistémicos y de paisaje cuya simplicidad y alto valor predictivo y de síntesis permiten obtener una interpretación desde una visión sistémica de la estructura, función y dinámica ecológica (figura 19).

Figura 19. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica



Fuente: UPRA (2014).

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

Desde el componente socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el desarrollo de cultivos de arroz y permanencia de la actividad. De esta forma, las áreas con mayor aptitud para el cultivo de arroz 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.

Desde el componente socioecosistémico se aborda un grupo de criterios que delimitan áreas de aptitud (factores), otro que condiciona o da ciertas alertas a la utilización de un área para el establecimiento y desarrollo del cultivo por aspectos legales, en este caso arroz, y, por último, un grupo que por aspectos normativos y legales excluye cualquier actividad asociada a esta cadena. Para el componente socioecosistémico se identifican criterios y variables para su aplicación en la definición de la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado (figura 20 y tabla 21).

Figura 20. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Tabla 21. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Definición	Variable (definición)
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 cultivos comerciales de arroz, bajo una visión integral del territorio. Asimismo, permite calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas de menor impacto socioecosistémico como producto del cambio para el establecimiento del cultivo.
INTEGRIDAD ECOLÓGICA	Habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad balanceada y adaptada de organismos, con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región. Estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación.	<p>Conectividad estructural de las coberturas naturales (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.</p> <p>Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica: cualidad de un ecosistema o de alguna parte de este que da a conocer su grado de independencia respecto de la acción del hombre o, lo que es igual, lo escaso de la influencia transformadora del hombre. Permite estimar la cantidad de espacios naturales destinados a garantizar la prestación de servicios ecosistémicos en una unidad territorial determinada.</p> <p>Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): establece lugares donde se concentran de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias para la conservación (APC) 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 silvestres (AICA); de esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, menor la aptitud para el establecimiento de cultivos de arroz por cuanto la explotación comercial presiona 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 de cultivo de arroz es mayor.</p>
APROPIACIÓN DE AGUA	Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, para su crecimiento, el sustento del cultivo y para la producción de grano.	La importancia de esta variable para este estudio radica en que permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de ETR x SZH) en el establecimiento del cultivo de arroz. De esta forma, es posible identificar si, dada la capacidad hídrica de la SZH, se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo o si el cultivo por establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes en su interior.

criterio	Definición	Variable (definición)
VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO	Balace entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual y en el suelo frente a un potencial cambio de cobertura para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado.	Este criterio es importante en la zonificación de la aptitud para el establecimiento del cultivo de arroz, ya que 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 NATURAL	Permite medir la probabilidad que posee un área 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 arroz establecidos en una zona determinada.	Los incendios de la cobertura vegetal son uno de los mayores peligros para cualquier tipo de cultivo, ya que estos eventos pueden llegar a afectar desde unos pocos individuos, hasta destruir un cultivo por completo, generando pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercanas. La amenaza total de incendios de la cobertura vegetal se debe entender como el peligro latente que representa la posible manifestación de este fenómeno. Esta amenaza total se expresa como la probabilidad de que un evento de este tipo se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo determinado.

3.2.3. Criterios 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 crecimiento en los niveles de competitividad dependen del logro del 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 arroz seco mecanizado 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 este; 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 arrocero.

Con fundamento en la definición planteada, la competitividad del cultivo de arroz seco mecanizado 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 com-

petitividad, cuyo logro se revela en mejores condiciones de vida (criterios o variables resultado) para las comunidades arroceras. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso del cultivo comercial de arroz.

Un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, mercado laboral disponible y con buena mano de obra calificada y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros y créditos e incentivos significativos. Todo lo anterior redundará en beneficio del productor de arroz seco y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista en el cultivo de arroz seco puede serle indiferente un sitio con mejores o peores condiciones de vida, pero su incorporación al sector productivo sí beneficiará a la comunidad local. En consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos de arroz seco 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 molinos o áreas de influencia de entidades como el Sena.

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

En resumen, inicialmente, el método permite asociar los resultados de los indicadores con valores entre 0 y 1. Se asocia 1 al mejor resultado de cada indicador o de aptitud competitiva alta, 0 al resultado de aptitud competitiva baja y los valores intermedios entre 0 y 1 a la aptitud competitiva media. De esta manera, el análisis individual por cada variable puede realizarse de

forma homogénea, indistintamente de la cantidad de municipios o indicadores presentes. Posteriormente se calcula el valor de las categorías de aptitud aplicando un promedio simple a los valores de los indicadores pertenecientes a cada categoría para obtener un valor único por municipio, de acuerdo con la categoría en análisis. Finalmente, se calcula el IC utilizando de nuevo un promedio simple sobre el valor de las categorías calculadas.

En la figura 21 y en la tabla 22 se presentan los criterios y variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 21. Criterios y variables del componente socioeconómico



Tabla 22. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Definición	Variable (definición)
INDICADORES ECONÓMICOS	Refleja las tendencias de asignación de recursos financieros e incentivos que contribuyen al apalancamiento del cultivo en un entorno macroeconómico que considera el desempeño económico en el municipio.	Grado de importancia económica municipal: peso relativo que representa el PIB de cada uno de los municipios dentro de su departamento; para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora por grados o categorías de importancia económica que le debe corresponder a un municipio.
		Créditos otorgados: son aquellos préstamos que se dan a una persona natural o jurídica para desarrollar actividades desde el proceso de producción y comercialización hasta la transformación primaria de los bienes relacionados con el cultivo de arroz. Se ofrecen en condiciones financieras favorables, algunos con tasas preferenciales.
		Incentivo a la capitalización rural (ICR): apoyo económico no reembolsable al saldo del capital del crédito, contraído por el productor arrocero para la ejecución de nuevos proyectos de inversión orientados a mejorar la infraestructura de producción y de comercialización.
PRECIO DE LA TIERRA RURAL	Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales en un municipio.	Precio de la tierra rural municipal: medida que, a partir del avalúo catastral, calcula el avalúo promedio por hectárea para los predios rurales de un municipio; se entiende por avalúo el valor de los predios obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario y se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (IGAC, 2011).
	Para efectos de la zonificación, el criterio, al igual que la variable, se asimila e incorpora al avalúo catastral de los predios rurales.	
TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL	Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.	<p>Tamaño tipo de los predios rurales: superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.</p> <p>Para efectos de la zonificación, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural (IGAC, 2016).</p>
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		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. Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de servicios que están en las zonas donde se siembra arroz secano mecanizado en el país.

Criterio	Definición	Variable (definición)
<p>INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA</p>		<p>Presencia de entidades bancarias: existencia de establecimientos bancarios cuya función principal es la captación de recursos en cuenta corriente bancaria, así como la captación de otros depósitos a la vista o a término, con el objeto primordial de realizar operaciones activas de crédito.</p>
		<p>Cercanía a puertos marítimos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hasta los puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional, en particular en la importación de insumos para el cultivo, como fertilizantes, agroquímicos, maquinaria.</p>
		<p>Cercanía a puertos fluviales: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto fluvial) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo.</p> <p>Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos fluviales.</p>
		<p>Interconexión eléctrica: sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: plantas y equipos de generación, red de interconexión, redes regionales e interregionales de transmisión, redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios (artículo 11, Ley 143 de 1994).</p>
		<p>Existencia de cultivos: predios sembrados con arroz seco mecanizado georreferenciados en el censo nacional arrocero de 2016.</p>
		<p>Cercanía a plantas de transformación: facilidad con la que se puede alcanzar los centros de transformación (molino) del arroz paddy verde desde un punto del territorio donde se cultiva arroz.</p>
		<p>Población rural en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄): cantidad de población de las zonas rurales entre los 20 y 64 años de edad, a partir de la cual se considera que están en capacidad de trabajar, de acuerdo con las series de población estimadas por el DANE (2011) para 2017. Debido a la disponibilidad de información etaria por lustros de edades, se decide asociar el rango de edad para trabajar de los 20 a los 64 años.</p>
		<p>Oferta educativa: la capacitación como parte de la educación, se define como el conjunto de actividades didácticas, orientadas a ampliar los conocimientos, habilidades y aptitudes de la persona que laboran en un oficio determinado</p>

Criterio	Definición	Variable (definición)
<p>INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA</p>		<p>Cercanía a centros petroleros: áreas geográficas donde se llevan a cabo actividades de explotación, perforación de pozos profundos, explotación, acopio y transformación de crudos de petróleo.</p> <p>El Decreto 1668 de 2016, en el artículo 91 de la Ley 136 de 1994, modificado por el artículo 29 de la Ley 1551 de 2012, dispone en el numeral 6 del literal f) que el alcalde de cada municipio certificará la residencia a aquellas personas que residen en el territorio del área de influencia de los proyectos de exploración y explotación petrolera, y que en caso de no encontrarse mano de obra no calificada en dicho territorio, se podrá contratar mano de obra de los territorios municipales vecinos, privilegiando de esta manera la contratación de mano de obra residente en los territorios del área de influencia de los mencionados proyectos.</p>
<p>SEGURIDAD CIUDADANA</p>	<p>Situación en la que las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2009).</p> <p>La seguridad ciudadana produce un efecto de confianza, entendida como ausencia de peligro y daños a la vida y a la integridad física y psicológica y a la pérdida parcial o total de la libertad y del patrimonio de un individuo o de un grupo poblacional, determinada por situaciones adversas originadas por las personas.</p>	<p>Homicidios rurales: «El que matare a otro incurrirá en prisión», expresado como el número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes a nivel municipal.</p> <p>Extorsiones rurales: consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto jurídico o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial expresado como el número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes a nivel municipal.</p> <p>Secuestros rurales: «Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada; o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo», expresado como el número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes a nivel municipal.</p>



Criterio	Definición	Variable (definición)
<p>INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD</p>	<p>Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva agropecuaria cuyo apoyo conduce a la competitividad.</p>	<p>Desempeño fiscal: medición global del resultado fiscal alcanzado por cada municipio anualmente a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera, como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la Nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y la capacidad de ahorro.</p>
	<p>Identifica las condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector arrocero.</p>	<p>Cercanía al Sena: facilidad con la que se puede alcanzar desde un sitio en el territorio el centro más cercano del Sena que ofrece programas de formación profesional integral para la incorporación y el desarrollo de personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país. Sintetiza sus oportunidades de contacto e interacción.</p>
		<p>Cercanía al ICA: facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio un centro del ICA, entidad oficial cuyas funciones son elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.</p>
		<p>Cercanía a Agrosavia: facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio un centro de Agrosavia, entidad cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario.</p>
		<p>Extensión y asistencia técnica sectorial: existencia de asistencia técnica sectorial dirigida a predios arroceros de acuerdo con los registros del Censo Nacional Arrocero, realizado por Fedearroz, en el cual se contestó afirmativamente a la pregunta ¿usted recibe asistencia técnica?</p>
		<p>Cercanía al gremio: facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio una seccional de Fedearroz. Presencia e influencia de organizaciones gremiales o de base del sector, como un indicador próximo a la existencia de redes sociales, de asociación o de cohesión social, alrededor de proyectos de interés común.</p>
<p>CONDICIONES DE VIDA</p>	<p>Refleja el grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones y permite determinar la naturaleza de la privación (de acuerdo con las cinco dimensiones seleccionadas) y su intensidad y profundidad. Este indicador permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria.</p>	<p>Índice de pobreza multidimensional (IPM): grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres. Permite observar patrones de pobreza distintos a la monetaria al reflejar diversos conjuntos de privaciones.</p>

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco, se tomaron como referencia las categorías usadas para el «Mapa de

zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1:100.000» (UPRA, 2014), las cuales corresponden a cuatro categorías de aptitud, una categoría de exclusiones legales y una categoría de condicionantes legales (tabla 23).

Tabla 23. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Categorías		Definición
Aptitud		
A1	Alta	Zonas con las mejores condiciones desde el punto de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico.
A2	Media	Zonas con limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico.
A3	Baja	Zonas con fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
N1	No apta	Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Exclusiones legales		
N2	Exclusión legal o técnica	Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco.
Condicionantes legales		
C1	Condicionante legal	Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco.

Fuente: UPRA (2014).

Desde el componente físico, se definieron las áreas con diferentes grados de aptitud y de exclusión técnica (N1), en donde, dados los requerimientos específicos del cultivo de arroz seco mecanizado, en términos de clima, suelos y fitosanitarios, se presentan zonas óptimas, con aptitud moderada,

con aptitud marginal y otras con restricciones que imposibilitan el desarrollo de la actividad arrocera bajo el sistema analizado. En la tabla 24 se registran los rangos para los distintos grados de aptitud desde el componente físico, incluyendo las exclusiones técnicas (N1).

Tabla 24. Rangos de aptitud de las variables definidas desde el componente físico

Subcom- ponente	Criterio	Variable	Unidad de medida	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
CLIMÁTI- CO	CONDICIONES CLIMÁTICAS	Temperatura mínima media anual	°C/año	18-22	22-24	16-18	> 24 y < 16
		Meses húmedos consecu- tivos	Cantidad de meses	> 9	6-9	4-6	< 4
		Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)	Adimensional	> 0,9	0,85-0,9	0,75-0,85	< 0,75
		Brillo solar medio diario anual	horas sol/día	≥ 5	4-5	< 4	-
CAPACIDAD DE LABOREO	Pendiente	Porcentaje	≤ 3	3-7	7-12	> 12	
	Textura	Clase textural	F, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, L, FL, FA	A, AF, Ar	-	
	Pedregosidad	Fase de pe- dregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	-	Con fase de pedregosi- dad	
CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO	Profundidad efectiva	Cm	≥ 25	-	< 25	-	
	Textura	Clase textural	F, FL, FA, L, FArA, FArL	ArA, ArL, FAr, AF, A	Ar	-	
	Pedregosidad	Fase de pe- dregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	-	Con fase de pedregosi- dad	
DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD	Régimen de humedad	Adimensional	Údico	Ácuico	Ústico	Árido y perácuico	
	Textura	Clase textural	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL	FA, L, F, FL	A, AF	-	
EDÁFICO	DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO	Susceptibilidad a inunda- ciones	Adimensional	No hay, ocasio- nales	Frecuentes	Muy fre- cuentes	-
		Drenaje natural	Adimensional	Bueno, mode- rado y excesivo	Imperfecto	Pobre y muy pobre	-
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	Acidez (pH)	pH	5,5-6,5	5,0-5,4 y 6,6-7,8	7,9-4,9	-	
	Saturación de bases	Porcentaje	≥ 35	10-35	< 10	-	
	Carbono orgánico	Porcentaje	> 1,7	0,5-1,7	< 0,5	-	
	Capacidad de intercam- bio catiónico	cmol/kg de suelo	> 20	10-20	< 10	-	
TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO	Salinidad	dS/m	< 2	2-4	4-8	> 8	
	Saturación de sodio	PSI	< 10	10-15		> 15	
	Saturación de aluminio	Porcentaje	< 30	30-60	> 60		
SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS	Erosión actual	Adimensional	Sin erosión	Ligera	-	Moderada, severa y muy severa	

Subcom- ponente	Criterio	Variable	Unidad de medida	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
FITOSANI- TARIO	SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA	Temperatura máxima asociada a P. oryzae	°C/año	> 31	28-31	24-28	-
		Humedad relativa asocia- da a P. oryzae	Porcentaje	< 75	75-85	> 85	-
		Brillo solar asociado a P. oryzae	Horas luz/día	> 5	4-5	< 4	-

Desde el componente socioecosistémico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1), las cuales están referidas al criterio cambio de cobertura, donde las áreas de exclusión corresponden a las coberturas no favorables para los cultivos de arroz seco mecanizado, que 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 de la 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. Estas áreas se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido, que deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual; por lo tanto, no pueden establecerse cultivos comerciales de arroz seco mecanizado.

Dentro de este mismo criterio, cambio de cobertura, se consideran aquellas coberturas boscosas que fueron deforestadas después de 2010, áreas que fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación histórica en Colombia (Ideam, 2010). Estas zonas no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agropecuaria. 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 medio ambiente y la economía del país.

A continuación se presentan los rangos de aptitud del componente socioecosistémico para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

Tabla 25. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico

Criterios	Variables	Rangos de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
CAMBIO DE COBERTURA	Cobertura de la tierra	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento del cultivo de arroz, transitorios y dedicadas a usos agrícolas o pecuarios donde predominan las áreas de pastos y los cultivos transitorios. Adicionalmente, incluye algunos herbazales densos de tierra firme.	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento del cultivo de arroz, dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos y los cultivos permanentes para la producción de alimentos. Adicionalmente, incluye algunos herbazales densos de tierra firme.	Zonas con favorabilidad marginal para el establecimiento del cultivo de arroz, corresponde a coberturas en donde predominan pastos, cultivos permanentes, plantaciones y zonas quemadas.	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de arroz, 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
		$IE = a (CECN) + b (Inat) + c (ACES)$ <p>Donde $a = 0,6175$, $b = 0,2968$ y $c = 0,0856$</p>			
INTEGRIDAD ECOLÓGICA	Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	0,079-0,385	0,386-0,692	0,693-1	No se aplica
	Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica	(0-50) Inat muy bajo (vital), Inat bajo (estratégico) y moderado	(50-75) Inat alto	(75-100) Inat muy alto	No se aplica
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	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 se aplica
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	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, alta y muy alta de especies sensibles	No se aplica	
		Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios			
		Valoración cualitativa de riqueza mediante la reclasificación de aptitud para el cultivo de arroz 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 estacional y migratorio.			

Criterios	Variables	Rangos de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
APROPIACIÓN DE AGUA		A1 = IUA A1 - USO A1 A2 = IUA A2 - USO A1, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A2 A3 = IUA A3 - USO A1, IUA A3 - USO A2, IUA A1 - USO A2, IUA A2 - USO A3, IUA A3 - USO A3 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 se aplica
		< 9500	9500-13.300	> 13.300	
		Índice de uso del agua (IUA)			
	> 7,34	3,409-7,34	≤ 3,409		
VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO	Variación del contenido estimado de carbono	< -20	> 0 a -20	≥ 0	No se 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 se aplica

A partir del componente socioeconómico, los municipios se clasificaron solamente en tres categorías de aptitud competitiva (A1, A2 y A3). Ninguno se clasificó como no apto (N1), dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sinté-

ticos o una medición de distancias a través de las isócronas cuya variación respondió a factores exógenos. En la tabla 26 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.



Tabla 26. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
INDICADORES ECONÓMICOS	Grado de importancia económica municipal	Categoría de IEM	1 y 2	3, 4 y 5	6 y 7
	Créditos otorgados	IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio	> 0,045356	≤ 0,045356	Municipios sin historial de créditos al sector
		Pesos	Municipios > 549,6 millones	Municipios ≤ 549,6 millones	
	Incentivo a la capitalización rural (ICR)	IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio	> 0,3027	≤ 0,3027	Municipios sin historial ICR
Pesos		Municipios > 19,3 millones	Municipios ≤ 19,3 millones	Municipios sin historial de ICR al sector	
PRECIO DE LA TIERRA RURAL	Precio de la tierra rural municipal	Pesos/ha	< 3,5 millones	3,5 millones-7,5 millones	> 7,5 millones
TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL	Tamaño tipo de los predios rurales	ha	> 20	5-20	< 5
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Existencia de cultivos	Predios georreferenciados censo 2016	Predios sembrados, georreferenciados por Fedearroz a 2016	Predios vecinos a los georreferenciados por Fedearroz a 2016	Resto de predios
	Cercanía a centros de transformación	Tiempo de desplazamiento, por tamaño del molino	Desplazamiento < 2 horas de molinos grandes, < 1 hora de molinos medianos y < 0,5 horas de molinos pequeños	Desplazamiento entre 2 y 4 horas de molinos grandes, entre 1 y 2 horas de molinos medianos y entre 0,5 y 1 hora de molinos pequeños	Desplazamiento > 4 horas de molinos grandes, > 2 horas de molinos medianos y > 1 hora de molinos pequeños
	Cercanía a centros de servicios	Tiempo de desplazamiento, delimitados por la variable existencia de cultivos	≤ 1 hora	1-2 horas	> 2 horas
	Presencia de entidades bancarias	Número de entidades bancarias en el municipio	> 3	1-3	Sin entidad bancaria
	Interconexión eléctrica	Índice de competitividad (IC)	≥ 0,90	0,80-0,90	< 0,80
		Índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE)	≥ 90 %	80 %-90 %	< 80 %
	Cercanía puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento	≤ 3 horas	3-6 horas	> 6 horas
	Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento	≤ 4 horas	4-8 horas	> 8 horas

Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA	Población rural en edad de trabajar (PET20-64)	Número de personas	> 34.261	8.353-34.261	< 8.353
	Oferta educativa	Tiempo de desplazamiento y número de programas agrícolas	Desplazamiento < 2 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas y desplazamiento < 1 hora de cabeceras municipales entre 1 y 10 programas	Desplazamiento entre 2 y 3 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas o desplazamiento entre 1 y 2 horas a cabeceras municipales entre 1 y 10 programas	Desplazamiento > 3 horas de cabeceras con más de 11 programas y > 2 horas a cabeceras entre 1 y 10 programas
	Cercanía a centros petroleros	Tiempo de desplazamiento	> 1 hora	0,5-1 horas	< 0,5 horas
SEGURIDAD CIUDADANA	Homicidios rurales	Número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Municipios sin homicidios	< 2,026	≥ 2,026
	Extorsiones rurales	Número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Municipios sin extorsión	< 0,56	≥ 0,56
	Secuestros rurales	Número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Municipios sin secuestros	< 0,3108	≥ 0,3108
INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD	Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento a las seccionales de Fedearroz	< 3 horas	3-6 horas	> 6 horas
	Extensión y asistencia técnica sectorial	Predios georreferenciados con asistencia técnica referenciada por Fedearroz en 2016	Predios con respuesta positiva	-	Predios con respuesta negativa
	Cercanía al ICA	Tiempo de desplazamiento	< 2 horas	2-4 horas	> 4 horas
	Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento	< 2 horas	2-4 horas	> 4 horas
	Cercanía al SENA	Tiempo de desplazamiento	≤ 2 horas	2-5 horas	> 5 horas
	Desempeño fiscal	Índice de competitividad (IC) Promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio	≥ 0,655 70,02-90,73	0,4764-0,655 60,00-70,02	≤ 0,4764 33,23-60,00
CONDICIONES DE VIDA	Índice de pobreza multidimensional (IPM)	Porcentaje	< 75,75	75,75 - 87,34	> 87,34

Las fichas metodológicas de criterios y variables de análisis jerárquico considerados dentro de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de arroz seco mecanizado, localizadas al final del documento como anexo, contienen lo siguiente: tipo de criterio que representa, definición, impor-

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

3.4. Criterios de exclusión legal y condicionantes legales

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

Los condicionantes agrupan todos aquellos factores de orden ecológico o social cuyo soporte implica que se 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, estas áreas fueron 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 humanas que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial debe proceder a través de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana.

La tabla 27 presenta las exclusiones legales y la figura 22 su respectivo mapa; la tabla 28 muestra los condicionantes legales junto con el mapa de la figura 23, los cuales fueron definidos para la zonificación de aptitud del cultivo de arroz secano mecanizado.



Tabla 27. Exclusiones legales

Variable	Áreas de exclusión
Ecosistemas estratégicos (páramos)	<p>Páramos: el Consejo de Estado indica en la providencia del 9 de marzo de 2015 que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, los títulos mineros y las actividades agropecuarias en los páramos colombianos. Asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en su detrimento. 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 vigor 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.</p> <p>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).</p> <p>La sentencia C-035 de 2016 proferida por la Corte Constitucional establece que, ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema. Lo anterior no solo porque es un tipo de bioma que no es común en el mundo, sino también debido a 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 supervivencia.</p> <p>De acuerdo con la Resolución MADS 886 de 2018, «Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 en el interior de estas áreas mediante el diseño de los programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, la capacitación y puesta en marcha de estos programas a cargo del Minagricultura a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades adscritas y vinculadas.</p>
Áreas protegidas	<p>Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. Este incluye las figuras de los parques nacionales naturales, el área natural única, las reservas naturales, de los santuarios de fauna, 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.</p> <p>Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran como 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.</p>

Variable	Áreas de exclusión
	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 protegidas	<p>Zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM: de acuerdo con el Decreto 1989 de 1989, «Por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena, la Reserva Sierra de la Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales», entre su zonificación se definen zonas para la preservación y recuperación para la preservación en los distritos de manejo integrado que hacen parte del AMEM.</p> <p>Estos distritos están zonificados, su zonificación incluye zonas para la producción, zonas para la recuperación de la producción, zonas para la preservación y zonas para la recuperación para la preservación. Las zonas para la producción y las zonas para la recuperación de la producción son consideradas en la zonificación como condicionantes legales.</p>
Áreas urbanas	Áreas conformadas por conjuntos de edificaciones y estructuras contiguas agrupadas en manzanas censales que, por lo general, cuentan con una dotación de servicios esenciales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, hospitales y colegios, entre otros. En esta categoría están incluidas las cabeceras municipales y los centros poblados (DANE, 2018), por lo que no pueden ser objeto de actividades agrícolas.
Parques arqueológicos	Los parques arqueológicos están a cargo del Icanh, se crean como espacios de conservación, divulgación e investigación en torno al patrimonio arqueológico y cultural de la Nación y como patrimonio de la humanidad, por lo cual deben ser salvaguardados, protegidos y conservados por el Estado con el propósito de que sirvan de testimonio de la identidad cultural nacional, tanto en el presente como en el futuro, según la Ley general de cultura (Ley 397 de 1997, artículo 1.º de la Ley 1185 de 2008 y Decreto 1080 de 2015).



Variable	Áreas de exclusión
Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2. ^a de 1959, zonas tipo A	<p>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.^a de 1959. Hay 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.</p> <p>La zonificación adelantada por el MADS en las zonas de reserva forestal nacional definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C, donde se establece que las zonas tipo A son «las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica». El MADS adopta la zonificación y ordenamiento de las reservas forestales nacionales mediante las siguientes resoluciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> Resolución 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2.^a de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés. Resolución 1276 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2.^a de 1959. Resolución 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2.^a de 1959. Resolución 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2.^a de 1959. Resolución 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, establecida en la Ley 2.^a de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila. Resolución 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2.^a de 1959. Resolución 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2.^a de 1959. Resolución 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2.^a de 1959.

Figura 22. Mapa de exclusiones legales

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ EXCLUSIONES LEGALES

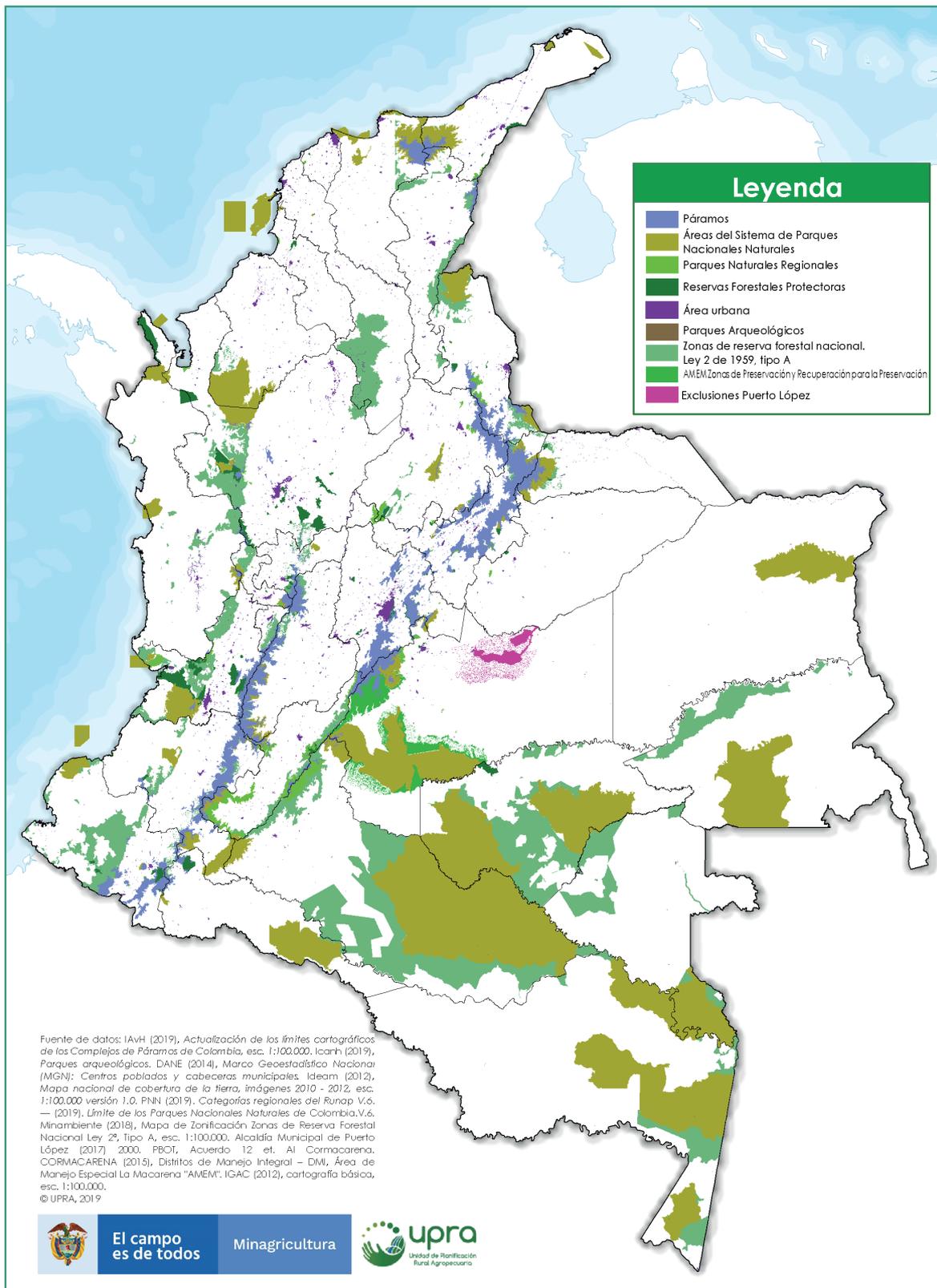


Tabla 28. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	<p>Distritos de manejo integrado (DMI): de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.</p>
	<p>Zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM: de acuerdo con el Decreto 1989 de 1989, «Por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena, la Reserva Sierra de la Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales», entre su zonificación, se definen zonas para la preservación y recuperación para la preservación en los DMI que hacen parte del AMEM.</p> <p>Estos distritos están zonificados, su zonificación incluye zonas para la producción, zonas para la recuperación de la producción, zonas para la preservación y zonas para la recuperación para la preservación. Las zonas para producción y recuperación para la producción son consideradas en la zonificación como condicionantes.</p>
	<p>Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.</p>
	<p>Áreas de recreación: conforme al artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, 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 DMI.</p>
	<p>Reservas naturales de la sociedad civil: conforme al artículo 1.º del Decreto 1996 de 1999, corresponde a la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales.</p>
	<p>Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente: por medio de la Resolución 1628 de 2015 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades. Con base en dichos estudios, Parques Nacionales Naturales de Colombia ha identificado el portafolio de sitios en los cuales se avanza en la realización de los estudios y los procedimientos para su declaratoria como áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dentro de tales sitios se encuentran las selvas transicionales de Cumaribo, el alto Manacacías, la serranía de San Lucas, los bosques secos del Patía, la serranía del Perijá y las sabanas y humedales de Arauca.</p>
	<p>Igualmente, se incluye la Resolución Minambiente 1814 de 2015, mediante la cual se declara una medida de precaución que protege temporalmente 57 sitios, en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas; en este caso, los de carácter regional, a cargo de las corporaciones autónomas regionales correspondientes.</p>

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	<p>Rondas hídricas: se consideran como la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m, las cuales son un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos (Decreto 2811 de 1974).</p> <p>El Decreto 1449 de 1977 consagra en el artículo 3.º literal b) que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 metros de ancho paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua.</p> <p>En el artículo 204 estableció que «(...) Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque» (Decreto 2811 de 1974).</p> <p>La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tomada en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MADS).</p> <p>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 el artículo 3.º, literal b), que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en áreas forestales protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 m de ancho, 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 el artículo 4.º señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, en tanto áreas de especial importancia ecosistémica.</p>
	<p>Ecosistema de manglar: El 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.</p> <p>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 fabrican 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.</p>
	<p>Humedales: 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, afectando así la flora y la fauna presentes en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea en el artículo 2.º la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.</p>

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	<p>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 un análisis detallado del área previo a cualquier establecimiento de un cultivo comercial de arroz seco mecanizado.</p> <p>Agrupar aquellos lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados.</p> <p>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 se requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes.</p> <p>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.</p>
Distinciones internacionales	<p>En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:</p> <p>Convenio Ramsar: este convenio está referido a la protección de humedales; en él se define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994).</p> <p>Respecto al Convenio Ramsar, es importante resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona en el parágrafo 1 del artículo 2002 que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales, con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Minambiente o quien haga sus veces, destacando que en los humedales incluidos en la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades. No obstante, las limitaciones a estas áreas deben obedecer a su respectivo plan de manejo, donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.</p> <p>Reservas de la Biósfera: 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 comunidades humanas que vivan de actividades económicas sostenibles que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez declarada como tal, la reserva queda reconocida internacionalmente, bajo soberanía del respectivo Estado, que debe asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la inclusión dentro de estas reservas.</p>
Áreas de protección cultural y social	<p>Comprenden aquellas zonas delimitadas por el Estado para la protección de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan.</p> <p>A estas áreas se les reconocen la importancia de la diversidad étnica y cultural, así como los derechos sociales, económicos y culturales de los habitantes de las regiones que figuran bajo las siguientes categorías.</p> <p>Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios. Están conformadas por las siguientes áreas:</p> <p>Tierras de las comunidades negras: son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con el artículo 5.º de la Ley 70 de 1993, «para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».</p>

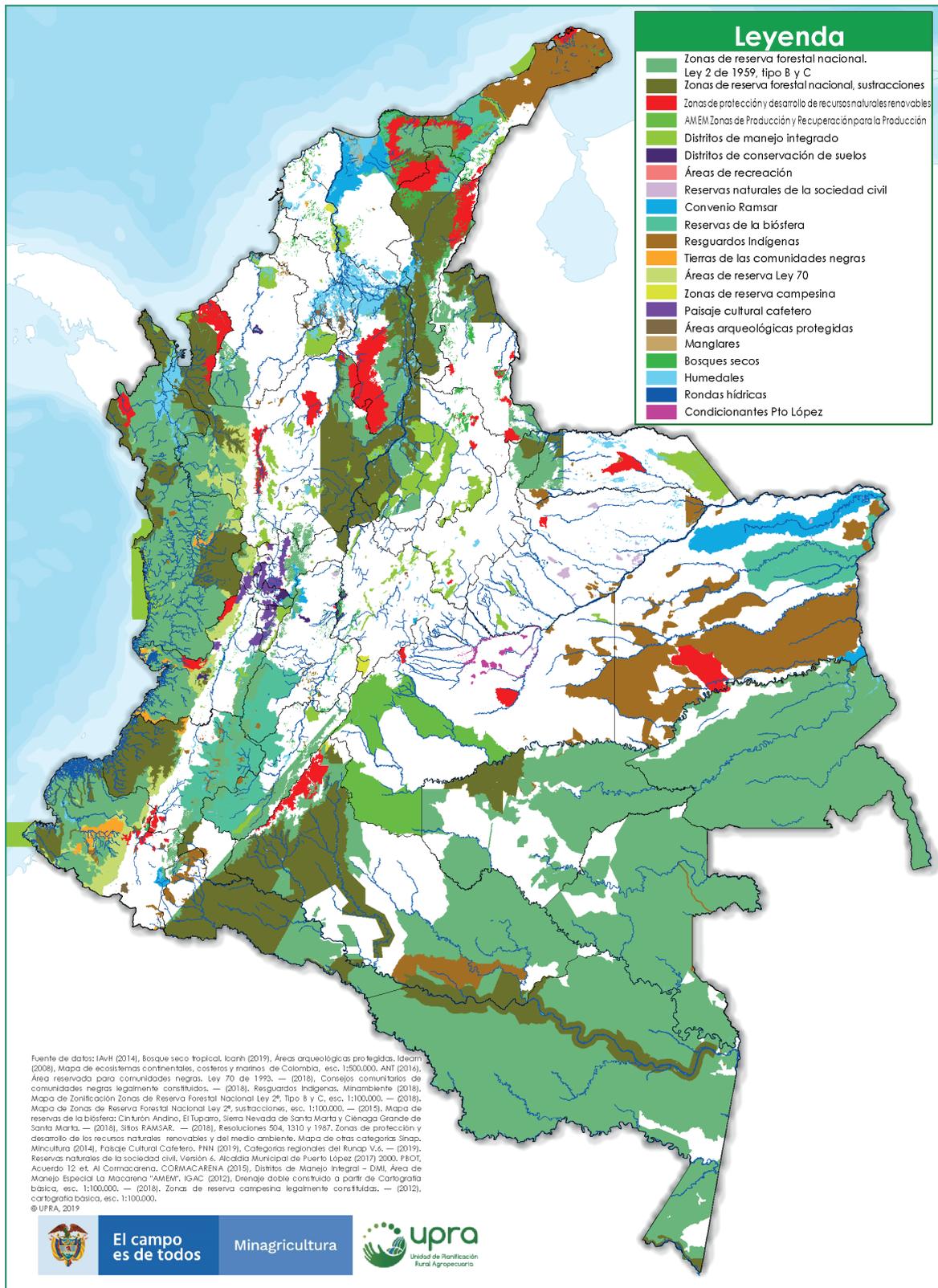
Condicionante	Descripción
Áreas de protección cultural y social	<p>Áreas de reserva Ley 70 de 1993: de acuerdo con el artículo 1.º de la Ley 70 de 1993, «la presente Ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción y el derecho a la propiedad colectiva. Asimismo, tiene como propósito establecer mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana».</p> <p>Zonas de reserva campesina: 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 éstas que podrá darse o tenerse en propiedad, los requisitos, condiciones y obligaciones que deberán acreditar y cumplir los ocupantes de los terrenos.</p> <p>En las Zonas de Reserva Campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción».</p> <p>Áreas de resguardos indígenas: los resguardos indígenas son propiedad colectiva de las comunidades indígenas a favor de las cuales se constituyen 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 del Decreto 2164 de 1995).</p> <p>Paisaje cultural cafetero: la Resolución 2079 del 7 de octubre de 2011 del Mincultura expresa: «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.</p> <p>Artículo 2º. 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.</p> <p>Artículo 3. Velar por que se conserven integralmente los valores universales excepcionales que ameritaron la inclusión del Paisaje Cultural Cafetero en la Lista de Patrimonio Mundial de la Unesco».</p> <p>Áreas arqueológicas protegidas: en concordancia con lo establecido en el artículo 6.º de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3.º de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 56 del Decreto Nacional 763 de 2009, el Icanh podrá declarar áreas protegidas aquellas en las que existan bienes arqueológicos, sin que tal declaratoria afecte la propiedad del suelo, si bien este queda sujeto al Plan de Manejo Arqueológico que apruebe dicha entidad.</p> <p>En las áreas de influencia arqueológica y en los planes de manejo arqueológico se determinarán los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación para estos bienes. Dichas áreas de influencia arqueológica y planes de manejo serán aprobados por el Icanh de conformidad con el artículo 6.º de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 3.º de la Ley 1185 de 2008 y el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009.</p> <p>Dado lo anterior, cualquier actividad productiva debe tener unas consideraciones y revisiones previas. Estas áreas de condicionantes legales incluyen solamente las áreas arqueológicas protegidas.</p>

Condicionante	Descripción
<p>Zonas de reserva forestal nacional, zonas tipo B y C</p>	<p>Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2.^a, zonas tipo B y C: las zonas de reserva forestal nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2.^a de 1959. Son siete: 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.</p> <p>Zonas tipo B: zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central).</p> <p>Zonas tipo C: zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para el desarrollo de las actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal, que deben incorporar el componente forestal y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).</p>
	<p>Sustracciones de las reservas forestales de Ley 2.^a de 1959: de acuerdo con el numeral 18 del artículo 5.º de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011, se facultó al hoy MADS a reservar, alindar 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 solicitada y no se puede realizar otro uso.</p>



Figura 23. Mapa de condicionantes legales

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



3.5. Análisis multicriterio

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

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

3.5.1. Proceso analítico jerárquico

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

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

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

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizaron comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios), se atribuyeron valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. El fundamento del proceso de Saaty se basó en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, con lo cual se logró medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones se utilizaron escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (tabla 29).

Tabla 29. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

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

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

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

Tabla 30. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

	CRITERIO	Criterio 1	Criterio 2	...	Criterio n
	Criterio 1	1	a ₁₂	...	a _{1n}
	Criterio 2	1/a ₁₂	1	...	a _{2n}
A =

	Criterio n	1/a _{1n}	1/a _{2n}	.	1

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

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida para el cultivo, se calcularon las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística

utilizando el software PriEsT (Priority Estimation Tool) (Siraj et al., 2013).

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

donde

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

n = número de criterios

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

La tabla 31 presenta la matriz de evaluación multicriterio para el componente biofísico (físico y socioecosistémico) de la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado, con sus respectivos valores de ponderación de cada criterio, resultante de la corrida de la matriz con el software PriEsT.

Tabla 31. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado

Componente	Criterios	Condiciones climáticas	Capacidad de laboreo	Disponibilidad de humedad	Condiciones de enraizamiento	Disponibilidad de nutrientes	Susceptibilidad fitosanitaria	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Apropiación de agua	Integridad ecológica	Cambio de cobertura	Variación del contenido estimado de carbono	Amenaza de incendios de la cobertura vegetal	Ponderación (%)
		Físico	Condiciones climáticas	1												
Capacidad de laboreo	1/3		1													13,4
Disponibilidad de humedad	1/3		1/3	1												11,5
Condiciones de enraizamiento	1/3		1/3	1/3	1											9,9
Disponibilidad de nutrientes	1/5		1/3	1/3	1/3	1										7,3
Susceptibilidad fitosanitaria	1/5		1/5	1/5	1/3	1/3	1									6,0
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/5		1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1								3,1
Disponibilidad de oxígeno	1/5		1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1							2,4
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/7		1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1						1,3
Socioecosistémico	Apropiación de agua	1/3	1	3	3	3	3	5	5	7	1					15,2
	Integridad ecológica	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3	3	5	1/3	1				5,2
	Cambio de cobertura	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	3	3	5	1/3	1/3	1			4,1
	Variación del contenido estimado de carbono	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	3	1/5	1/3	1/3	1		2,1
	Amenaza de incendios de la cobertura vegetal	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	1/3	3	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1,5

Por su parte, la tabla 32 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado, con sus respectivos valores de ponderación de cada criterio, resultante de la corrida de la matriz con el *software* PriEST.

Tabla 32. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado

Criterios	Infraestructura y logística	Institucionalidad y asociatividad	Mercado laboral	Indicadores económicos	Seguridad ciudadana	Tamaño de la tierra	Precio de la tierra	Condiciones de vida	Ponderación (%)
Infraestructura y logística	1								33,6
Institucionalidad y asociatividad	1/3	1							23,2
Mercado laboral	1/3	1/3	1						15,8
Indicadores económicos	1/5	1/3	1/3	1					11,3
Seguridad ciudadana	1/5	1/5	1/3	1/3	1				6,8
Tamaño de la tierra	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1			4,5
Precio de la tierra	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1		3,0
Condiciones de vida	1/9	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1	1,8

La tabla 33 muestra la matriz de paso utilizada para comparar la aptitud de los componentes biofísico y socioeconómico, para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

Tabla 33. Matriz de paso para la comparación de aptitud los componentes biofísico y socioeconómico

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

Con la información resultante, se obtuvo el mapa integrado preliminar de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, que fue validado con expertos de la cadena.

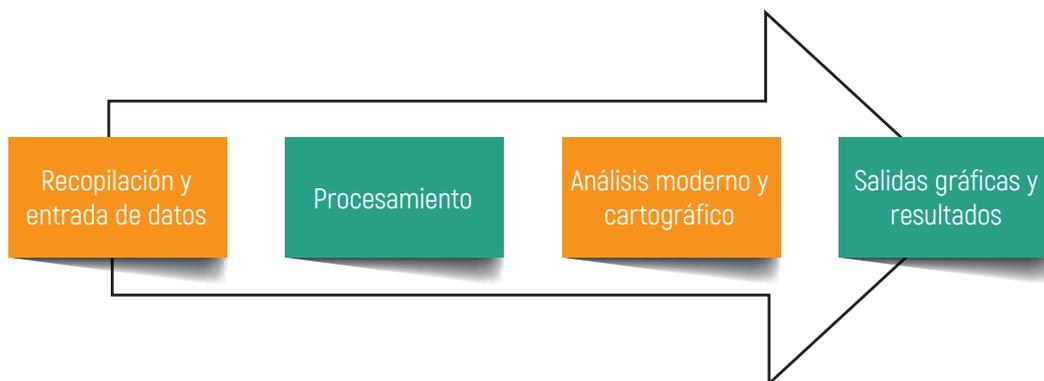
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico integral

El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias porque

permite una aproximación cuantitativa para detectar, mostrar y explicar los patrones espaciales más importantes que se encuentran en un grupo de datos localizados en el espacio, con el objeto de lograr un fin determinado. Una parte importante de esta fase son las técnicas o herramientas de análisis espacial, que incluyen un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información (generalmente *raster*), con el propósito de producir una nueva capa de salida.

Dentro del proceso de zonificación de aptitud, esta fase soporta muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención del mapa de aptitud de los cultivos comerciales de arroz seco. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 24.

Figura 24. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de zonificación de aptitud



- **Recopilación de información:** consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) empleada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con su producción.
- **Procesamiento de la información:** abarcó una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Algunas 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

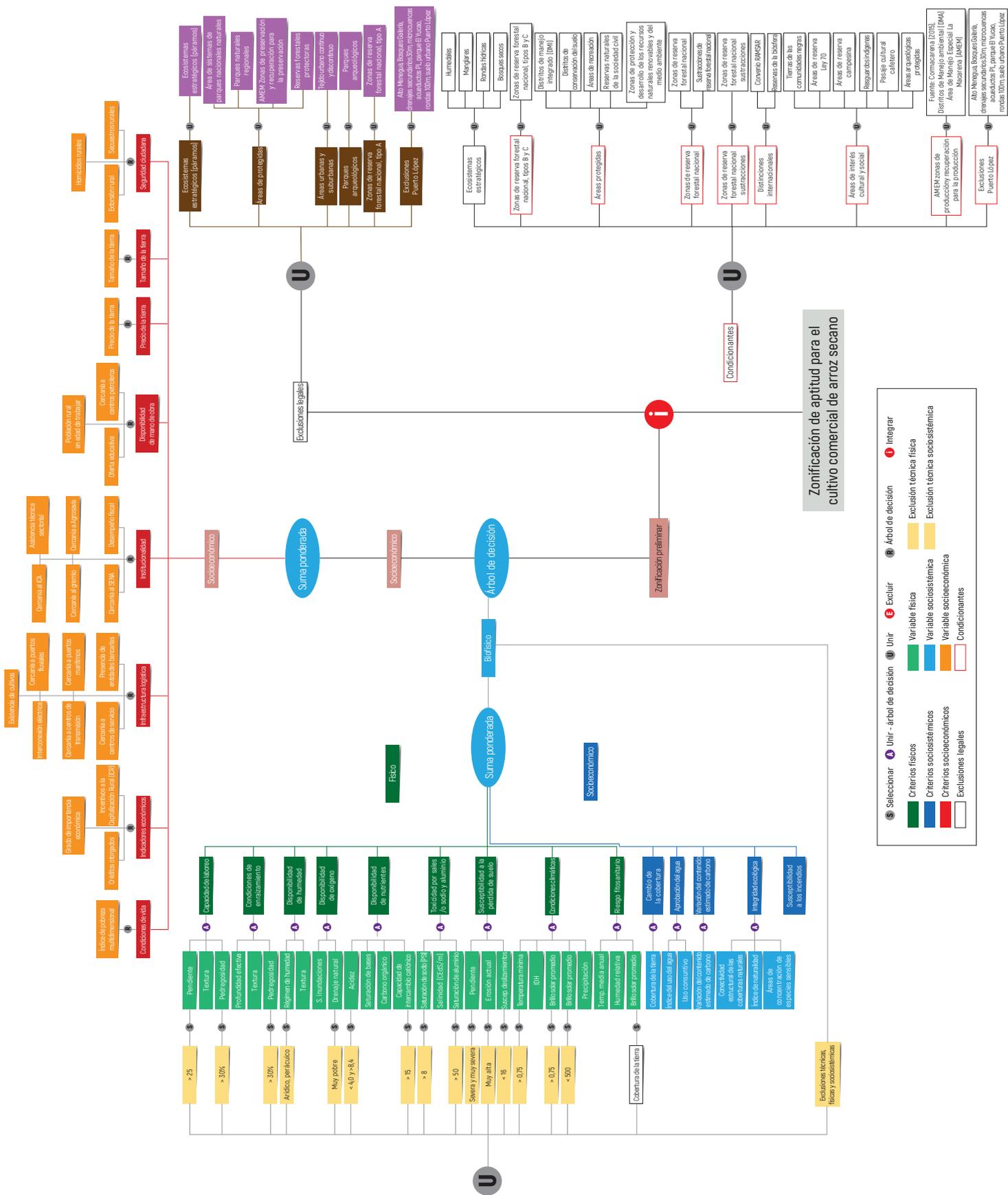
el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas en cuanto a variable y criterio generados por cada componente, la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio y la integración de las exclusiones legales y condicionantes legales.

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

- **Salidas gráficas y resultados:** consistió 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 arroz. Estas salidas van soportadas dentro de la *geodatabase (GDB)* del proyecto.

En la figura 25 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco en Colombia a escala 1:100.000.

Figura 25. Modelo cartográfico integral



3.7. Proceso de validación de mapas

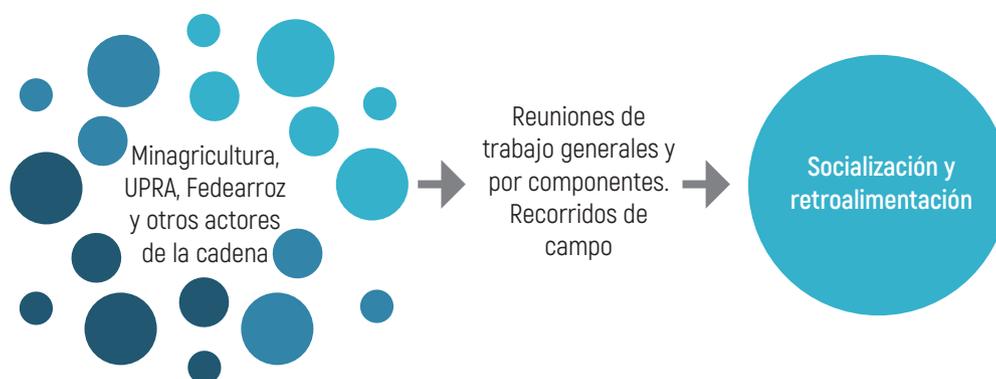
Como parte del proceso de socialización y validación de la metodología y de los mapas de aptitud obtenidos, se desarrollaron dos tipos de actividades:

- Trabajo conjunto con representantes de Fedearroz y otros actores de la cadena productiva del arroz mediante talleres de discusión para realimentar el proceso.

- Recorridos de campo para validar los criterios, variables, rangos y unidades cartográficas definidos de manera preliminar para el cultivo, a fin de efectuar los ajustes necesarios para la obtención del mapa de aptitud integrado.

En la figura 26 se presenta la estrategia adelantada para la socialización y validación del proyecto de zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de arroz seco en Colombia a escala 1:100.000.

Figura 26. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud



3.7.1. Socialización con los actores de la cadena productiva del arroz

En función de presentar la metodología, discutir los criterios, variables y rangos de aptitud, así como de evaluar los diferentes mapas generados durante el desarrollo del ejercicio, la UPRA adelantó jornadas de socialización del proyecto de zonificación de aptitud con Fedearroz y otros actores de la cadena productiva del arroz. En estas actividades se logró identificar información relevante y realimentar el trabajo desarrollado.

Esta etapa empezó el 29 de septiembre de 2015 con un taller en Fedearroz en la ciudad de Bogotá. En

la reunión se expuso la metodología desarrollada por la UPRA para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia a escala 1:100.000, según rangos de aptitud, y se validaron criterios y variables identificados desde los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico. Participaron representantes de instituciones como Fedearroz, Induarroz, Minagricultura y el ICA, que dieron a conocer sus perspectivas frente a los criterios, variables y rangos (figura 27).

Figura 27. Registro fotográfico del taller de socialización en Fedearroz en 2015 (Bogotá)



En el año 2018 se llevaron a cabo dos reuniones de socialización de resultados del mapa integrado:
El 4 de septiembre hubo reunión de validación del mapa integrado en la sala de junta de Fedearroz

en la ciudad de Bogotá. En esta oportunidad se socializaron los aspectos de la frontera agrícola, así como la propuesta de mapas integrados semestrales de la zonificación de aptitud.

El jueves 4 de octubre, en la granja Las Lagunas de Fedearroz (municipio de Saldaña, departamento del Tolima) se desarrolló un taller con técnicos del gremio procedentes de Bogotá, Tolima, Casanare y Meta. Se socializaron criterios y variables de la zonificación de aptitud, se expusieron

la nueva metodología donde el componente socioeconómico caracteriza el resultado del mapa biofísico (físico y socioecosistémico), la inclusión de la frontera agrícola y se acordaron ajustes para la versión definitiva del mapa integrado anual (figura 28).

Figura 28. Registro fotográfico del taller de socialización en Fedearroz Saldaña (Tolima)



3.7.2. Validación en campo

Con objeto de socializar el proyecto de zonificación de aptitud con los actores de la cadena productiva del arroz en las principales zonas de producción actuales, validar los criterios, variables, rangos de aptitud y unidades cartográficas desde de los tres componentes, mediante consulta directa con técnicos y productores, y evaluar mediante recorridos de campo los diferentes mapas generados en el marco de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de arroz, durante la última semana de octubre de 2015 se realizaron recorridos en cuatro zonas de producción de arroz seco de importancia en el país (Meta-Casanare,

Tolima-Huila, Córdoba-Sucre y Valle del Cauca-Cauca).

En la zona de los Llanos Orientales, el recorrido se realizó por los departamentos del Meta y Casanare; se visitaron los municipios de Villavicencio, Puerto López, Puerto Gaitán y Yopal. Por su parte, en los departamentos de Tolima y Huila, se estuvo en los municipios de Ibagué, Espinal, Saldaña, Neiva y Campoalegre. En los departamentos de Córdoba y Sucre, la gira comprendió los municipios de Montería, Cereté, Sincelejo y la región de La Mojana. En los departamentos del Valle del Cauca y Cauca, la excursión abarcó los municipios de Jamundí, Cali y Guachené (figura 29).

Figura 29. Registro fotográfico de los recorridos de campo año 2015





En la semana comprendida entre el 21 y el 25 de agosto de 2018 se realizó recorrido por los municipios de Yopal y Pore (Casanare), Tame (Arauca), Villavicencio (Meta) y San José del Guaviare (Guaviare). En Pore se visitó la planta de

beneficio de Fedearroz. Durante el recorrido hasta San José del Guaviare se observaron cultivos de arroz en el sistema de secano en diferentes estados de crecimiento (figura 30).

Figura 30. Registro fotográfico de los recorridos de campo año 2018





4 Resultados

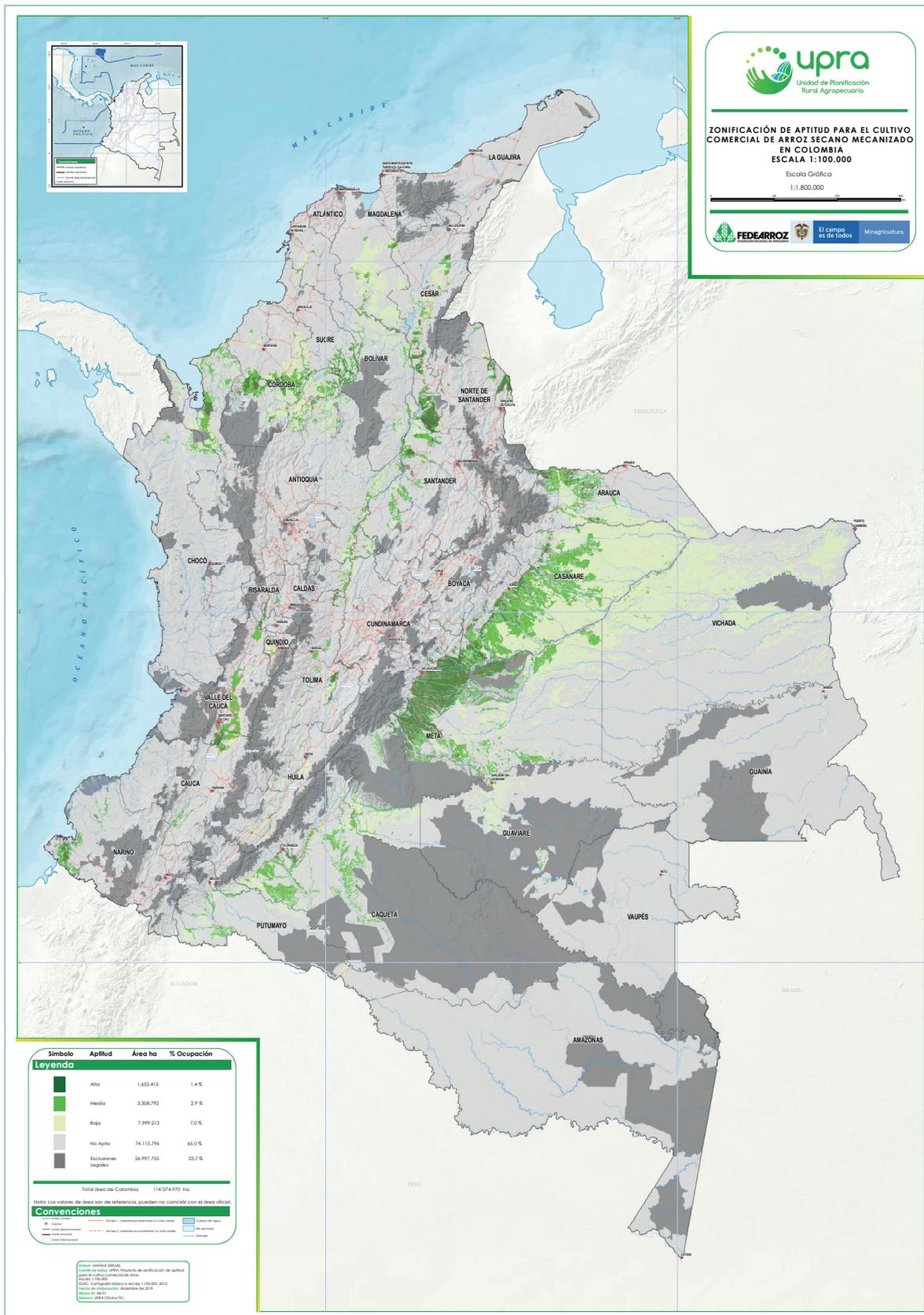
El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado en Colombia, escala 1:100.000, mostró que en Colombia se dispone de 12.961.419 ha aptas para el desarrollo del cultivo, lo cual equivale al 33,0 % de la frontera agrícola nacional del país (39.239.481 ha). De las áreas aptas, el 4,2 % corresponde a aptitud alta (A1), el 8,4 % a aptitud media (A2) y el 20,4 % a aptitud baja (A3) (tabla 34 y figura 31).

Tabla 34. Áreas según categorías de aptitud para el desarrollo de cultivos comerciales de arroz secano mecanizado (ha)

Categoría	Aptitud	Área (ha)	Ocupación (%) Colombia	Ocupación (%) frontera agrícola nacional*
A1	Alta	1.653.415	1,4	4,2
A2	Media	3.308.792	2,9	8,4
A3	Baja	7.999.213	7,0	20,4
Total área apta		12.961.419	11,4	33,0
N1	No apta	74.115.796	65,0	
N2	Exclusiones legales	26.997.755	23,7	
Total área de Colombia		114.074.971		

* Frontera agrícola nacional: 39.239.481 ha.

Figura 31. Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia a escala 1:100.000



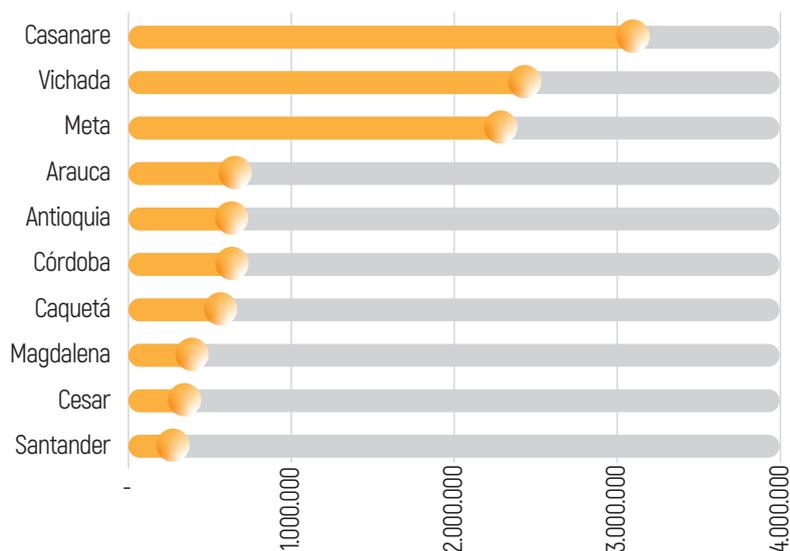
La mayor parte de las zonas aptas para este cultivo se encuentra en los Llanos Orientales, en los departamentos de Casanare, Vichada, Meta y Arauca, que, en su conjunto, representan el 63,5 % de toda el área apta a nivel nacional para el establecimiento

y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado. En su totalidad, estos cuatro departamentos cuentan con 8.236.345 ha aptas. Les siguen en extensión los departamentos de Córdoba, Antioquia y Caquetá (tabla 35 y figura 32).-

Tabla 35. Áreas aptas por departamento para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Departamento	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Total apto
Casanare	194.308	894.551	1.948.883	3.037.742
Vichada	-	35.734	2.285.235	2.320.969
Meta	790.471	530.137	914.119	2.234.728
Arauca	62.020	172.964	407.922	642.906
Córdoba	103.199	191.937	344.067	639.204
Antioquia	56.079	238.329	340.088	634.496
Caquetá	25.954	366.772	174.050	566.776
Magdalena	1	45.122	348.502	393.625
Cesar	119.388	98.644	114.577	332.609
Santander	42.293	119.922	108.631	270.846
Bolívar	13.952	50.685	165.463	230.100
Guaviare	-	21.515	194.282	215.797
Putumayo	3130	64.990	112.829	180.948
Valle del Cauca	18.757	138.885	19.848	177.490
Sucre	46.155	33.771	67.424	147.350
Cauca	10.390	58.992	56.033	125.414
Huila	3531	16.863	98.684	119.078
Nariño	30.294	61.544	21.092	112.929
Chocó	783	40.277	68.468	109.528
Norte de Santander	57.776	19.618	28.210	105.604
Tolima	25.808	44.995	31.700	102.504
Cundinamarca	31.267	9464	27.845	68.575
Boyacá	7722	18.128	15.576	41.427
Quindío	451	6188	34.355	40.993
Caldas	8682	20.945	11.087	40.713
Guainía	-	421	33.801	34.222
Vaupés	-	1093	14.391	15.484
Amazonas	-	2504	10.995	13.498
Risaralda	1005	3803	1056	5864
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
La Guajira	-	-	-	-
Atlántico	-	-	-	-
Total nacional	1.653.415	3.308.792	7.999.213	12.961.419

Figura 32. Principales departamentos con aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)



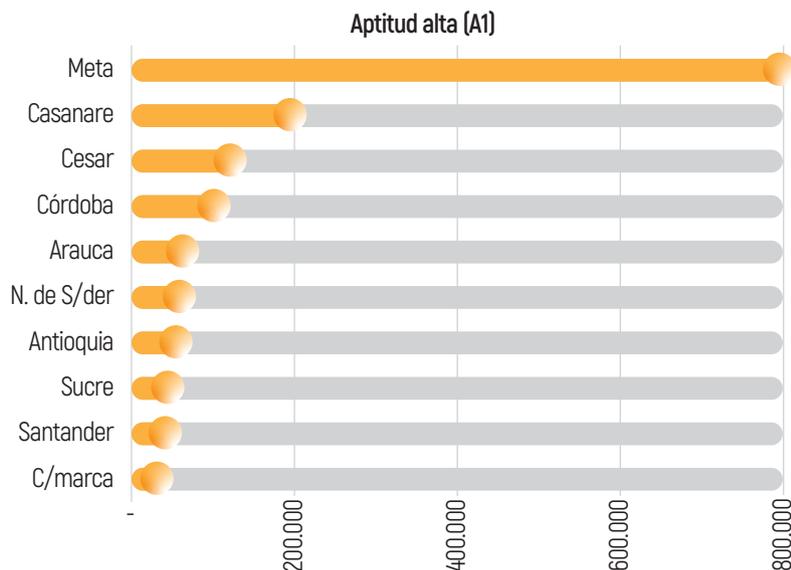
De otra parte, los principales con departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado son Meta, Casanare, Cesar, Córdoba y Arauca, que suman 1.269.386 ha, que equivalen a un 76,8 % del área con aptitud

alta para este cultivo. El departamentos de Meta representa cerca del 50 % del total de área de aptitud alta (A1) en el país, superando ampliamente a departamentos arroceros como Casanare, que alcanza un 11,8 % (tabla 36 y figura 33).

Tabla 36. Áreas de aptitud alta (A1) de los principales departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Departamento	Aptitud alta (A1)
Meta	790.471
Casanare	194.308
Cesar	119.388
Córdoba	103.199
Arauca	62.020
Norte de Santander	57.776
Antioquia	56.079
Sucre	46.155
Santander	42.293
Cundinamarca	31.267

Figura 33. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)



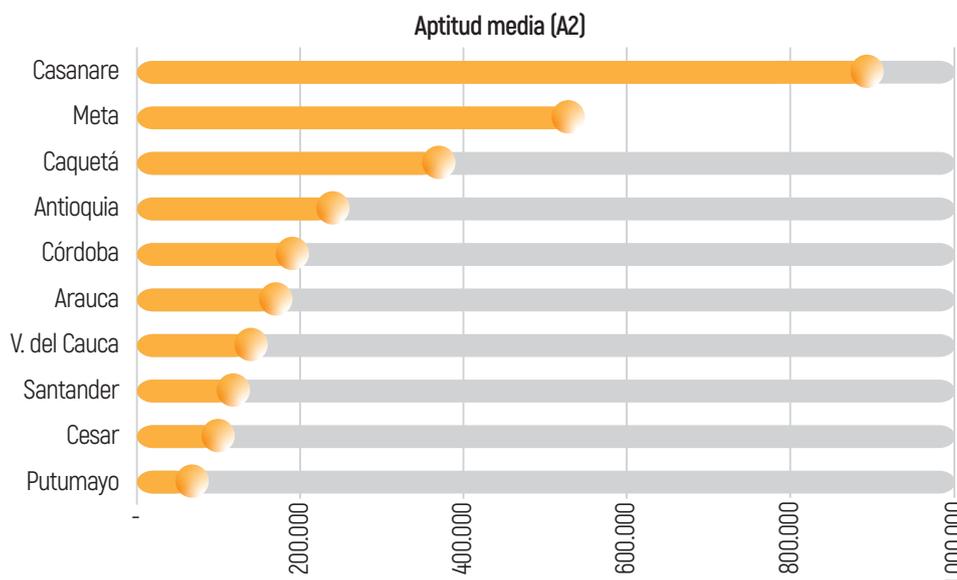
Los principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado son Casanare, Meta, Caquetá, Antioquia y Córdoba, que suman 2.221.727 ha,

que equivalen a las dos terceras partes del área con aptitud media (A2) para este cultivo (tabla 37 y figura 34).

Tabla 37. Áreas de aptitud media (A2) de los principales departamentos para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Departamento	Aptitud media (A2)
Casanare	894.551
Meta	530.137
Caquetá	366.772
Antioquia	238.329
Córdoba	191.937
Arauca	172.964
Valle del Cauca	138.885
Santander	119.922
Cesar	98.644
Putumayo	64.990

Figura 34. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)



Asimismo, los departamentos que cuentan con la mayor área de aptitud baja (A3) son Vichada, Casanare, Meta y Arauca, con 6.002.570 ha potenciales para el desarrollo de este cultivo comercial.

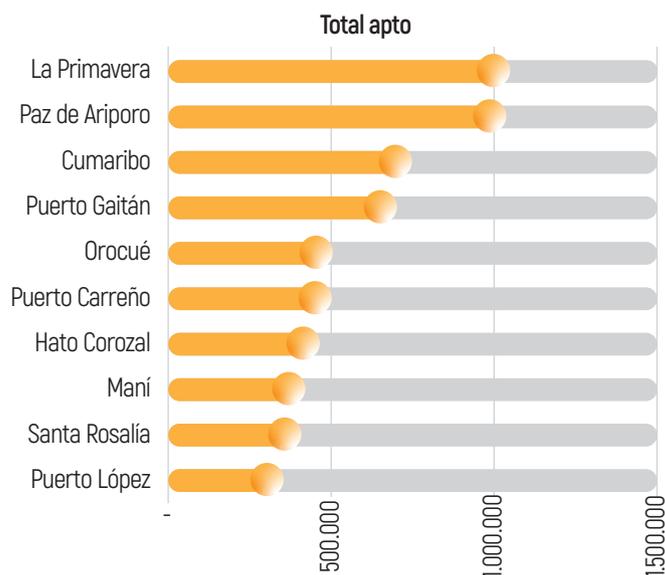
Por otra parte, los municipios que muestran la mayor área apta para el cultivo comercial de arroz

secano mecanizado en Colombia se encuentran en la zona de los Llanos Orientales (departamentos de Vichada, Casanare y Meta): La Primavera y Cumaribo (departamento de Vichada), Paz de Ariporo (departamento de Casanare), Puerto Gaitán (departamento de Meta) y Orocué (departamento de Casanare), los cuales cuentan con 3.599.425 ha aptas (tabla 38 y figura 35).

Tabla 38. Áreas aptas de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Municipio	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Total apto
La Primavera (Vichada)	-	15.031	960.703	975.734
Paz de Ariporo (Casanare)	12.008	173.063	774.598	959.669
Cumaribo (Vichada)	-	8444	642.200	650.644
Puerto Gaitán (Meta)	4431	102.504	506.256	613.191
Orocué (Casanare)	647	40.179	359.360	400.186
Puerto Carreño (Vichada)	-	981	393.573	394.553
Hato Corozal (Casanare)	4088	36.246	320.558	360.891
Maní (Casanare)	14.552	111.122	184.030	309.703
Santa Rosalía (Vichada)	-	11.278	288.759	300.037
Puerto López (Meta)	144.015	88.999	7351	240.365

Figura 35. Principales municipios con aptitud para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)



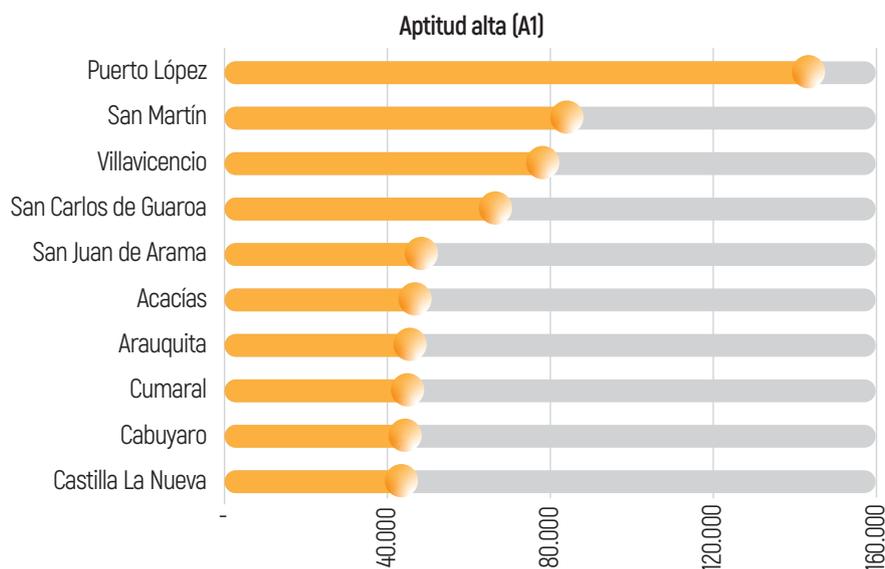
Asimismo, los municipios que muestran la mayor superficie con aptitud alta (A1), suman 468.692 ha, se encuentran en el departamento de Meta, en su

orden, Puerto López, San Martín, Villavicencio, San Carlos de Guaroa, San Juan de Arama y Acacías (tabla 39 y figura 36).

Tabla 39. Áreas de aptitud alta (A1) de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Municipio	Aptitud alta (A1)
Puerto López (Meta)	144.015
San Martín (Meta)	84.623
Villavicencio (Meta)	78.476
San Carlos de Guaroa (Meta)	66.666
San Juan de Arama (Meta)	48.381
Acacías (Meta)	46.531
Arauquita (Arauca)	45.197
Cumaral (Meta)	44.120
Cabuyaro (Meta)	43.632
Castilla La Nueva (Meta)	42.423

Figura 36. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)

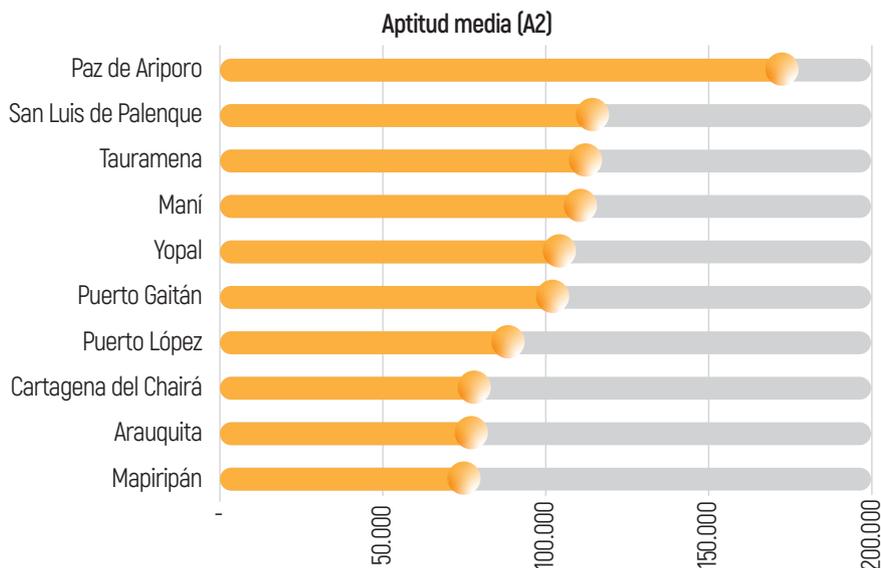


Por su parte, los municipios que cuentan con la mayor superficie con aptitud media (A2) se distribuyen en los departamentos de Casanare y Meta, en su orden: Paz de Ariporo, San Luis de Palenque, Tauramena, Maní y Yopal en el departamento de Casanare, y Puerto Gaitán y Puerto López en el departamento de Meta (tabla 40 y figura 37).

Tabla 40. Áreas de aptitud media (A2) de los principales municipios para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado (ha)

Municipio	Aptitud media (A2)
Paz de Ariporo (Casanare)	173.063
San Luis de Palenque (Casanare)	114.565
Tauramena (Casanare)	112.518
Maní (Casanare)	111.122
Yopal (Casanare)	104.319
Puerto Gaitán (Meta)	102.504
Puerto López (Meta)	88.999
Cartagena del Chairá (Caquetá)	78.839
Arauquita (Arauca)	77.432
Mapiripán (Meta)	75.357

Figura 37. Principales municipios con aptitud media (A2) para el establecimiento y desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia (ha)



Por último, los municipios que cuentan con la mayor área potencial de aptitud baja (A3) están ubicados en los departamentos de Vichada (La Primavera, Cumaribo y Puerto Carreño), Casanare (Paz de Ariporo y Orocué) y Meta (Puerto Gaitán).



SEMILLA TRATADA

Fedearroz



5 Conclusiones

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

En ese sentido, la zonificación es de carácter indicativo, 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.

Dentro del componente físico, en los resultados de la zonificación se destaca que el criterio condiciones climáticas, compuesto por las variables índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), meses húmedos consecutivos, temperatura mínima media anual y brillo solar, 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 arroz seco mecanizado. Asimismo, los criterios del subcomponente edáfico tienen relación directa con el establecimiento del cultivo, especialmente para el laboreo (mecanización de labores) y la disponibilidad de humedad.

Desde el componente socioecosistémico, el enfoque es la sostenibilidad no solo del entorno,

sino del propio cultivo. El criterio más importante para la zonificación de arroz seco mecanizado, desde este componente, fue la apropiación de agua. Siendo el seco un sistema que depende del recurso agua en forma natural por la precipitación, el criterio analiza el balance de la demanda actual y oferta en una subzona hidrográfica en relación con los requerimientos del cultivo. Dados los altos requerimientos de agua del cultivo, este criterio prevé una posible situación de conflicto dentro de una subzona hidrográfica que ya está saturada por su demanda por los ecosistemas naturales, agroecosistemas y demás usos, la cual no tiene suficiente oferta para este cultivo de altos requerimientos hídricos dadas las grandes extensiones que se siembran.

En el componente socioeconómico, la mayor restricción está dada por su nivel de agregación, cuyos análisis principalmente son municipales; algunas variables definen su aptitud en función del tiempo de recorrido (isócronas), lo que 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.

Dentro de la zonificación de aptitud, infraestructura y logística se destaca como el criterio socioeconómico más importante para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, dado el impacto de las variables analizadas, especialmente por la presencia de molinos y centros de servicios que sirvan a la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo.

Dentro del componente socioeconómico también presentan importancia los criterios institucionalidad y asociatividad y el mercado laboral en razón al positivo impacto generado por el gremio y la presencia de entidades de apoyo como el ICA, el Sena y Agrosavia.

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 arroz seco 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, en los mapas se identificó que se tienen 12.961.419 ha aptas para el desarrollo del cultivo, lo cual equivale al 33,0 % de la frontera agrícola nacional, de estas el 4,2 % corresponde a aptitud alta (A1), el 8,4 % a aptitud media (A2) y el 20,4 % a aptitud baja (A3).

Los Llanos Orientales colombianos presentan la mayor área potencial para el desarrollo y establecimiento del cultivo comercial de arroz seco mecanizado, en particular los departamentos de Casanare, Meta, Vichada y Arauca, donde esta actividad se ha desarrollado y consolidado. Les siguen en área apta los

departamentos de Antioquia y Córdoba como núcleos de importancia para este sistema de producción.

El Meta se constituye en el departamento de mayor área con aptitud alta (A1) en el país. Los municipios de Puerto López, San Martín, Villavicencio y San Carlos de Guaroa se destacan, en el ámbito nacional, como los de mayor potencial para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado. Asimismo, los municipios de Paz de Ariporo, Yopal, Orocué, San Luis de Palenque y Tauramena, en el departamento de Casanare, presentan condiciones muy favorables para este cultivo.

Con fundamento en el resultado de área apta, se evidencia una amplia posibilidad de desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado en Colombia. La diversidad de ambientes, las condiciones socioeconómicas y biofísicas permiten el desarrollo de esta actividad en diferentes localidades.

6

Referencias bibliográficas



1. Acevedo, M.; Castrillo, W. y Belmonte, U. (2006). *Origen, evolución y diversidad del arroz*. Revista Agronomía Tropical. 56 (2). Maracay. Recuperado de: < http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
2. Benacchio, S. y Avilán, W. (1991). *Zonificación agroecológica del cultivo de arroz en Venezuela*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay (Venezuela) Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay (Venezuela). Maracay-Venezuela: Fonaiap. Recuperado de: <<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=VE2007400412>
3. Botanical online. (s. f.). *Botanical online*. Recuperado de: <http://www.botanical-online.com/arroz.htm>.
4. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2005). Morfología de la planta de arroz. Guía de estudio. Recuperado de: <<https://es.slideshare.net/jorgeaugustobarbosaleguizamo/morfologia-planta-arroz>>. Cali: CIAT. 16 p.
5. Cuevas, A. (2001). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de arroz*. Cúcuta: Fedearroz.
6. Cuevas, A. y Pérez, C. (2012). *Guía para el monitoreo de insectos fitófagos*. AMTEC. Bogotá: Fedearroz. 26 p.
7. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). *Encuesta nacional de arroz mecanizado*. Bogotá: DANE.
8. _____. 4.º Censo nacional arrocero 2016. Resultados. Recuperado de: www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/censo-nacional-arrocero/presentacion-4to-censo-nacional-arrocero-2016.pdf.
9. Degiovanni, B. (1986). *Curso de arroz*. s. l.: ICA y Fedearroz.
10. DANE y Fedearroz. (2017). Área, producción y rendimientos. Recuperado de: http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php.
11. Espinel, C.; Martínez, H. y Acevedo, X. (2005). *La cadena de arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica*. Recuperado de: < http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6376/1/2005112141728_caracterizacion_arroz.pdf >. 40 p. Bogotá: Minagricultura.
12. Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz). (2014). *Manejo integrado del cultivo de arroz*. Recuperado de: <<https://es.slideshare.net/javierivan39/manejo-integrado-del-cultivo-del-arroz-libro-digital-1>>. 566 p.
13. _____. (2008). *III Censo nacional de arroceros*. Bogotá, D. C.: Produmedios.
14. _____. (2017). *IV Censo nacional arrocero 2016*. Fondo Nacional del Arroz. Bogotá, D. C. Fedearroz, DANE. 179 p.
15. _____. (2018). Área, producción y rendimientos de arroz en Colombia. Recuperado de: <http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php>.
16. _____. (s. f.). Investigación y transferencia de tecnología. Recuperado de: <http://www.fedearroz.com.co/new/investFNA.php>.
17. Franquet, J. y Borràs, C. (2004). *Varietades y mejora del arroz*. Recuperado de: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Varietades.pdf>.
18. Frye, A. (1989). Arroz. [aut. libro] Guerrero, R. *Fertilización de cultivos de clima cálido*. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, S. A. p. 89-112.

19. Gómez, J. (2012). *Caracterización agroclimática del Casanare y Meta y análisis de amenazas en la zona arrocera*. Cundinamarca, Bogotá: Ideam.
20. Higuera, O.; Cuevas, A. (2014). *Guía para el monitoreo y manejo de enfermedades*. Fedearroz, Minagricultura, PGAT, Amtec. Bogotá: Fedearroz. 34 p.
21. International Rice Research Institute (IRRI). (1993). *Rice research in a time of change*. Laguna, Filipinas: s. n.
22. Jennings, P. (1961). *Historia del cultivo del arroz en Colombia*. Colombia: s. n.
23. Lasso, L. (1991). *Zonificación agroclimática de los cultivos de mayor importancia económica del territorio colombiano. Primera parte: cultivo de arroz*. Santafé de Bogotá: Himat. 186 p. Recuperado de: <<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3816/1/009.pdf>>.
24. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2016). *Sector arroz. Indicadores e instrumentos. Agosto de 2016*. Sioc. Recuperado de: <sioc.minagricultura.gov.co/Arroz/.../002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%20>
25. Ministerio del Medio Ambiente, Sociedad de Agricultores de Colombia y Fedearroz. (2002). *Guía ambiental del arroz*. Recuperado de: http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRICOLA%20Y%20PECUARIO/Guia%20Ambiental%20para%20el%20subsector%20arrocero.pdf.
26. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). *Cultivo de peces en campos de arroz*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a0823s.pdf>.
27. _____. (s. f.). Problemas y limitaciones de la producción de arroz. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>.
28. _____. (2013). Faostat. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>.
29. _____. (2014). Recuperado de: <<http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>>.
30. _____. (2012). *Agronoticias América Latina y el Caribe*. Recuperado de: http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/?dyna_fef%5Buid%5D=143943.
31. _____. (2004). *Año internacional del arroz 2004*. Recuperado de: <<http://www.fao.org/rice2004/es/p3.htm>>.
32. _____. (2018). Seguimiento del mercado del arroz de la FAO. Vol. XXI edición No. 1, abril de 2018. Recuperado de: <<http://www.fao.org/3/I9243ES/i9243es.pdf>>. 10 p.
33. Ortiz-Lozano, L.; Granados-Barba, A.; Espejel, I. (2009). Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: applications for the sistema arrecifal veracruzano National Park, México. *Ocean & Coastal Management*. 317-323. Recuperado de: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569109000374>.
34. Quistián, D. (2014). *Estudios para mejorar las variedades mejoradas*. En: Acopagro La Revista Agroindustrial 13-2014. Bogotá. pp. 200-218.
35. Rosero, M. (1992). *El cultivo del arroz de secano manual en Colombia*. s. l.: ICA.
36. Statista. (2018). Consumo global de arroz per cápita de 2000/2001 a 2015/2016 (en kilogramos/año). Recuperado de: <https://es.statista.com/estadisticas/598942/consumo-mundial-de-arroz-per-capita-2000-2001/>.



7 Anexo

Fichas metodológicas de criterios y variables

Contenido

1. FICHAS METODOLÓGICAS COMPONENTE FÍSICO	139
1.1. CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS	139
1.1.1 Variable temperatura mínima media anual.....	144
1.1.2 Variable meses húmedos consecutivos	147
1.1.3 Variable índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)	150
1.1.4 Variable brillo solar medio diario anual	154
1.2. CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO	157
1.2.1. Variable pendiente.....	161
1.2.2. Variable textura.....	164
1.2.3. Variable pedregosidad	168
1.3. CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO	172
1.3.1. Variable profundidad efectiva	176
1.3.2. Variable textura	180
1.3.3. Variable pedregosidad	184
1.4. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD.....	187
1.4.1 Variable régimen de humedad.....	191
1.4.2 Variable textura.....	195
1.5. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO.....	199
1.5.1 Variable susceptibilidad a inundaciones	202
1.5.2. Variable drenaje natural	205
1.6. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.....	208
1.6.1. Variable acidez (pH).....	213

1.6.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)	218
1.6.3. Variable saturación de bases	221
1.6.4. Variable carbono orgánico	224
1.7. CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO	227
1.7.1. Variable salinidad o sodicidad	231
1.7.2. Variable saturación de aluminio	235
1.8. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS	239
1.8.1 Variable erosión actual.....	242
1.9. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA	245
1.9.1. Variable temperatura máxima asociada a P. oryzae	250
1.9.2. Variable humedad relativa asociada a P. oryzae	253
1.9.3. Variable brillo solar diario asociado a P. oryzae	256
2. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECOSISTÉMICO	260
2.1. CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA	260
2.2. CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA	271
2.2.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN).....	283
2.2.2. Variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica.....	287
2.2.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES).....	290
2.3. CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA	298
2.4. CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO	306
2.5. CRITERIO AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL....	318
3. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	322
3.1. CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS.....	322
3.1.1. Variable grado de importancia económica municipal	326
3.1.2. Variable créditos otorgados	329

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR).....	333
3.2. CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA RURAL.....	337
3.2.1. Variable precio de la tierra rural municipal	340
3.3. CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL	343
3.3.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales.....	346
3.4. CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	349
3.4.1. Variable cercanía a centros de servicios	354
3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos.....	358
3.4.3. Variable cercanía a puertos fluviales.....	362
3.4.4 Variable existencia de cultivos	366
3.4.5 Variable presencia de entidades bancarias.....	374
3.4.6 Variable cercanía a centros de transformación	377
3.5. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA	381
3.5.1 Variable población rural en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄)	385
3.5.2 Variable oferta educativa.....	390
3.5.3. Variable cercanía a centros petroleros	395
3.6. CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA	399
3.6.1 Variable homicidios rurales	403
3.6.2 Variable extorsiones rurales	408
3.6.3 Variable secuestros rurales	413
3.7. CRITERIO INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD	418
3.7.1. Variable desempeño fiscal	423
3.7.2. Variable cercanía al SENA.....	428
3.7.3. Variable cercanía al ICA	432
3.7.4. Variable cercanía a Agrosavia	436
3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial	440
3.7.6. Variable cercanía al gremio	444
3.8. CRITERIO CONDICIONES DE VIDA.....	448

4. FICHAS METODOLÓGICAS DE EXCLUSIONES LEGALES	456
4.1. CRITERIO EXCLUSIONES LEGALES	456
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)	462
4.1.2. Variable áreas protegidas	466
4.1.3. Otras áreas protegidas locales	469
4.1.4. Variable áreas urbanas.....	471
4.1.5. Variable parques arqueológicos	474
4.1.6. Variable zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2. ^a de 1959, tipo A.....	477
5. FICHAS METODOLÓGICAS DE CONDICIONANTES LEGALES.....	481
5.1 CRITERIO CONDICIONANTES LEGALES.....	481
5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical).....	484
5.1.2. Variable áreas protegidas	489
5.1.3. Otras áreas protegidas locales	493
5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2. ^a de 1959, tipo B y C	495
5.1.5. Variable distinciones internacionales.....	499
5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social	502

1. FICHAS METODOLÓGICAS COMPONENTE FÍSICO

1.1. CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)		Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: meses húmedos consecutivos		UNIDAD DE MEDIDA: meses consecutivos
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Temperatura mínima media anual, expresada en °C/año.
- Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc), expresado adimensionalmente.
- Meses húmedos consecutivos, expresado en número de meses.
- Brillo solar medio diario anual, expresado en horas sol/día.

DEFINICIÓN

Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas, y la posibilidad de establecer cultivos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Las condiciones climáticas dependen principalmente de los elementos acuosos y termodinámicos de la atmósfera, así como de las diferentes formas de la topografía. Largos periodos de sequía y baja insolación afectan el vigor de las plantas de arroz durante su desarrollo. La variación del clima genera cambios en el metabolismo, lo que afecta de manera directa la productividad del cultivo.

La temperatura mínima afecta la fisiología de las plantas y la producción; las horas sol/día afectan sustancialmente la productividad de la planta, especialmente en la etapa de diferenciación y llenado de grano, mientras que la relación entre precipitación y evapotranspiración influye de forma sustancial en la disponibilidad de humedad para la planta y, por ende, en la posibilidad de absorción de nutrientes y en el normal metabolismo del agua.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Las condiciones climáticas se determinan a partir de información base de las unidades térmicas, de índice de disponibilidad de humedad del cultivo y del brillo solar, las cuales se toman de la distribución de la temperatura mínima media anual, base de datos de precipitación, de evapotranspiración del cultivo y de distribución del brillo solar medio, del periodo comprendido entre 1981 y 2010.

A partir de esta información, 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 (Eastman *et al.*, 1995).

Con base en lo anterior, se definen los criterios y variables, 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 arroz seco mecanizado.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Árbol de decisión para el criterio

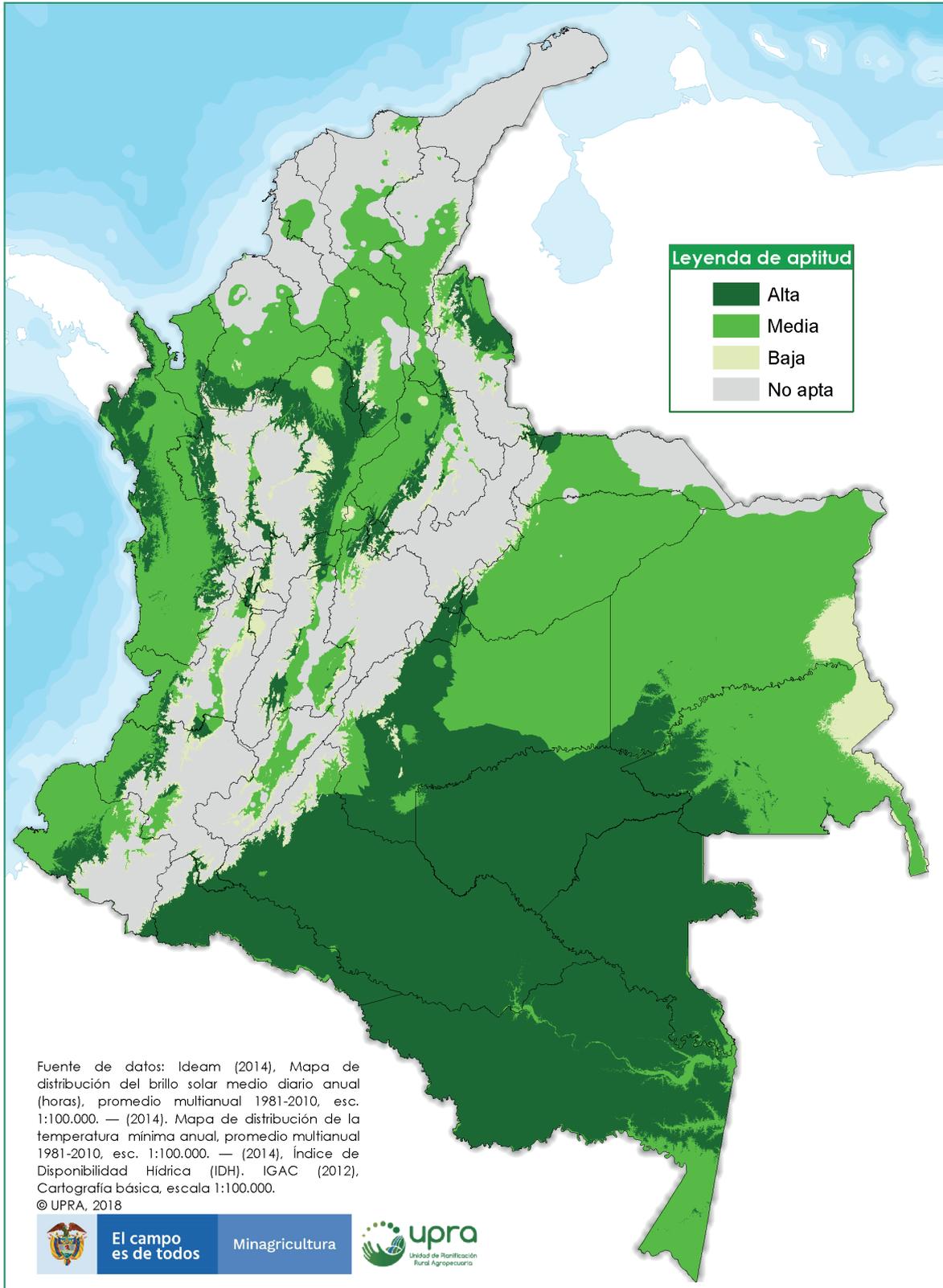
Temperatura mínima media anual (°C)	Meses húmedos consecutivos	Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc) (adimensional)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
18-22	≥ 9	> 0,9	≥ 5	A1
			4-5	A1
			< 4	A1
		0,85-0,9	≥ 5	A1
			4-5	A1
			< 4	A1
		0,75-0,85	≥ 5	A1
			4-5	A1
			< 4	A1

Temperatura mínima media anual (°C)	Meses húmedos consecutivos	Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc) (adimensional)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
18-22	6-9	> 0,9	≥ 5	A1
			4-5	A1
			< 4	A2
		0,85-0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
	4-6	0,75-0,85	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
		> 0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
22-24	≥ 9	0,85-0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
		0,75-0,85	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
	6-9	> 0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
		0,85-0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
4-6	0,75-0,85	≥ 5	A2	
		4-5	A2	
		< 4	A2	
	> 0,9	≥ 5	A2	
		4-5	A2	
		< 4	A2	

Temperatura mínima media anual (°C)	Meses húmedos consecutivos	Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc) (adimensional)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
22-24	4-6	0,85-0,9	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A2
		0,75-0,85	≥ 5	A2
			4-5	A2
			< 4	A3
16-18 y > 24	≥ 9	> 0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
		0,85-0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
		0,75-0,85	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
	6-9	> 0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
		0,85-0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
		0,75-0,85	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
	4-6	> 0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
		0,85-0,9	≥ 5	A3
			4-5	A3
			< 4	A3
0,75-0,85		≥ 5	A3	
		4-5	A3	
		< 4	A3	

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media mínima anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- .. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Bogotá: Ideam.
- .. (2014). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.1.1 Variable temperatura mínima media anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: temperatura mínima media anual	UNIDAD DE MEDIDA: °C	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Hace referencia a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor.

La temperatura mínima del aire, que depende de la latitud y de la altitud, se toma generalmente como valor mínimo para el desarrollo de las plantas.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El crecimiento está limitado por cierto rango de temperatura, comprendida entre los valores máximo y mínimo, fuera de los cuales este se afecta. La temperatura mínima del aire ejerce un efecto en los procesos fisiológicos de las plantas.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial anual de la temperatura mínima del aire es fundamental ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo

cual permite establecer zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, de acuerdo con sus requerimientos térmicos mínimos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Para el cultivo de arroz se considera como valor mínimo, las temperaturas mínimas inferiores de 16 °C. Por lo tanto, las zonas térmicas delimitadas por debajo de esta isoterma, se consideran no aptas para el establecimiento y el desarrollo del cultivo de arroz.

Aptitud	Meses húmedos consecutivos
Alta (A1)	≥ 9
Media (A2)	6-9
Baja (A3)	4-6
No apta (N1)	< 4

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas, la cual se tiene solo hasta 2010; en consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

La de base para las unidades térmicas mínimas, se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam en 2014, a escala 1:100.000, basado en una serie histórica de 1981 al 2010.

Tratamiento de la información.

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

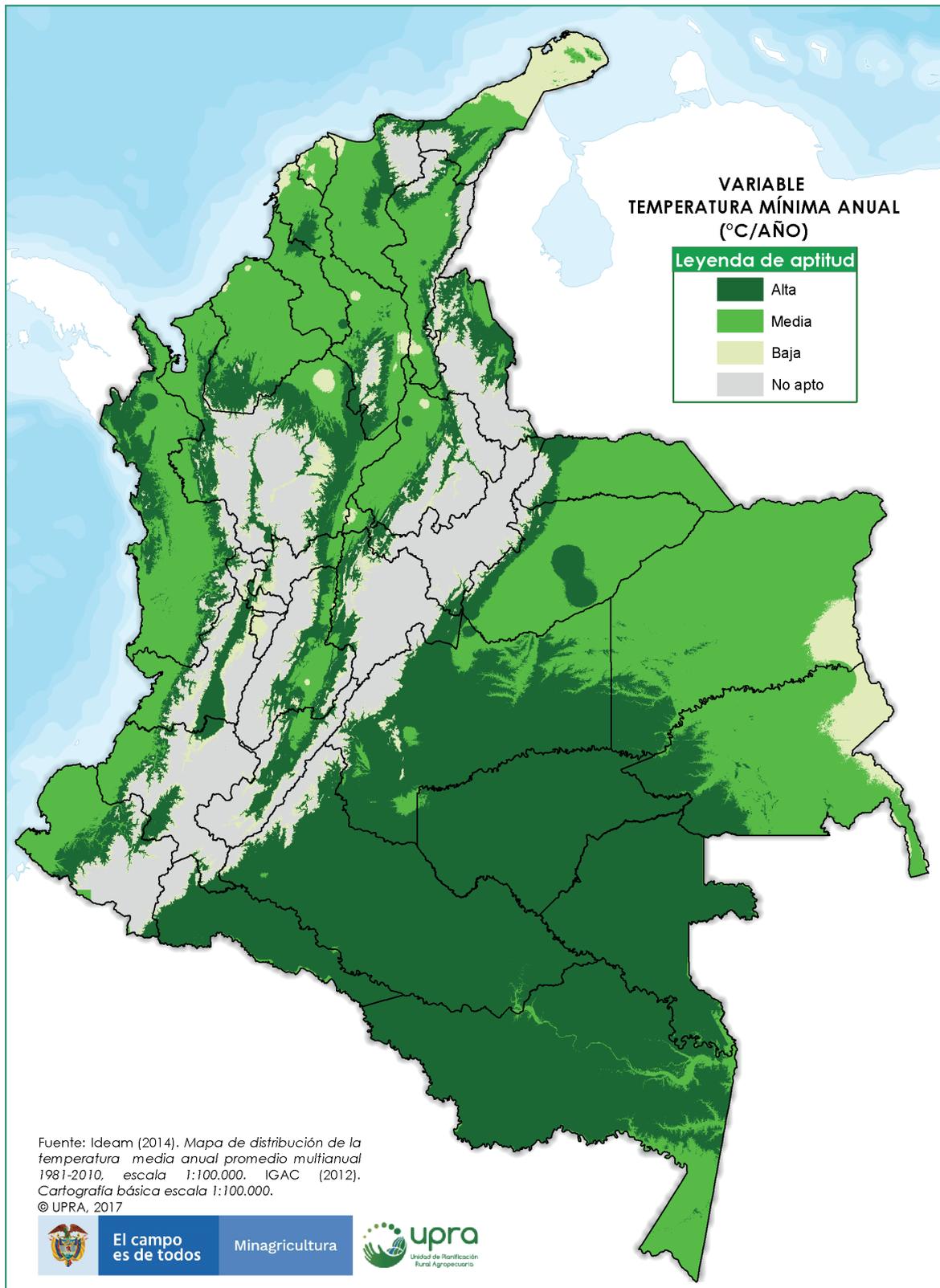
Unidad de análisis

Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



El campo
es de todos

Minagricultura



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.1.2 Variable meses húmedos consecutivos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: meses húmedos consecutivos		UNIDAD DE MEDIDA: meses consecutivos
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Conteo consecutivo de meses que suplen las necesidades hídricas del cultivo del arroz.-

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Permite identificar los períodos con humedad suficiente para el desarrollo de los ciclos completos del cultivo del arroz.

La disponibilidad de buena humedad ejerce un efecto en todos los procesos fisiológicos de las plantas, que influye en su crecimiento y desarrollo.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial anual de la humedad en las zonas arroceras es fundamental, ya que es la base para identificar áreas húmedas diferenciales, que permite establecer las zonas con aptitudes alta, media, baja, y no apta, para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, de acuerdo a los requerimientos hídricos o uso consuntivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se estableció como valor de exclusión (N1), menos de cuatro meses húmedos consecutivos dado que ocasionan estrés hídrico que se evidencia en pobre emergencia del cultivo, disminución en el desarrollo del área foliar y reducción de la capacidad de absorción de nutrientes que se traducen en escaso crecimiento, pobre macollamiento, bajo llenado de grano y, como consecuencia, bajo rendimiento agronómico.

Aptitud	Meses húmedos consecutivos
Alta (A1)	≥ 9
Media (A2)	6-9
Baja (A3)	4-6
No apta (N1)	< 4

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada y normalizada de la información pluviométrica y de evapotranspiración de cultivo de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición pluviométrica actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información utilizada para las unidades de meses húmedos consecutivos es la base de los datos del índice de disponibilidad de humedad (IDHc), calculado para arroz (ver ficha IDHc).

Se definieron como meses húmedos los valores de IDHc igual o superior a 0,96 y secos inferiores a este valor; seguidamente, se realizó un conteo de los meses húmedos, y finalmente se realizó un ejercicio de espacialización de esta variable, por IDH.

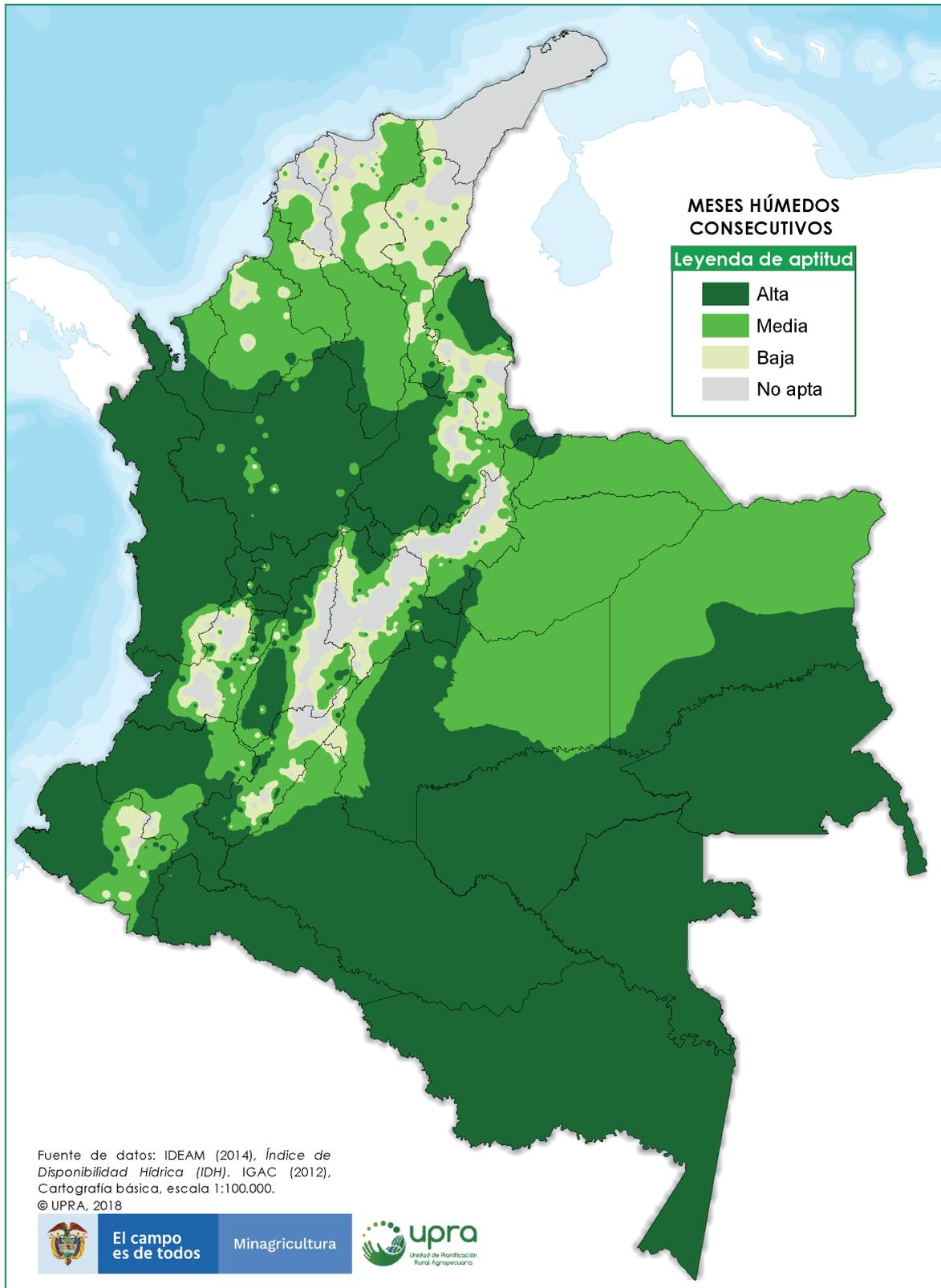
Unidad de análisis

Distribución del índice de disponibilidad de humedad (IDHc) con meses húmedos consecutivos en el territorio nacional



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- IDEAM. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, período 1981-2010*. Bogotá.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.1.3 Variable índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: : Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)	UNIDAD DE MEDIDA: adimensional	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Relación entre la precipitación y la evapotranspiración del cultivo, que expresa el potencial de rendimiento en función del déficit de agua, ajustado de la ecuación original FAO (FAO, 2006).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La disponibilidad de humedad ejerce un efecto en todos los procesos fisiológicos de las plantas, que influye en su crecimiento y desarrollo.

Para la zonificación, conocer la distribución espacial anual de la humedad en las zonas arroceras es fundamental, ya que es la base para identificar áreas con humedades diferenciales, que permite establecer las zonas con aptitudes alta, media, baja, y no apta, para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado, de acuerdo a los requerimientos hídricos o uso consuntivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se estableció como valor de exclusión menos de 0,75, que ocasionan estrés hídrico que se evidencia en pobre emergencia del cultivo, disminución en el desarrollo del área foliar y reducción

de la capacidad de absorción de nutrientes que se traducen en escaso crecimiento, pobre macollamiento, bajo llenado de grano y, como consecuencia, bajo rendimiento agronómico.

Aptitud	Índice de disponibilidad de humedad (IDHc) con meses húmedos consecutivos
Alta (A1)	> 0,9
Media (A2)	0,85-0,9
Baja (A3)	0,75-0,85
No apta (N1)	< 0,75

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada y normalizada de la información pluviométrica y de evapotranspiración de cultivo de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición pluviométrica actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Unidades pluviométricas y de evapotranspiración de cultivo de la base de datos del Ideam, a escala 1:100.000, que corresponde a una serie histórica de 1981 al 2010.

El IDHc se calculó en función de la siguiente ecuación:

$$IDHc = (1/Ky) * (P/ETc)$$

Donde:

P = precipitación

ETc = evapotranspiración del cultivo (FAO, 2006)

Todos los valores mayores a 1 en la relación P/ETc se dejan iguales a 1, esto debido a que la utilización de la precipitación en el cálculo es en reemplazo a la evapotranspiración real (ETr).

$Ky = 1,10$ factor de respuesta del cultivo de arroz al déficit hídrico (FAO, 2006).

Por su parte, la evapotranspiración del cultivo (ETo) es:

$$ETc = Kc * ETo$$

Donde:

$Kc = 1,15$ Coeficiente hídrico del cultivo para arroz (FAO, 2006).

ETo = evapotranspiración de referencia.

Tratamiento de la información.

Se realizó un ejercicio de delimitación espacial del IDHc con base en la información pluviométrica y de evapotranspiración de cultivo, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo técnico de trabajo del componente físico, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

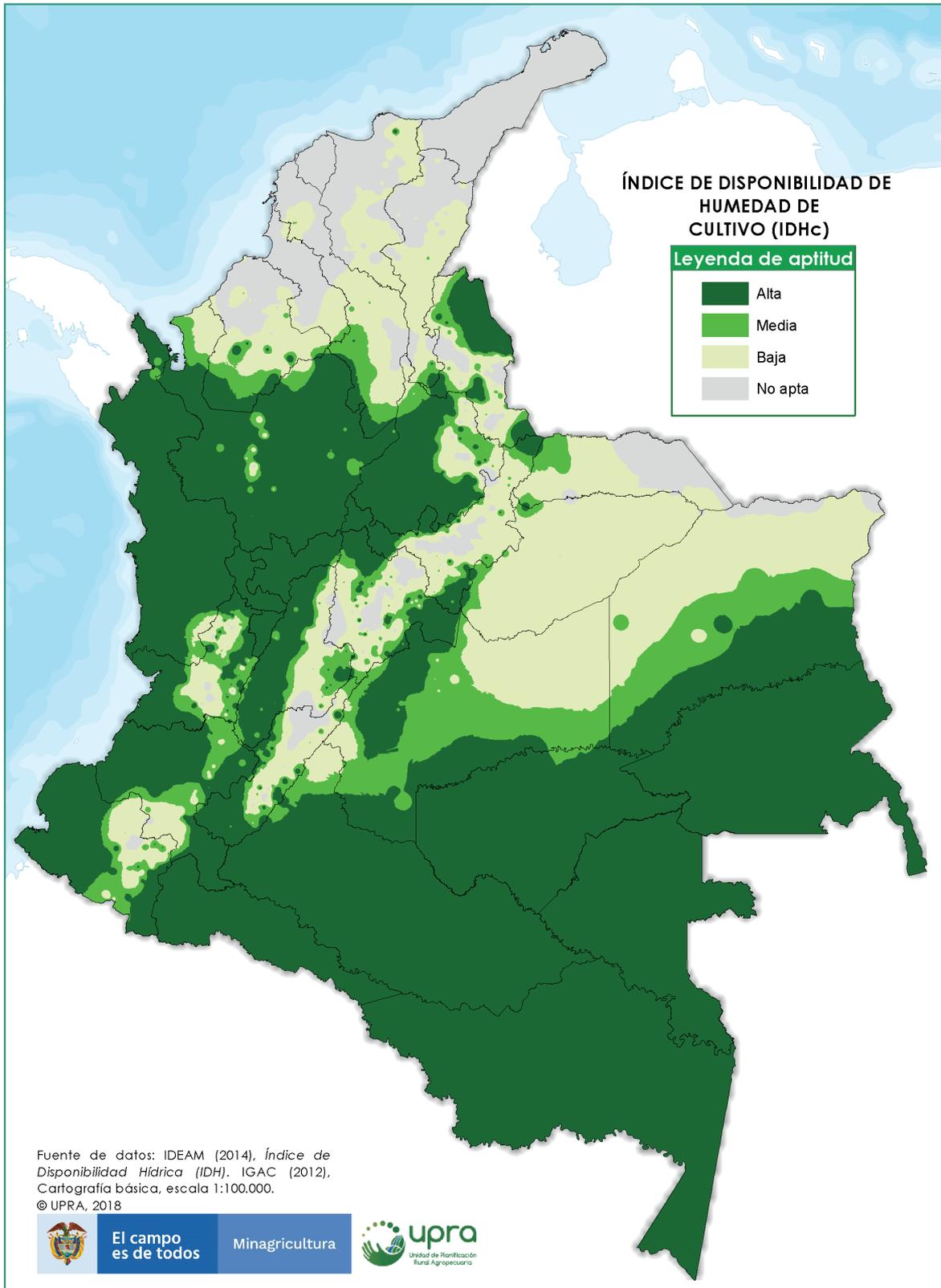
Unidad de análisis

Distribución del índice de disponibilidad de humedad (IDHc) con meses consecutivos húmedos en el territorio nacional



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.

FAO (2006). *Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Estudio FAO Riego y Drenaje, N°56, roma, Italia.

- IDEAM. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, período 1981-2010*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.1.4 Variable brillo solar medio diario anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
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

Influye en varios aspectos del metabolismo de las plantas de arroz como la respiración, fotosíntesis, transpiración y, en general, sobre el crecimiento y, muy especialmente, en la acumulación de grados-día durante la fase de diferenciación y llenado del grano.

Se hace importante para la zonificación ya que su representación espacial, permite establecer la distribución de la insolación con aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Aunque no hay valor de exclusión para la variable (N1), es importante resaltar que cuando se presenta brillo solar por debajo de cuatro horas sol/día, afecta considerablemente la fotosíntesis, la formación y el llenado del grano, así como la producción de materia seca.

Aptitud	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)
Alta (A1)	≥ 5
Media (A2)	4-5
Baja (A3)	< 4

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada de la información de heliofanía de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene normalizada solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja la condición lumínica actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

La utilizada de base para las unidades de heliofanía se toma del mapa de isohelias anuales elaborado por el Ideam (2014), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 a 2010.

Tratamiento de la información.

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial de la luminosidad, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico. La actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

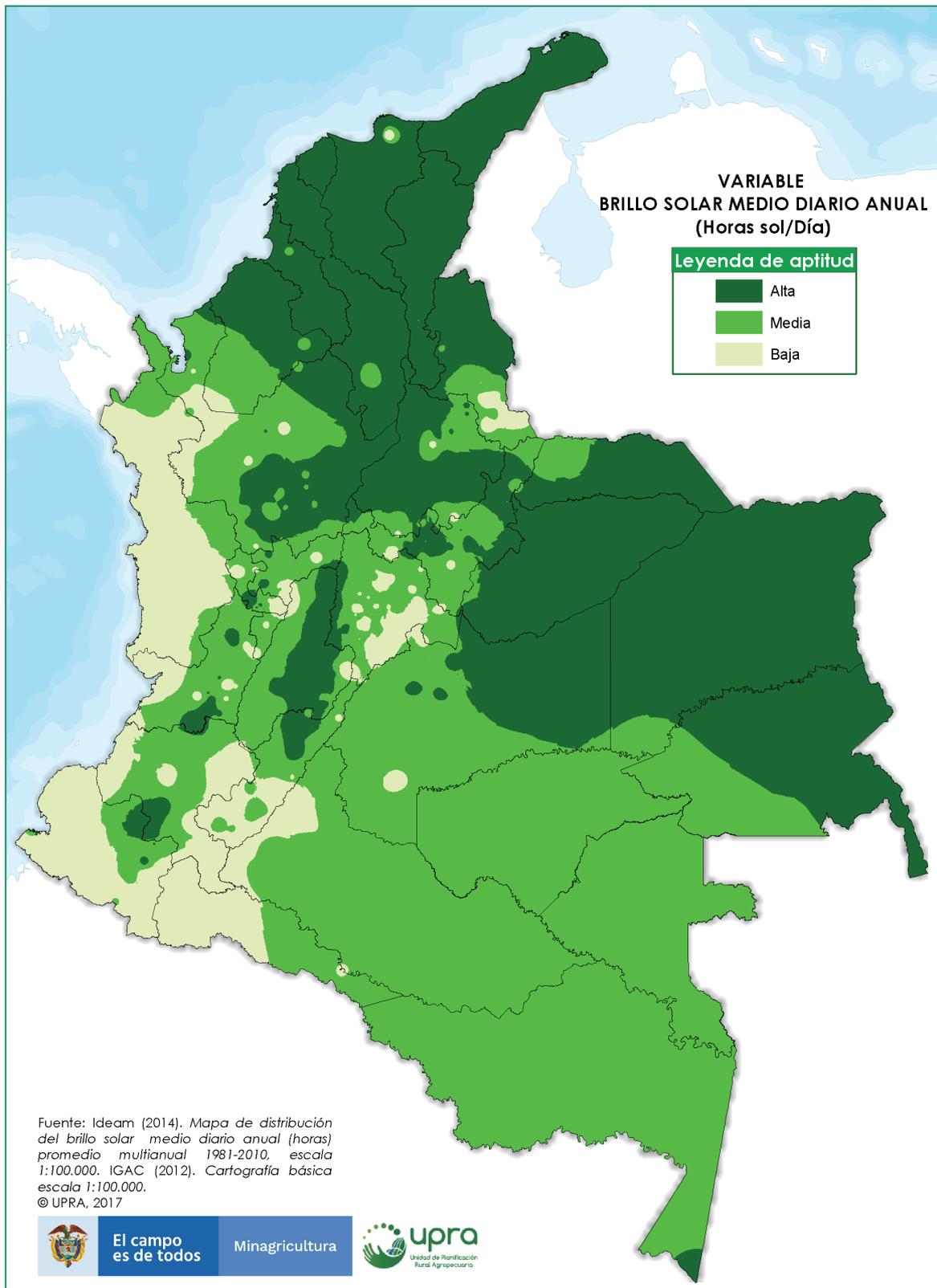
Unidad de análisis

Distribución del brillo solar medio diario anual en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010*, escala: 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.1.2.

1.2 CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO: CAPACIDAD DE LABOREO		
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente, expresada en porcentaje (%). • Textura, expresada en clase textural. • Pedregosidad, expresada en fase de pedregosidad. 		
VARIABLE: brillo solar medio diario anual		UNIDAD DE MEDIDA: horas sol/día
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Características de los terrenos que facilitan o dificultan su preparación o adecuación para el establecimiento del cultivo tecnificado de arroz, lo que implica el uso de maquinaria, especialmente para la preparación del suelo, la siembra y la cosecha.

Está en función de la pendiente, la clase textural de la capa arable y la presencia de pedregosidad en superficie y dentro del perfil.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Es fundamental en cultivos comerciales de arroz seco mecanizado, ya que integra las variables de pendiente, textura y pedregosidad, cuyos límites de variación harán más fácil o más difícil el uso de maquinaria e implementos para las diferentes actividades culturales, desde la adecuación y preparación del suelo, hasta la cosecha.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio, solamente la pendiente y la pedregosidad presentan límites que se califican como no aptos (N1): las pendientes mayores de 12 %, porque requieren de trabajos para adecuarlos y eleva los costos de producción; la fase pedregosa (pedregosidad mayor de 35 %) hace difícil el movimiento de la maquinaria, daña los implementos.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde 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 características diferentes al componente mayor y que corresponden a aptitudes diferentes.

La pedregosidad no se encuentra en rangos por porcentaje, solamente si tiene fase pedregosa (lo que implica que es mayor de 35 %).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo a diferentes consultas con el gremio, productores y reportes de Fedearroz.

Pendiente (%)	Aptitud	Textura (clases texturales)	Aptitud	Pedregosidad	Aptitud
≤ 3	Alta (A1)	F, FL, FA, FArA, FArL	Alta (A1)	Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
3-7	Media (A2)	FAr, ArA, ArL, L	Media (A2)	Con fase de pedregosidad	No apta (N1)
7-12	Baja (A3)	A, AF, Ar	Baja (A3)		
> 12	No apta (N1)				

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 manejo de los suelos, ya que reduce las posibilidades de una buena preparación y, por lo tanto, cultivos con limitadas condiciones en su desarrollo y con dificultades para la cosecha.

Los suelos planos, sin pedregosidad y de textura franca a franco arcillosa, se califican con aptitud alta (A1). Los suelos con predominio de arcillas de relación 1:1 (oxisoles, ultisoles) se califican con aptitud media (A2) porque ofrecen mejores condiciones para la mecanización que las 2:1; los suelos orgánicos (histosoles) también reciben calificación de aptitud media (A2) por su baja densidad aparente y riesgos de subsidencia.

Árbol de decisión para el criterio

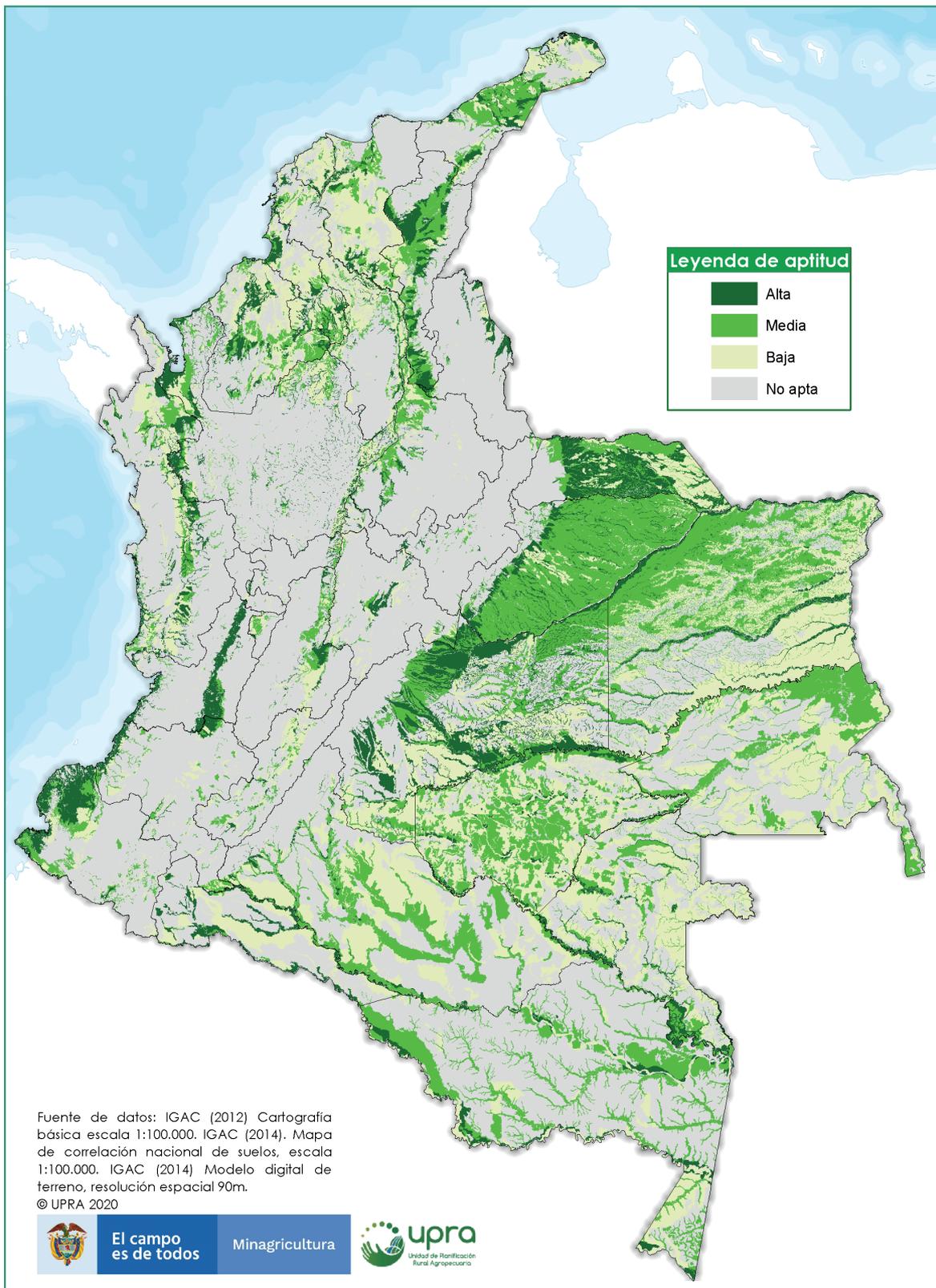
Pendiente (%)	Pedregosidad*	Textura	Aptitud
≤ 3	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A1
		FAr, ArA, ArL, L	A2
		A, AF, Ar	A3
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	N1
3-7	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A2
		FAr, ArA, ArL, L	A2
		A, AF, Ar	A3
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	N1
7-12	Sin fase de pedregosidad	F, FL, FA, FArA, FArL	A3
		FAr, ArA, ArL, L	A3
		A, AF, Ar	A3
	Con fase de pedregosidad	Cualquiera	N1
> 12	Cualquiera	Cualquiera	N1

*En los estudios de suelos no están descritos porcentajes de pedregosidad, por lo que se toma la fase cartográfica de pedregoso cuando la pedregosidad supera el 35 %, y no pedregoso, cuando es inferior a este valor.



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.2.1. Variable pendiente

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO		
VARIABLE: pendiente		UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje (%)
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

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

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

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La variable es determinante en la toma de decisiones para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado, ya que tiene que ver directamente con el desempeño de los tractores y los implementos, los cuales pueden trabajar en pendientes hasta del 12 % sin mayores dificultades; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales, tanto para el establecimiento, como para el mantenimiento del cultivo y la cosecha del grano.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Pendientes mayores del 12 %, se excluyen como no aptas (N1) para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado, debido a que esta clase de pendientes no permiten las labores mecanizadas de este cultivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El uso de las fases de pendiente de las unidades cartográficas implica que en un polígono pueden existir pendientes diferentes a la dominante que es la que se califica; por lo tanto, en un polígono de suelos pueden existir diferentes aptitudes a esta escala.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se hace uso de las fases cartográficas por pendiente, del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), agrupándolas en niveles de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos se establecen de acuerdo con las fases de pendientes determinadas en los estudios generales de suelos, dando mayor aptitud a las áreas más planas.

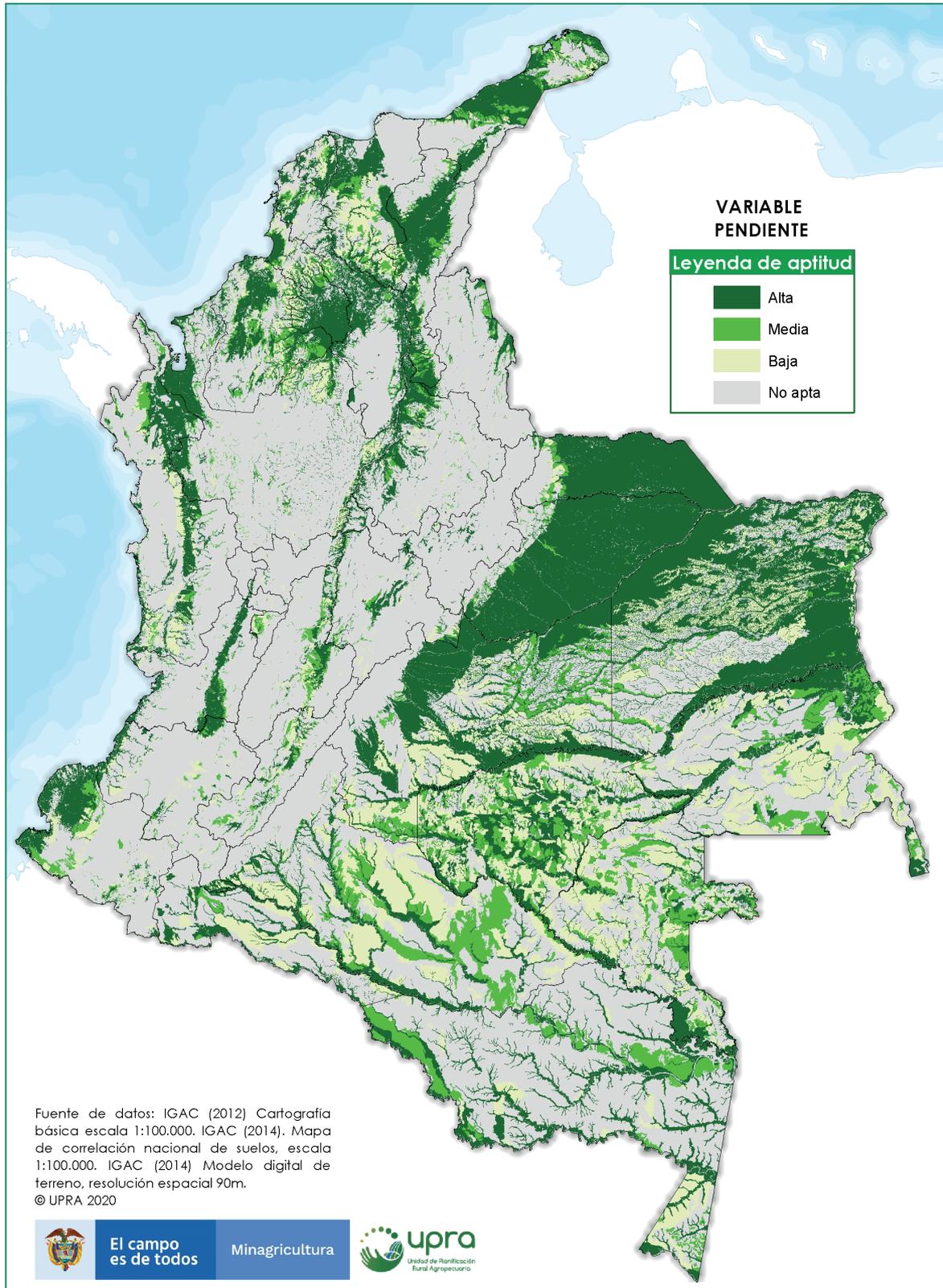
Aptitud	Rangos de pendiente (%)
Alta (A1)	≤ 3
Media (A2)	3-7
Baja (A3)	7-12
No apta (N1)	> 12

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p. Bogotá: IGAC.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá: IGAC.
- Zúñiga, H. (2010). *La pendiente compleja, atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio*. Bogotá: Fundación Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.2.2. Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)		Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
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

Proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC 1990).

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

Clases texturales

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

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La clase textural es una variable de importancia para establecimiento del cultivo de arroz, porque de esta y de la forma como se encuentra estructurado el suelo, depende que este ofrezca resistencia al rompimiento o a su deformación.

La textura es una propiedad física que se usa como variable para evaluar otras propiedades del suelo como la CIC, la permeabilidad, la capacidad para retener agua y los índices de plasticidad; en 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 en el suelo.

Para que los implementos de labranza penetren con facilidad el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo arcilla. Suelos con altos contenidos de arcilla, se vuelven pesados y pegajosos (cuando las arcillas son de relación 2:1); los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y dificultan la construcción de surcos, camellones o drenajes, y presentan baja retención de humedad.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Aunque los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, el uso de la maquinaria e implementos, no hay exclusión (N1) por texturas, porque ninguna de ellas representa dificultad extrema para las labores de labranza.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, en los estudios generales, representan asociaciones o complejos de suelos, donde se califica la clase textural en los horizontes superficiales del suelo más representativo; por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con diferentes texturas que no son posible reflejar en la calificación de la unidad, dada la escala que se determina para la presente zonificación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Esta variable se califica con base en el comportamiento de la textura para el manejo del suelo, especialmente lo relacionado con la pegajosidad 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 y a los implementos, 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. Igualmente, los suelos orgánicos (histosoles) se califican como aptitud moderada (A2) debido a su baja densidad aparente.

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

Rangos de aptitud

Aptitud	Grupos texturales
Alta (A1)	F, FArA, FArL, FAr
Media (A2)	ArA, ArL, L, FL, FA
Baja (A3)	A, AF, Ar

Unidad de análisis

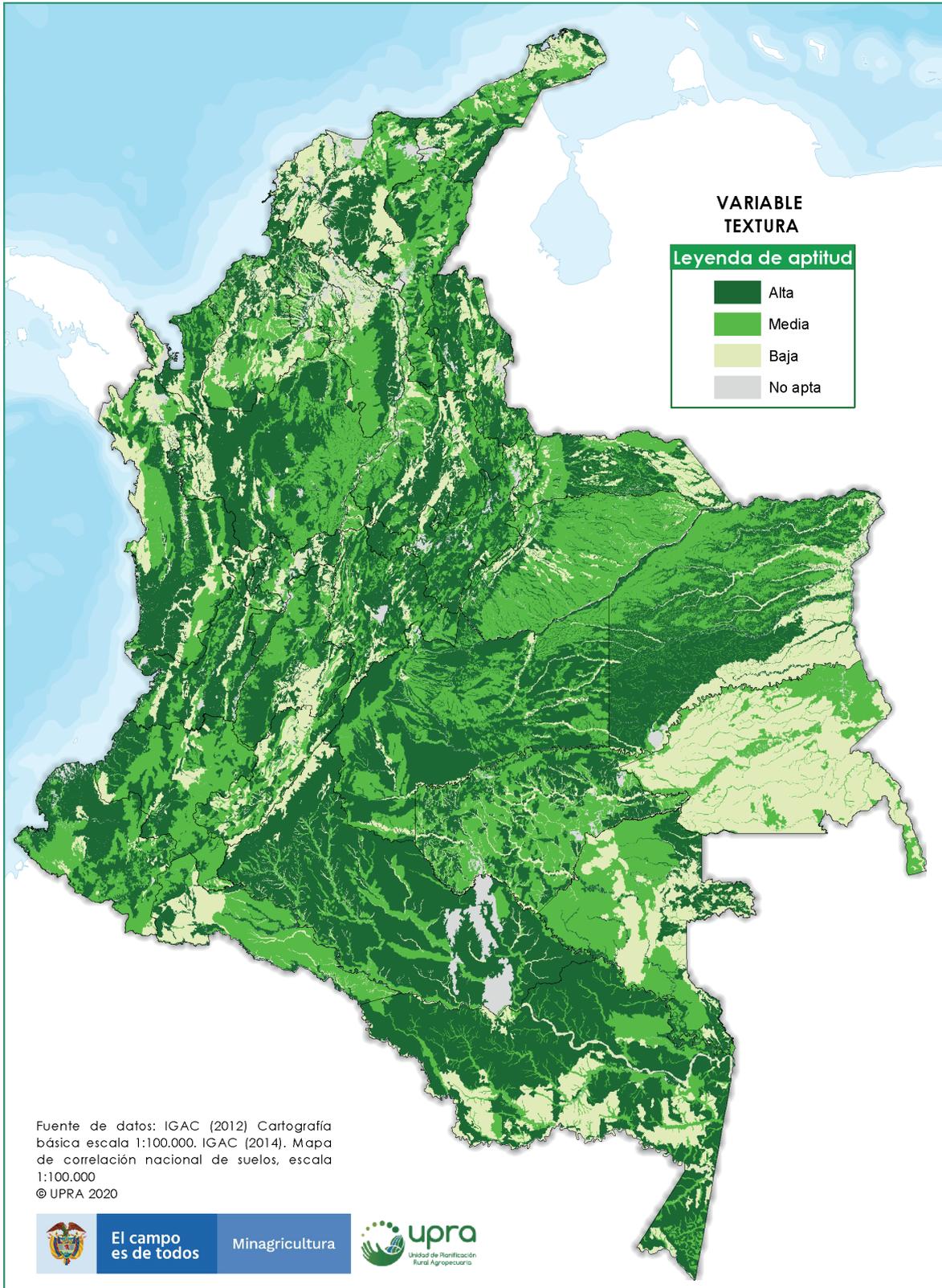
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p. Bogotá: IGAC.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1.100.000*. Bogotá: IGAC.

1.2.3. Variable pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
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

Hace referencia a las cantidades de fragmentos de roca presentes en el suelo. De acuerdo con Van Wambeke y Forbes (1987), los fragmentos de roca son trozos sueltos de roca de 2 mm de diámetro o mayores. Se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques.

Para fines prácticos de manejo de suelos, se ha tomado la dimensión de fragmentos de roca mayores a 7,6 cm de diámetro, que incluyen guijarros, piedras y bloques (IGAC, 2014).

Clases por recubrimiento de fragmentos rocosos en la superficie de suelo

Clase	Recubrimiento superficial
NO PEDREGOSO	
Sin piedras, o con muy pocas piedras que no interfieren con el cultivo.	Las piedras cubren <3 % del área
LIGERAMENTE PEDREGOSO	
Piedras suficientes para interferir, pero no imposibilitar las labores requeridas para cultivos de arrancar.	La pedregosidad cubre entre 3 y 15 % del área.

Clase	Recubrimiento superficial
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 arroz seco mecanizado porque tienen influencia en las prácticas de laboreo, mediante maquinaria e implementos.

En la medida en que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se obstaculiza el establecimiento y desarrollo de las plantas, se dificultan las labores de adecuación de tierras y, en general, se afectan todas las prácticas culturales.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se considera que áreas con fase de pedregosidad (donde hay fragmentos de roca mayor de 35 %), no son aptas (N1) para el cultivo de arroz seco mecanizado, 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

En el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), solamente aparece la fase pedregosa (se asume un contenido mayor de 35 %, el cual es determinado en la etapa de campo del estudio); no se encuentra discriminada en rangos de porcentaje.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Se asume que cuando es fase pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor o igual de 35 %; por lo tanto, estos suelos son no aptos (N1).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con diferentes consultas con el gremio, productores y reportes técnicos de Fedearroz, se determinan como tierras con aptitud alta (A1) los suelos sin pedregosidad, excluyendo la presencia mayor de 35 %, porque impide el desempeño de la maquinaria, dificulta la distribución y emergencia de las semillas y obstaculiza el desarrollo de las plantas.

La calificación corresponde a la fase de pedregosidad de las unidades cartográficas de suelos (fase pedregosa).

Rangos de aptitud

Aptitud	Pedregosidad
Alta (A1)	Sin fase de pedregosidad
No apta (N1)	Con fase de pedregosidad

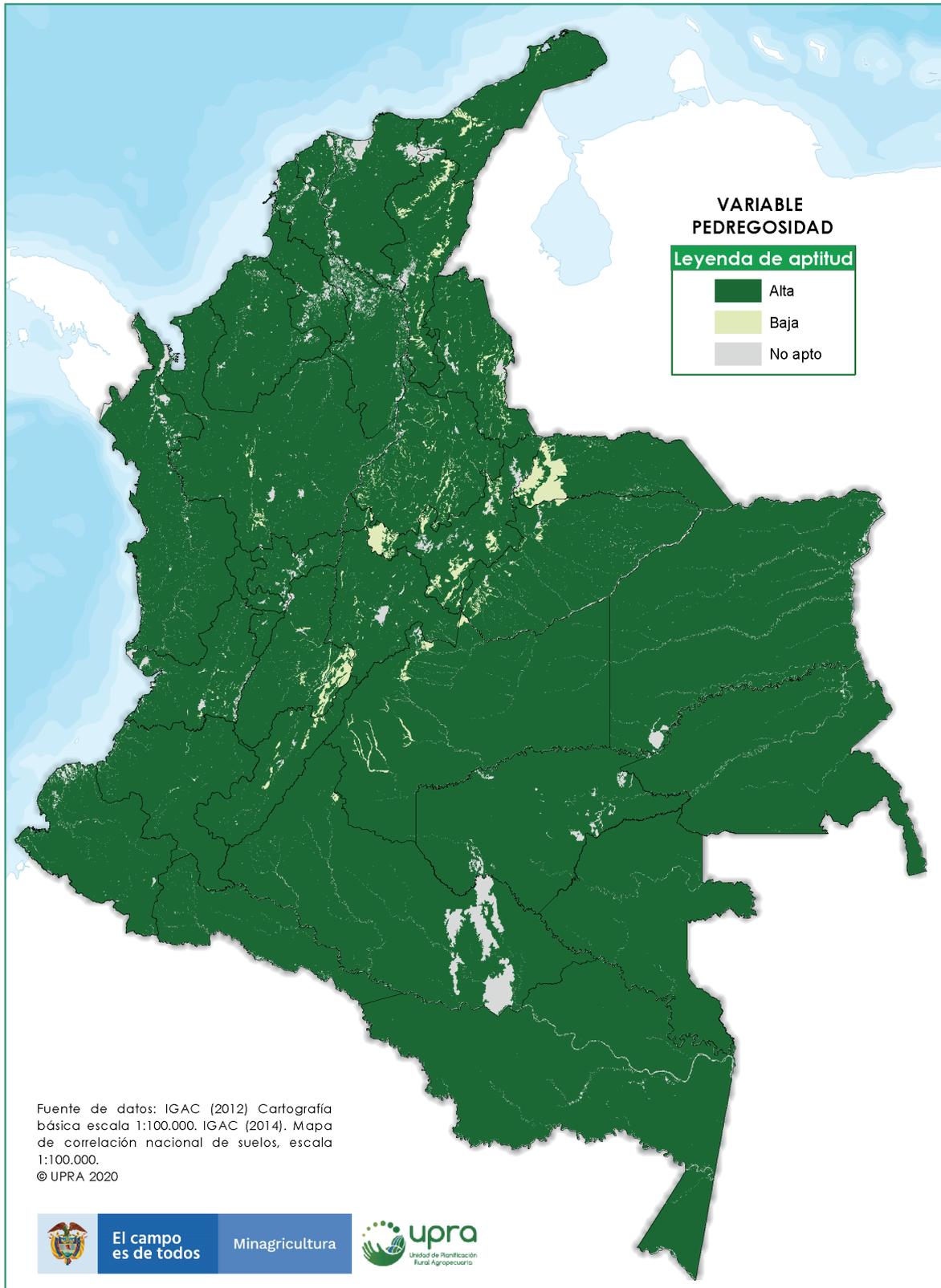
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 pp.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC. 48 p.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.). (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. EUA: SMSS, monografía técnica No. 15. p. 44-46.

1.3. CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO	
CRITERIO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO	

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

TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas y, por lo tanto, el desarrollo normal del cultivo, su macollamiento, la formación adecuada de espigas y el llenado de granos.

En la medida 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, como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad y una profundidad radicular adecuada, se obtiene un adecuado desarrollo del arroz.

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de las variables que integran el criterio, se concluye que el límite a partir del cual no es posible el establecimiento de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado, es la pedregosidad en los primeros horizontes mayor del 35 % (fase pedregosa).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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, 2014) que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), fase de pedregosidad y las clases texturales.

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, productores y reportes de Fedearroz.

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud	Textura (clase textural)	Aptitud	Pedregosidad	Aptitud
≥ 25	Alta (A1)	F, FL, FA, L, FArA, FArL	Alta (A1)	Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
< 25	Baja (A3)	ArA, ArL, FAr, AF, A	Media (A2)	Con fase de pedregosidad	No apta (N1)
		Ar	Baja (A3)		

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 entre sí.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud, es la limitación que cada variable representa en el desarrollo del cultivo, ya que se reducen las posibilidades de una buena formación de raíces, adecuado macollamiento y, como consecuencia, formación de espigas y grano.

Los suelos orgánicos (histosoles) se califican con aptitud alta (A1) por su buena porosidad; los suelos donde hay predominio de arcillas de relación 1:1 (oxisoles, ultisoles) se califican con aptitud media (A2) por tener mejores condiciones físicas que las arcillas 2:1.

La calificación del criterio se da a través de un árbol de decisión.

Árbol de decisión para el criterio

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

Unidad de análisis

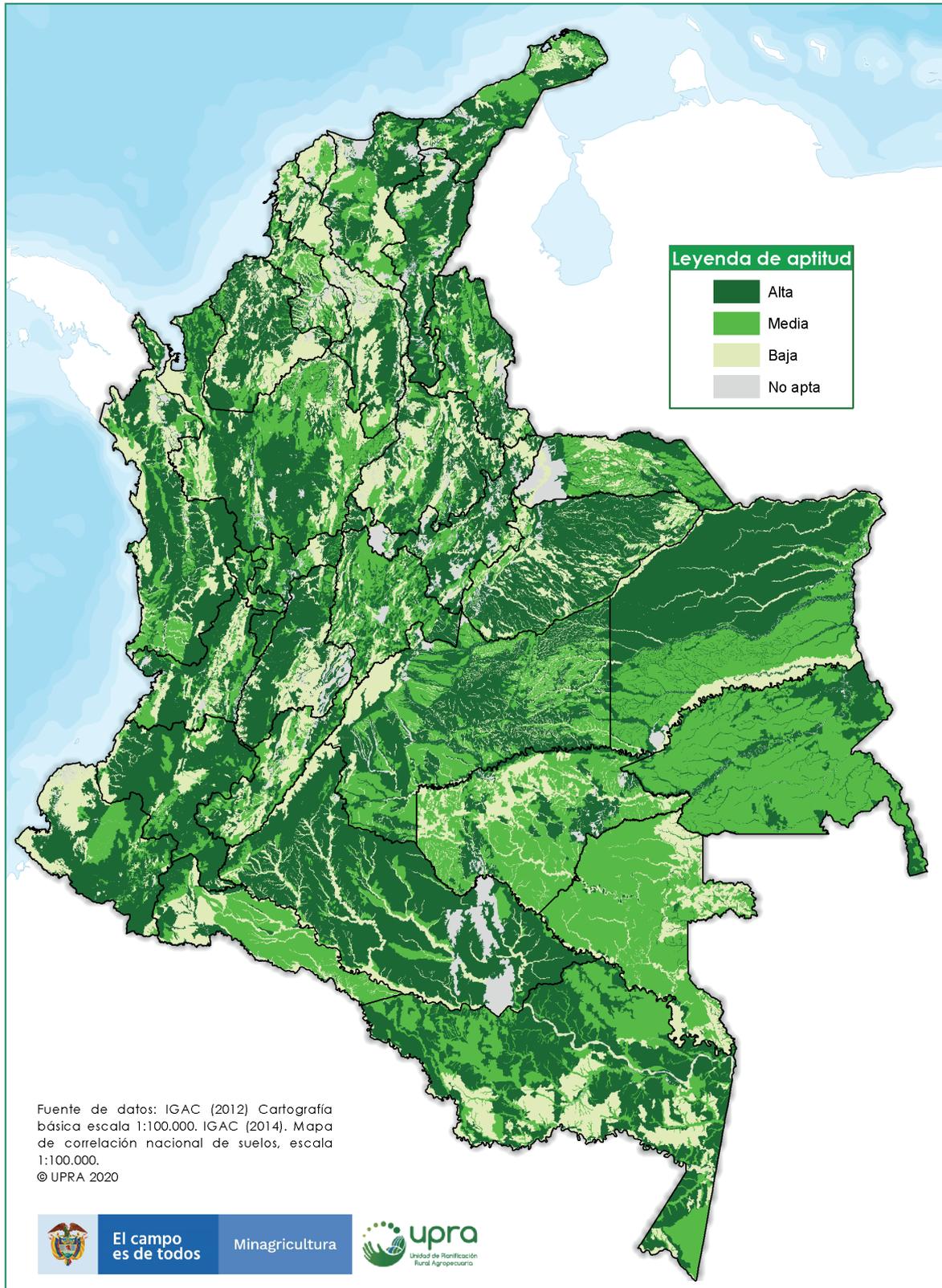
Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.

1.3.1. Variable profundidad efectiva

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: profundidad efectiva		UNIDAD DE MEDIDA: cm
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

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

Clases por profundidad efectiva

Clase	Profundidad (cm)
Muy superficial	< 25
Superficial	25-50
Moderadamente superficial	50-75
Moderadamente profunda	75-100
Profunda	100-150
Muy profunda	> 150

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

A pesar de que las raíces de las plantas de arroz son superficiales, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mínima de 20 cm, que facilite el desarrollo de las raíces; este espacio debe estar libre de fragmentos gruesos, contactos líticos, petroféricos o petrocálcicos.

Esta es una variable básica en la selección de las áreas para el establecimiento de los cultivos comerciales de arroz seco mecanizado, debido a que de ella depende el buen desarrollo de las plantas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No hay valor de exclusión (N1) por esta variable en la zonificación. Se definen las profundidades efectivas menores de 25 cm con aptitud marginal (A3) para el establecimiento del cultivo comercial de arroz seco mecanizado, debido a que en estas profundidades, hay restricciones en la disponibilidad de nutrientes y el buen desarrollo de las raíces para una producción adecuada.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos del IGAC (2014), que corresponde a los límites de variación descritos.

Como los estudios de suelos no reportan profundidades menores a 25 cm y el suelo debe tener la profundidad mínima para su preparación, la muy superficial (menor de 25 cm) se califica con aptitud baja (A3), ya que en la unidad pueden existir tierras con otros valores de profundidad.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Esta variable criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Aptitud	Profundidad efectiva (cm)
Alta (A1)	≥ 25
Baja (A3)	< 25

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. USA.

1.3.2. Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: textura	UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (clase textural)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Proporción relativa en que se encuentran, en una masa, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1990).

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

Clases texturales

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

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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

La clase textural es una variable de importancia para establecimiento del cultivo de arroz 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.

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se considera que el cultivo comercial de arroz se puede llevar a cabo en todos los tipos de textura; diferentes texturas generan niveles de aptitud diferenciales pero no se considera que alguna de ellas imposibilite el establecimiento del cultivo. Por lo tanto, no hay valor de exclusión (N1) por la variable.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos y se califica el mayor componente de la unidad; el argumento utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales; por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se valora con base en los requerimientos del cultivo de arroz seco, consultados con el gremio y productores, en relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Las clases texturales que se determinan con aptitud alta (A1), tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), donde el cultivo de arroz puede obtener un mejor desarrollo, sin implicar mayores adecuaciones al suelo que aumenten los costos en el establecimiento y mantenimiento.

Los grupos texturales con aptitud media (A2), presentan baja permeabilidad, que dificulta 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. Los suelos con predominio de arcillas de relación 1:1 (oxisoles, ultisoles) se califican con aptitud media (A2) porque ofrecen menos resistencia a la penetración de las raíces que las 2:1; los suelos orgánicos (histosoles) se califican con aptitud alta (A1) por su buena porosidad.

La clase textural arcillosa presenta aptitud marginal (A3), debido a la baja macroporosidad y permeabilidad, lo que implica mayor gasto de energía por las plantas para el desarrollo normal de las raíces.

Rangos de aptitud

Aptitud	Clase textural
Alta (A1)	F, FL, FA, L, FArA, FArL
Media (A2)	ArA, ArL, FAr, AF, A
Baja (A3)	Ar

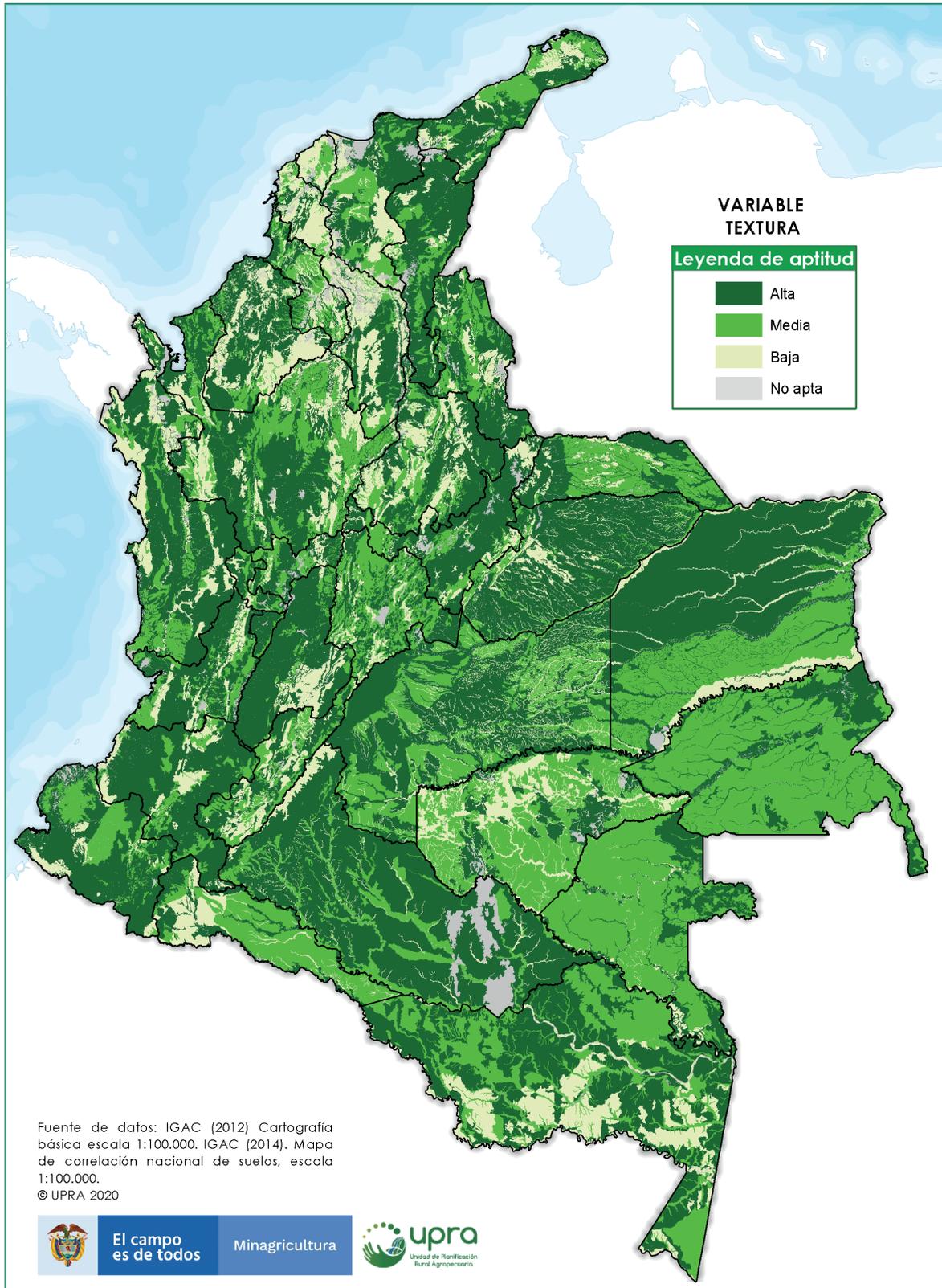
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC, 119 p.
- __. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.

1.3.3. Variable pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: pedregosidad		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (fase de pedregosidad)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Hace referencia a las cantidades de fragmentos de roca presentes en el suelo. De acuerdo con Van Wambeke y Forbes (1987); los fragmentos de roca son trozos sueltos de roca de 2 mm de diámetro o mayores. Se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques.

Para fines prácticos de manejo de suelos, se ha tomado la dimensión de fragmentos de roca mayores a 7,6 cm de diámetro, que incluye guijarros, piedras y bloques.

De acuerdo con el IGAC (2010), los contenidos y su denominación son los siguientes:

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se considera que en áreas donde hay fase pedregosa (fragmentos de roca mayor de 35 %), no son aptas (N1) para el cultivo de arroz seco mecanizado debido a que el volumen de suelo es insuficiente para proveer espacio al sistema de raíces de las plantas, así como de nutrientes y de agua necesarios para su desarrollo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En el mapa de correlación nacional de suelos, solamente aparece la fase pedregosa y no están discriminados en rangos por porcentaje.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

La variable se toma como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa y sin fase de pedregosidad, pero sin especificar rangos por porcentaje.

Se asume que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor o igual de 35 %, lo cual se determina en la etapa de campo del estudio de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se toma la fase pedregosa como no apta (N1); por lo tanto, se excluyen los suelos con presencia mayor de 35 % por volumen de fragmentos, porque obstaculizan el buen desarrollo del sistema de raíces de las plantas; las demás tierras tienen aptitud alta (A1).

Rangos de aptitud

Aptitud	Pedregosidad
Alta (A1)	Sin fase de pedregosidad
No apta (N1)	Con fase de pedregosidad

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.). (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. EUA: SMSS, monografía técnica No. 15. p. 44-46.

1.4. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)		Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: textura		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (clase textural)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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 de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

El agua es la responsable de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas que suceden en el suelo, así como del crecimiento de las plantas.

En condiciones naturales, donde no existe posibilidad de riego, la capacidad de retención de agua que tienen los suelos, es de gran importancia, ya que de ella y de las características climáticas de la región, depende el desarrollo de los cultivos de arroz seco.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que los regímenes de humedad arídico y perácuico no tienen aptitud (N1) para desarrollar cultivos comerciales de arroz secano, ya que en el primer caso, no hay condiciones derivadas del clima para el almacenamiento de humedad y, el segundo, representa ausencia de oxígeno que significa intoxicación de las raíces y conlleva a pérdidas en la producción.

La textura no presenta restricción para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado dado que, en diferentes clases texturales, es posible su establecimiento y desarrollo, con diferentes grados de aptitud.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada variable del criterio, se extractan del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que da la calificación técnicamente considerada en cada una de las variables, así:

Aptitud	Régimen de humedad	Aptitud	Textura
Alta (A1)	Údico	Alta (A1)	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL
Media (A2)	Ácuico	Media (A2)	FA, L, F, FL
Baja (A3)	Ústico	Baja (A3)	A, AF
No apta (N1)	Arídico y perácuico		

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas al gremio, productores y reportes técnicos de Fedearroz.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para determinar los diferentes niveles de aptitud del criterio es la limitación que cada variable representa en la retención de humedad y en el establecimiento del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, pobre macollamiento, formación deficiente de espigas y disminución del llenado de grano.

Por la alta retención de humedad que tienen los suelos orgánicos (histosoles) se califican con aptitud alta (A1). La retención media de los suelos, donde predominan las arcillas de relación 1:1 (oxisoles, ultisoles), se califican con aptitud moderada (A2).

Árbol de decisión para el criterio

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

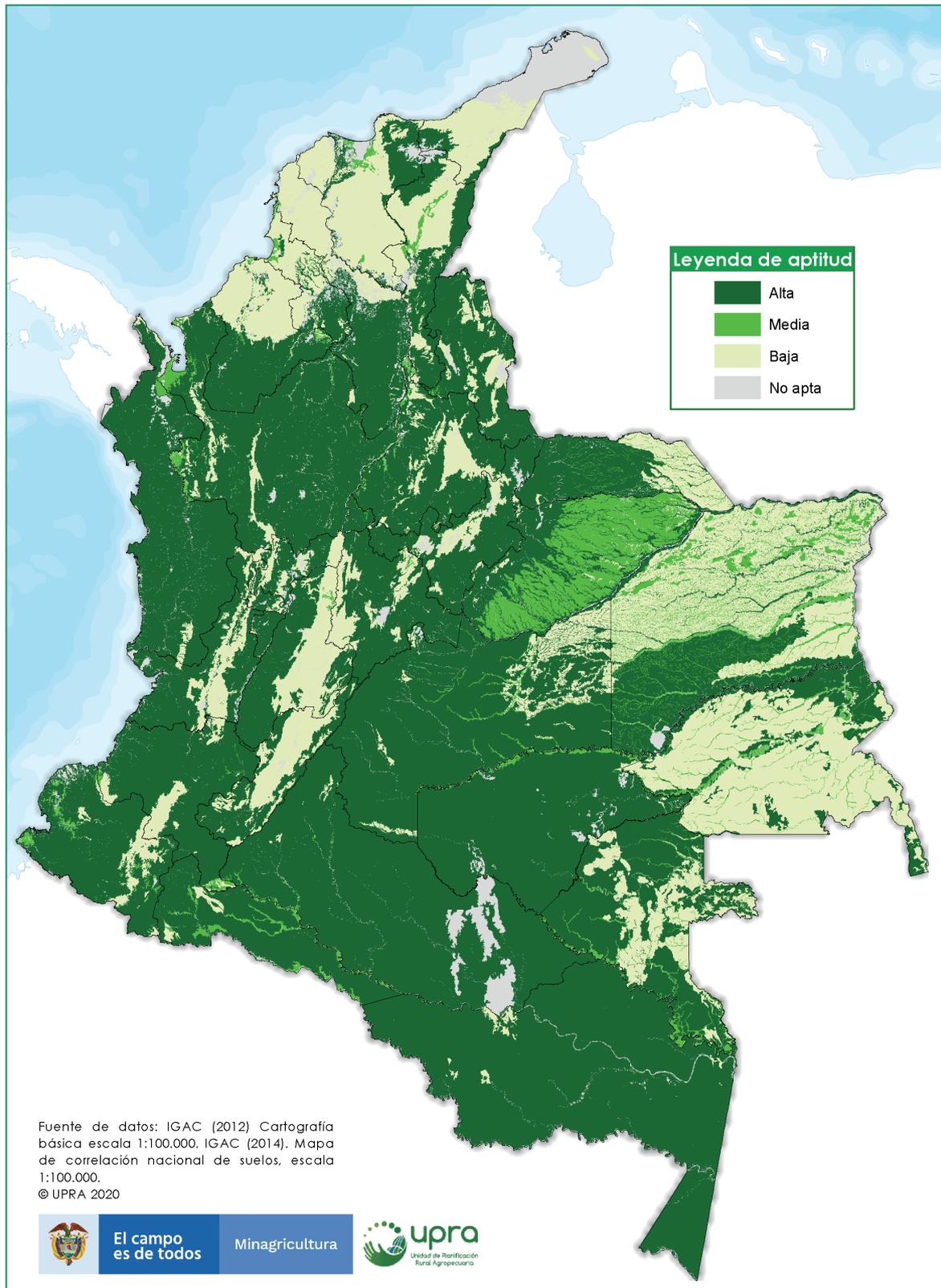
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2013). *Capa de geopedología unificada del territorio colombiano, a escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.4.1 Variable régimen de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
VARIABLE: régimen de humedad		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (régimen de humedad)
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 1.500 kPa en la sección de control (Soil Survey Staff, 2014), así:

Údico: el régimen 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.

Perúdic: (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 períodos ocasionales, cuando se utiliza un poco de humedad almacenada. El agua se mueve a través del suelo en todos los meses cuando no se congela.

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

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

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

Perácuico: hay suelos, sin embargo, en 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.

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

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

- a. Seca en todas las partes por más de la mitad de los días acumulativos por año, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 5 °C.
- b. Húmeda en alguna o en todas partes por menos de 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 8 °C.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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

Para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado son muy importantes el exceso de humedad en el suelo, y especialmente el déficit, porque no permiten el desarrollo normal de los cultivos bajo el sistema de secano.

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 ústico, es óptimo para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se excluyen los regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (perácuico) o por déficit (arídico). Por lo tanto, las zonas bajo estos regímenes 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 unidades cartográficas denominadas asociaciones (que tienen dos o más componentes taxonómicos); se califica el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje lo que significa que, dentro de un área determinada, existen regímenes de humedad diferentes al que se está calificando y, por lo tanto, diferentes aptitudes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso de evaluación de la variable se realiza a partir de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos que no se tiene definido el régimen de humedad dentro de este mapa, se complementan interpretando la clasificación taxonómica de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, se consideran los siguientes rangos de aptitud:

Aptitud	Clase de régimen de humedad
Alta (A1)	Údico
Media (A2)	Ácuico
Baja (A3)	Ústico
No apta (N1)	Arídico y perácuico

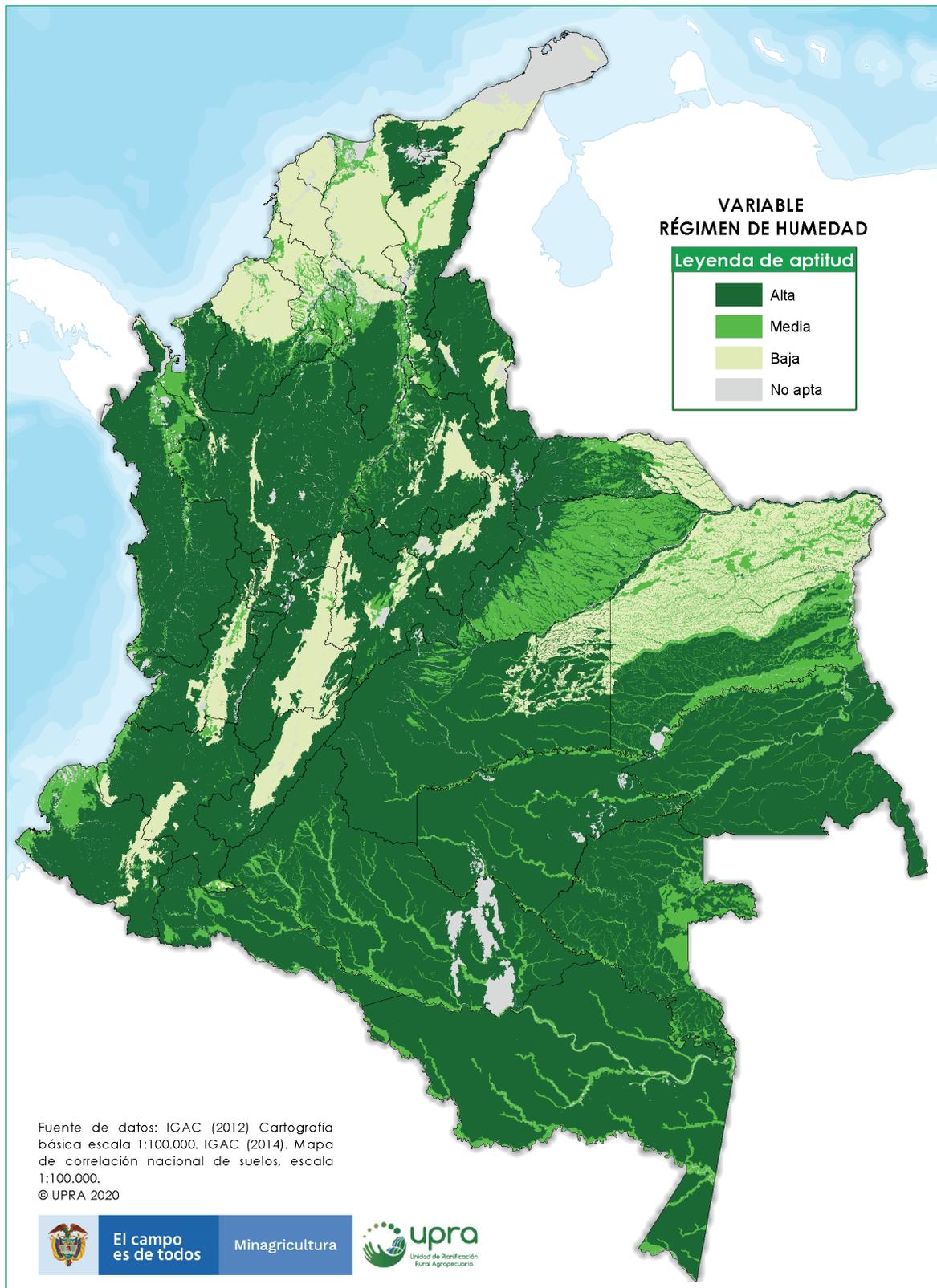
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos escala 1:100.000* Bogotá: IGAC.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. EUA: USDA.

1.4.2 Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
VARIABLE: textura		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (régimen de humedad)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (IGAC, 1990).

Las clases texturales se presentan de acuerdo con el triángulo textural en la siguiente tabla:

Clases texturales

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

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Las clases texturales propician los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por esta variable.

La textura del suelo es una propiedad física que está estrechamente relacionada con otras como la capacidad de retener agua (las texturas finas retienen más agua que las texturas gruesas), la permeabilidad y los índices de plasticidad. En la medida que los suelos presentan mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; los tamaños de partículas más gruesos facilitan la permeabilidad, más no la retención.

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No hay exclusión (N1) en razón a que las diferentes clases texturales, presentan una amplia gama de retención de humedad en las cuales el cultivo comercial de arroz secano se puede desarrollar, con rendimientos diferenciales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

La variable se define con base en los requerimientos del cultivo de arroz secano, 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 que presentan aptitud alta (A1) tienen mayores contenidos de arcilla, los cuales favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias.

Los suelos orgánicos (histosoles) se califican con aptitud alta (A1) por su alta retención de humedad. Los suelos donde predominan las arcillas de relación 1:1 (oxisoles, ultisoles), se califican con aptitud media (A2) por su moderada retención de humedad. Las texturas con aptitud media (A2) tienen mejor balance entre las partículas finas y las gruesas; por lo tanto, la retención de humedad se encuentra en un nivel intermedio.

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

Rangos de aptitud

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

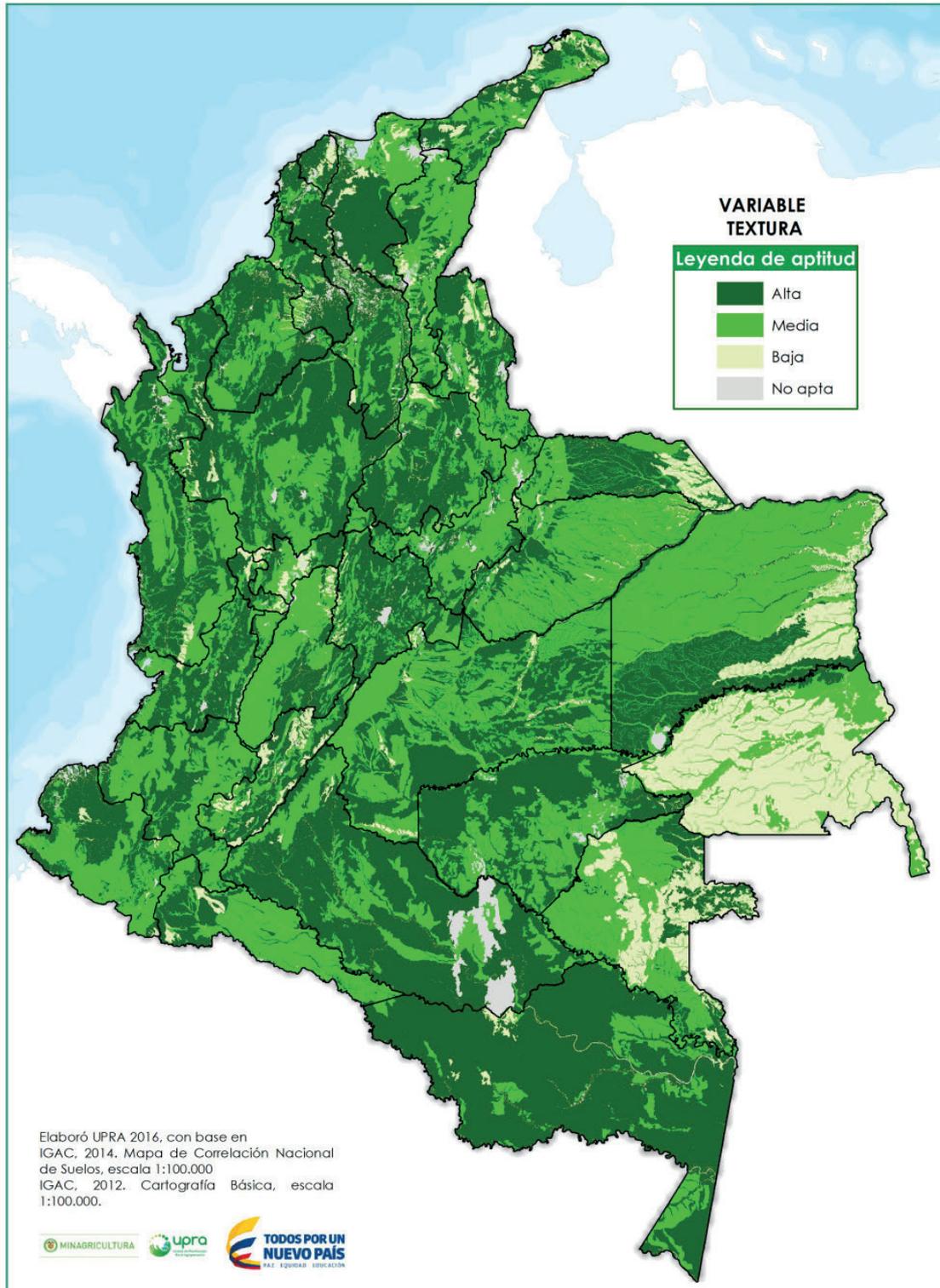
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- __. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 pp.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.5 CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO	
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO	

- Susceptibilidad a inundaciones, expresada en grado de susceptibilidad a inundaciones.
- Drenaje natural, expresado en clase de drenaje.

TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo no está saturado de agua, los poros permiten la libre circulación del CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, para ser absorbido por las raíces.

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, lo cual repercute en la producción del grano de arroz.

Por otro lado, la tendencia de los terrenos planos a ser inundados y permanecer encharcados, puede llegar a afectar el desarrollo de las plantas de arroz, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo, por largo tiempo, se considera una condición desfavorable para el desarrollo de las plantas, especialmente en épocas de llenado del grano.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No se considera rango de exclusión (N1): no obstante, largos períodos de saturación con agua de los drenajes pobre y muy pobre, se califican con aptitud marginal (A3) para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz, ya que representan ausencia de oxígeno, lo que conlleva pérdidas en la producción del grano.

Los terrenos que son susceptibles a inundaciones periódicas y por períodos muy largos tampoco se excluyen, pero se consideran con aptitud marginal (A3) para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Susceptibilidad a inundaciones	Aptitud	Drenaje natural	Aptitud
No hay y ocasionales	Alta (A1)	Bueno, moderado y excesivo	Alta (A1)
Frecuentes	Media (A2)	Imperfecto	Media (A2)
Muy frecuentes	Baja (A3)	Pobre y muy pobre	Baja (A3)

Los rangos de aptitud de cada variable están dados de acuerdo a diferentes consultas con el gremio, productores y reportes técnicos de Fedearroz.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para determinar 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, genera menor macollamiento y un bajo nivel de formación de espigas que se traducen en disminución de la producción.

Árbol de decisión para el criterio

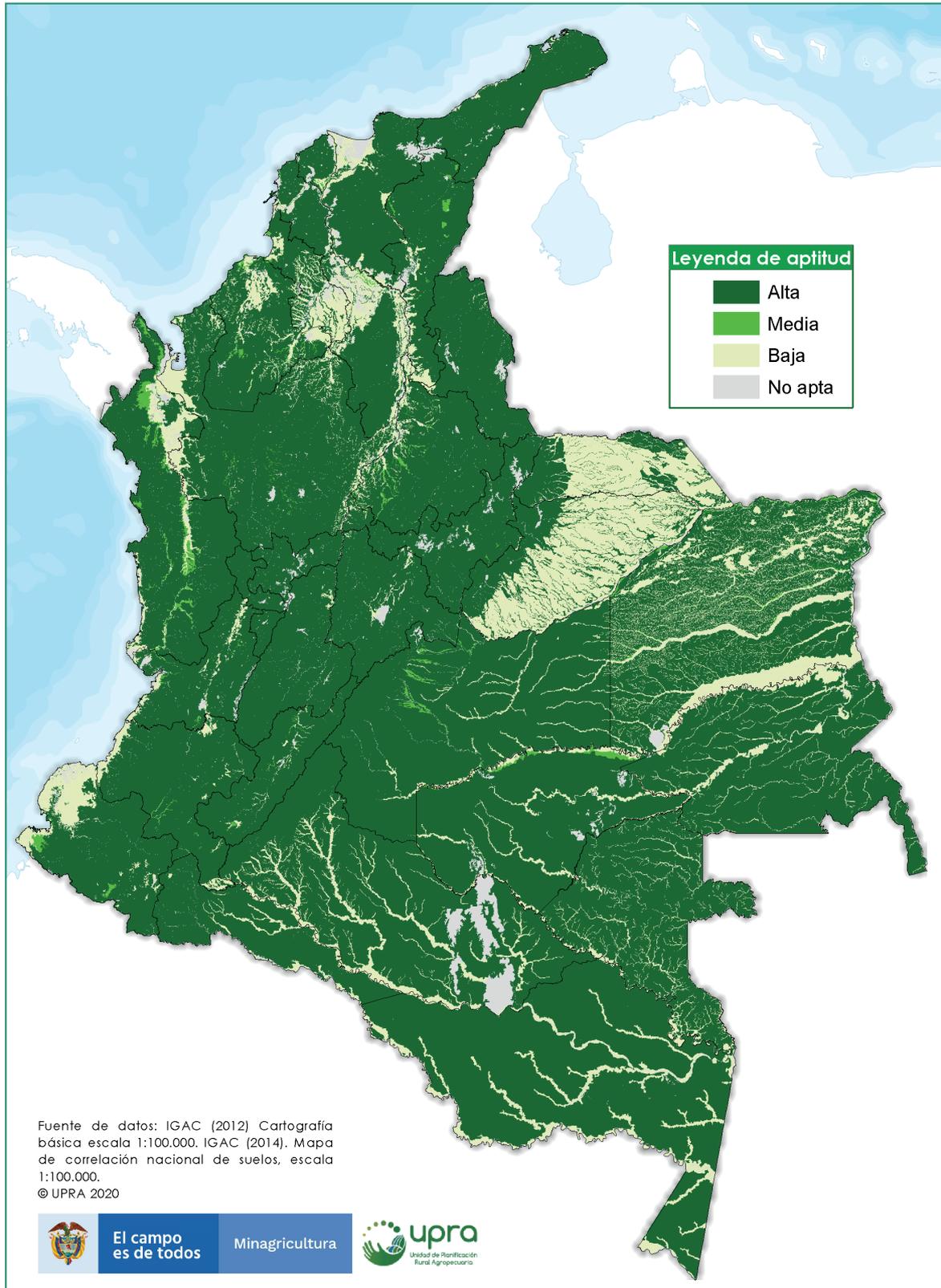
Drenaje natural	Inundaciones	Aptitud
Excesivo, bueno y moderado	No hay y ocasionales	A1
	Frecuentes	A2
	Muy frecuentes	A3
Imperfecto	No hay y ocasionales	A2
	Frecuentes	A2
	Muy frecuentes	A3
Pobre y muy pobre	No hay y ocasionales	A3
	Frecuentes	A3
	Muy frecuentes	A3

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXIGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- _ . (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.5.1 Variable susceptibilidad a inundaciones

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
VARIABLE: textura		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (régimen de humedad)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

El IGAC (2010) clasifica las inundaciones y los encharcamientos de acuerdo con la frecuencia en que ocurren y la duración, así:

Clases de frecuencias de las inundaciones o encharcamientos

Clase	Evento
No hay	-
Rara	Una cada 10 o más años
Ocasional	Una cada dos a cinco años
Frecuente	Una a dos por año
Muy frecuente	Más de dos por año

Clases por duración de las inundaciones y/o encharcamientos

Clase	Descripción
Extremadamente corta	Menor de un día
Muy corta	De uno a dos días
Corta	De dos a siete días
Larga	De siete 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 períodos de tiempo.

La tolerancia a las inundaciones y a los encharcamientos, depende de cada especie vegetal. Aunque existe cultivo de arroz bajo el sistema de riego que tolera la inundación, cuando se encuentra en sistema de secano es tolerante solamente a los encharcamientos e inundaciones por períodos cortos; además, se presentan enfermedades que pueden provocar daños considerables en las plantas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No hay exclusión (N1) para la variable. No obstante, se presenta aptitud marginal (A3) que corresponde a las áreas que presentan o son susceptibles a inundaciones y encharcamientos muy frecuentes y por periodos largos de tiempo, debido a que se reduce la posibilidad de cultivos continuos por falta de oxígeno, lo cual que afecta considerablemente la producción.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

En la zonificación para el cultivo de arroz secano mecanizado se incluye su análisis, con base en algunas formas de terreno, tipos de relieve, información de los perfiles modales y también los del régimen de humedad que proporcionan los nombres taxonómicos, sin pretender excluir el total de las zonas inundables, debido a que no se puede predecir la duración del evento.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se toma como base el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Para la evaluación de esta variable se tiene en cuenta la fase cartográfica de inundación y el tiempo de duración de las inundaciones o de los encharcamientos. El tiempo de duración, se infiere con las variables de paisaje, drenaje natural y de los nombres taxonómicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Las unidades cartográficas donde no registran presencia de inundaciones, la aptitud es alta (A1), mientras que las áreas frecuentemente inundadas tienen aptitud media (A2) para el cultivo y aptitud marginal (A3) para inundaciones muy frecuentes (A3).

Rangos de aptitud

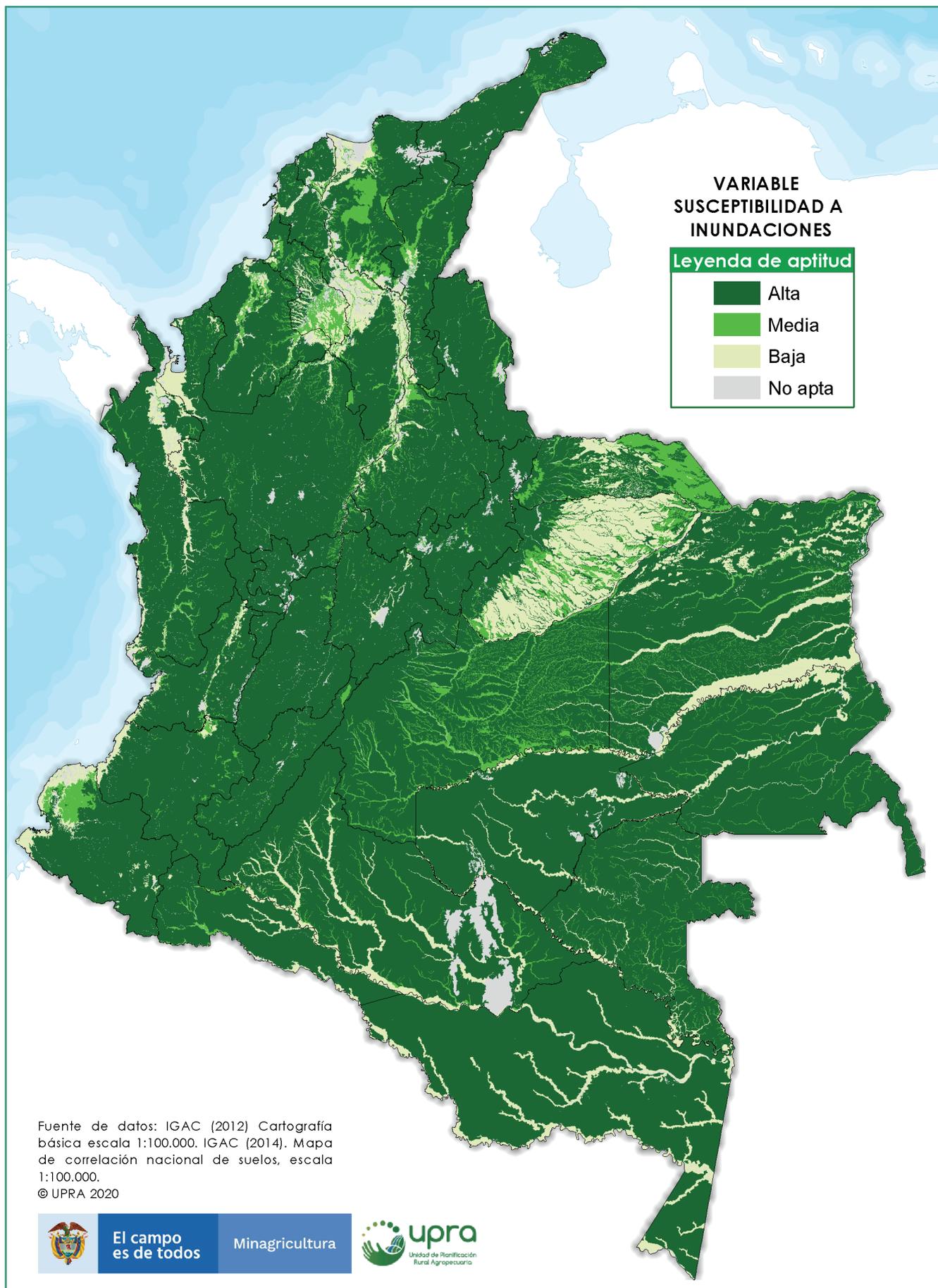
Aptitud	Inundaciones
Alta (A1)	No hay y ocasionales
Media (A2)	Frecuentes
Baja (A3)	Muy frecuentes

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXIGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- _ . (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- OMM y Unesco. (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra: WMO. p. 127.

1.5.2. Variable drenaje natural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO		
VARIABLE: susceptibilidad a inundaciones		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Rapidez y el grado de eliminación de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).

El drenaje natural combina los drenajes interno y externo del suelo; tiene en cuenta la relación entre la pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción, colores gley, como también 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. Están en función de la pendiente, la forma de terreno y la permeabilidad.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El cultivo de arroz bajo el sistema de producción de seco, no soporta suelos muy pobremente drenados, especialmente en algunas etapas de desarrollo. Las condiciones de mal drenaje, implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezca el movimiento del agua interna y de la escorrentía.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado no se excluye ninguna clase de drenaje pero se considera que el drenaje muy pobre es marginal (A3), debido a que son suelos que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La evaluación de la variable de drenaje natural se realizó a partir de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos en que no tienen información sobre drenaje natural, dentro de la base de datos de este mapa, se complementó interpretando la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los suelos bien drenados y moderadamente drenados tienen aptitud alta (A1) debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; el drenaje natural imperfecto tiene aptitud media (A2) por requerir de algunas obras de drenaje para optimizar el oxígeno disponible. Por su parte, aptitud baja (A3) la presentan los drenajes naturales pobre y muy pobre, por falta de oxígeno disponible, que obligan la implementación de obras para adecuar el drenaje.

Rangos de aptitud

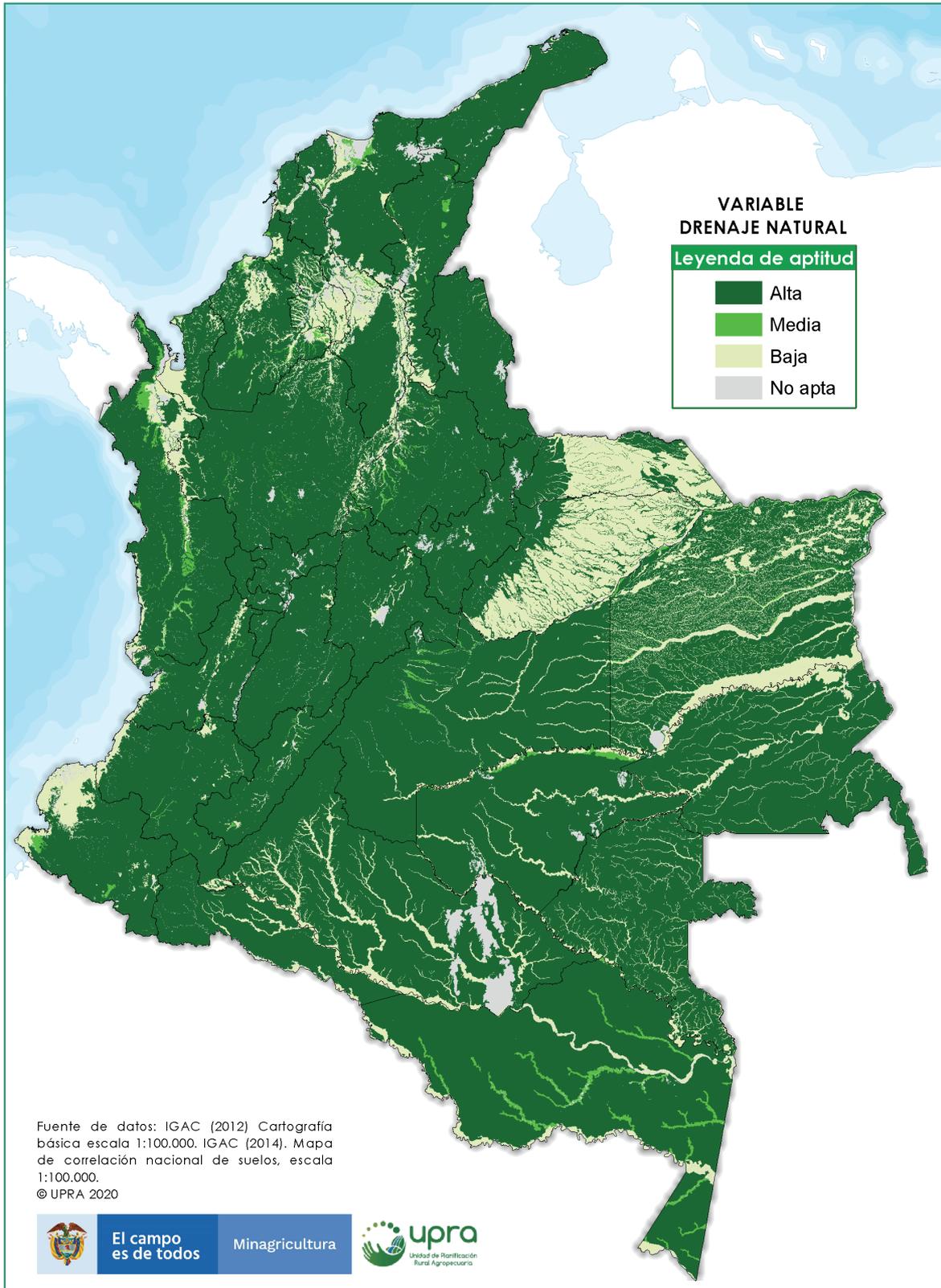
Aptitud	Drenaje natural
Alta (A1)	Excesivo, bueno y moderado
Media (A2)	Imperfecto
Baja (A3)	Pobre y muy pobre

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXIGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cortés, A y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land capability classification*. Agriculture handbook No. 210.

1.6. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO	
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO	

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

TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

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

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 CIC alta y un pH adecuado, las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en un buen desarrollo de los cultivos y la adecuada formación y llenado de granos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Para ninguna de las variables se consideran límites en los cuales no se pueda establecer el cultivo de arroz comercial mecanizado, ya que los aspectos químicos del suelo, se pueden manejar agronómicamente.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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 CIC, así como el pH como factor que determina la disponibilidad de cada uno de los elementos.

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 (IGAC, 2014). La calificación que se considera para cada una de las variables, es la siguiente:

Acidez (pH)	Aptitud	Saturación de bases (%)	Aptitud	Carbono orgánico (%)	Aptitud	CIC (cmol/kg de suelo)	Aptitud
5,5-6,5	Alta (A1)	> 35	Alta (A1)	> 1,7	Alta (A1)	> 20	Alta (A1)
5,0-5,4 y 6,6-7,8	Media (A2)	10-35	Media (A2)	0,5-1,7	Media (A2)	10-20	Media (A2)
≤ 4,9 - ≥ 7,9	Baja (A3)	< 10	Baja (A3)	< 0,5	Baja (A3)	< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, productores y reportes técnicos de Fedearroz.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para discriminar los diferentes niveles de aptitud, se construye una tabla de ponderación mediante la asignación porcentual a cada una de las variables que conforman el criterio, de acuerdo con la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo (acidez, 30 %; CIC, 30 %; saturación de bases, 20 % y carbono orgánico 20 %).

A través de un árbol de decisión se establecieron los rango de aptitud para el criterio, así:

Árbol de decisión para el criterio

Acidez (pH)	CIC (cmol/kg de suelo)	Saturación de bases (%)	Carbono orgánico (%)	Aptitud
5,5 -6,5	> 20	> 35	> 1,7	A1
			0,5-1,7	A1
			< 0,5	A1
		10-35	> 1,7	A1
			0,5-1,7	A1
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,7	A1
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A2
	10-20	> 35	> 1,7	A1
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A2
		10-35	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A3
< 10	> 35	> 1,7	A2	
		0,5-1,7	A2	
		< 0,5	A3	
	10-35	> 1,7	A2	
		0,5-1,7	A3	
		< 0,5	A3	
	< 10	> 1,7	A3	
		0,5-1,7	A3	
		< 0,5	A3	
5,0-5,4 y 6,6-7,8	> 20	> 35	> 1,7	A1
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A2
		10-35	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A2
	< 10	> 35	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A2
			< 0,5	A3

5,0-5,4 y 6,6-7,8	10-20	> 35	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A2
		10-35	< 0,5	A3
			> 1,7	A2
			0,5-1,7	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 1,7	A3	
		0,5-1,7	A3	
	< 10	> 35	> 1,7	A2
			0,5-1,7	A3
			< 0,5	A3
		10-35	> 1,7	A3
0,5-1,7			A3	
< 0,5			A3	
< 10	> 1,7	A3		
	0,5-1,7	A3		
	< 0,5	A3		
≤ 4,9 - ≥ 7,9	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	A3

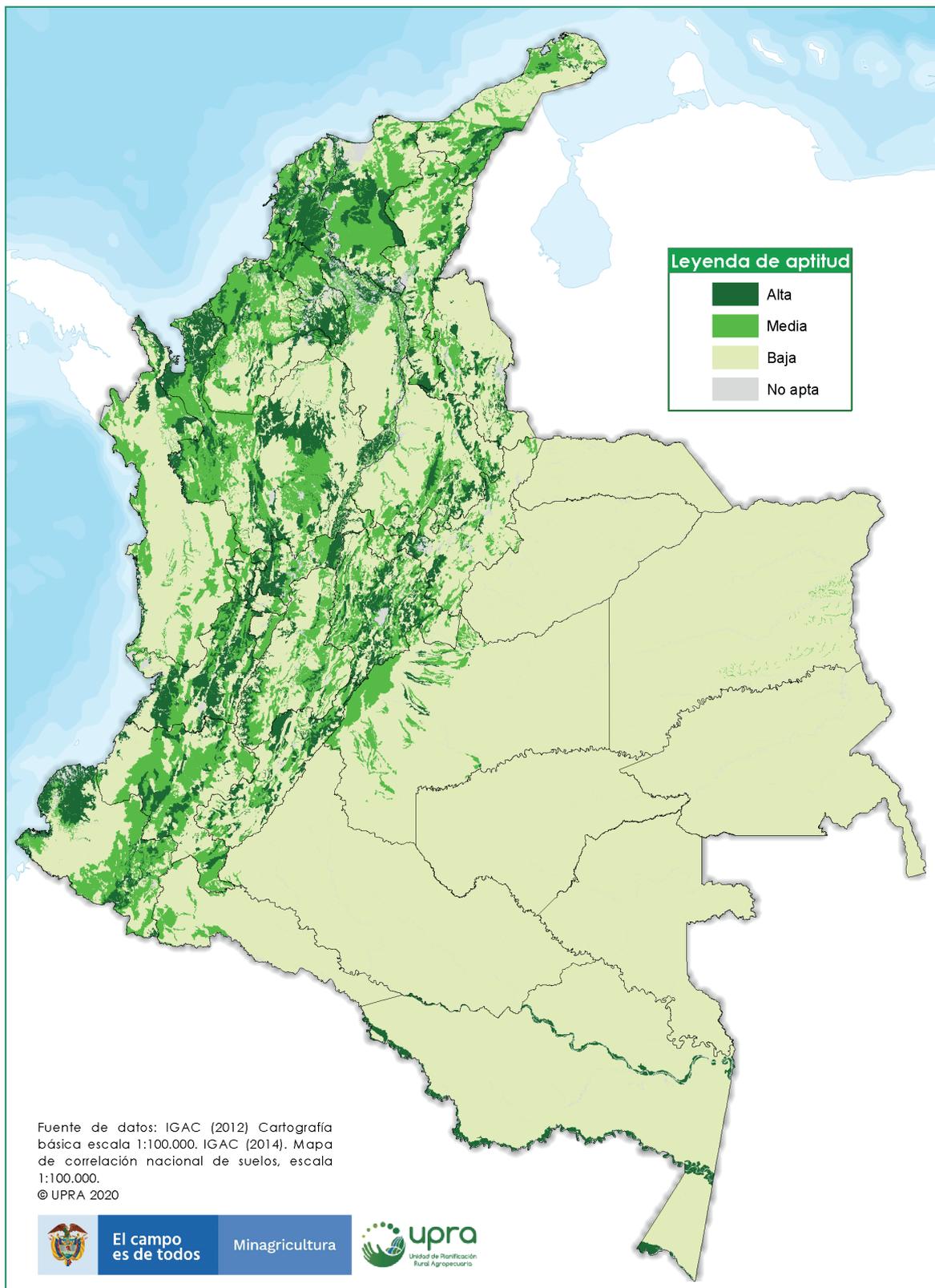
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.6.1. Variable acidez (pH)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES		
VARIABLE: acidez (pH)		UNIDAD DE MEDIDA: pH
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

pH: este término fue introducido por Sørensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H⁺ (aH⁺) como una función logarítmica.

El pH puede definirse como:

$$pH = \log_{10} 1 / \log_{10} (aH^+) = -\log_{10} (aH^+) = -\log_{10} (H^+)$$

Según el anterior análisis para soluciones diluidas, se define pOH como:

$$pOH = -\log_{10} (OH^-)$$

Para el agua pura a 25 °C, se tiene que:

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

Tomando logaritmos:

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

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

Multiplicando por - 1:

$$-\text{Log}(\text{H}^+) - \log(\text{OH}^-) = 14$$

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

Cuando la concentración de H^+ es igual a la concentración de OH^- se establece 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 es 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 la concentración de sustancias tóxicas, adquiere importancia cuando el pH es menor de 5,5 (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 químicas más importantes de los suelos; de este depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas ya sea porque determina su solubilidad o porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y, por lo tanto, la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la CIC de suelos y raíces, entre 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 porque afecta principalmente:

- La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes y su permanencia en formas no disponibles para las plantas.
- El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de estos valores, la absorción se dificulta y si los valores de pH son extremos, pueden presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos como el aluminio.
- La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se considera que valores de pH tenga límites en los cuales no se pueda establecer el cultivo de arroz comercial mecanizado, ya sea por muy bajo o alto, porque este aspecto químico puede ser corregido.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos de calificación de esta variable se realizan a partir de los datos de laboratorio que aparecen en el perfil modal del mayor componente de la unidad cartográfica.

Rangos de aptitud para la variable

Aptitud	Acidez (pH)
Alta (A1)	5,5-6,5
Media (A2)	5,0-5,4 y 6,6-7,8
Baja (A3)	$\leq 4,9$ - $\geq 7,9$

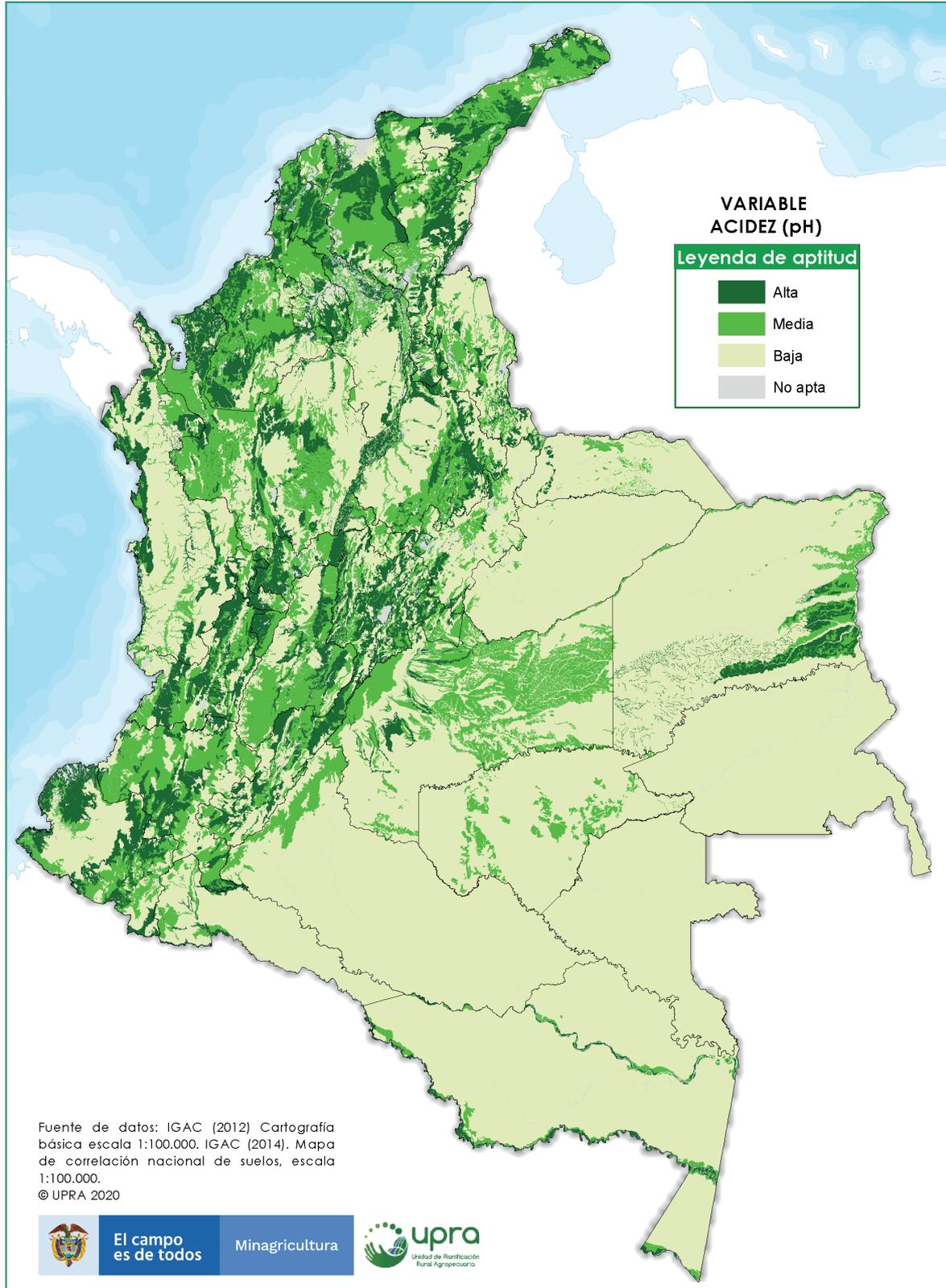
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassbender, H.; Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda edición. San José de Costa Rica: IICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- ___. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- ___. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- ___. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. 2da. Edición. Bogotá: IGAC, p. 30 y 128. Bogotá: IGAC.

1.6.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
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

De acuerdo con Chapman (1965) citado por IGAC (1995), los cationes retenidos en la superficie de minerales del suelo y dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos, pueden ser reversiblemente remplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y usualmente se expresa en me/100 g, cmol/kg o milimoles de carga por kilogramo del material edáfico al que se le determinó.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La capacidad de intercambio de cationes y aniones constituye una de las características más importantes del suelo ya que, independientemente de otras interpretaciones, determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal y constituye gran parte de la capacidad reguladora del medio (Cortés y Malagón, 1984).

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), secundarios (Ca, S, Mg), sino los elementos menores o micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición de las plantas y es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se determinó área no apta (N1) por esta variable, debido a que a las unidades de tierras con baja CIC se les puede aplicar enmiendas para incrementar la capacidad de retención, como es el caso de la materia orgánica.

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 ésta existen áreas de diferentes tamaños que tienen saturaciones con diferente aptitud al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Los límites de variación se conforman reagrupando los valores de la tabla de fertilidad del manual de códigos (IGAC, 2010).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos y su aptitud son seleccionados de acuerdo con la literatura consultada y socializada con el gremio, son los siguientes:

Aptitud	CIC (cmol/kg de suelo)
Alta (A1)	> 20
Media (A2)	10-20
Baja (A3)	< 10

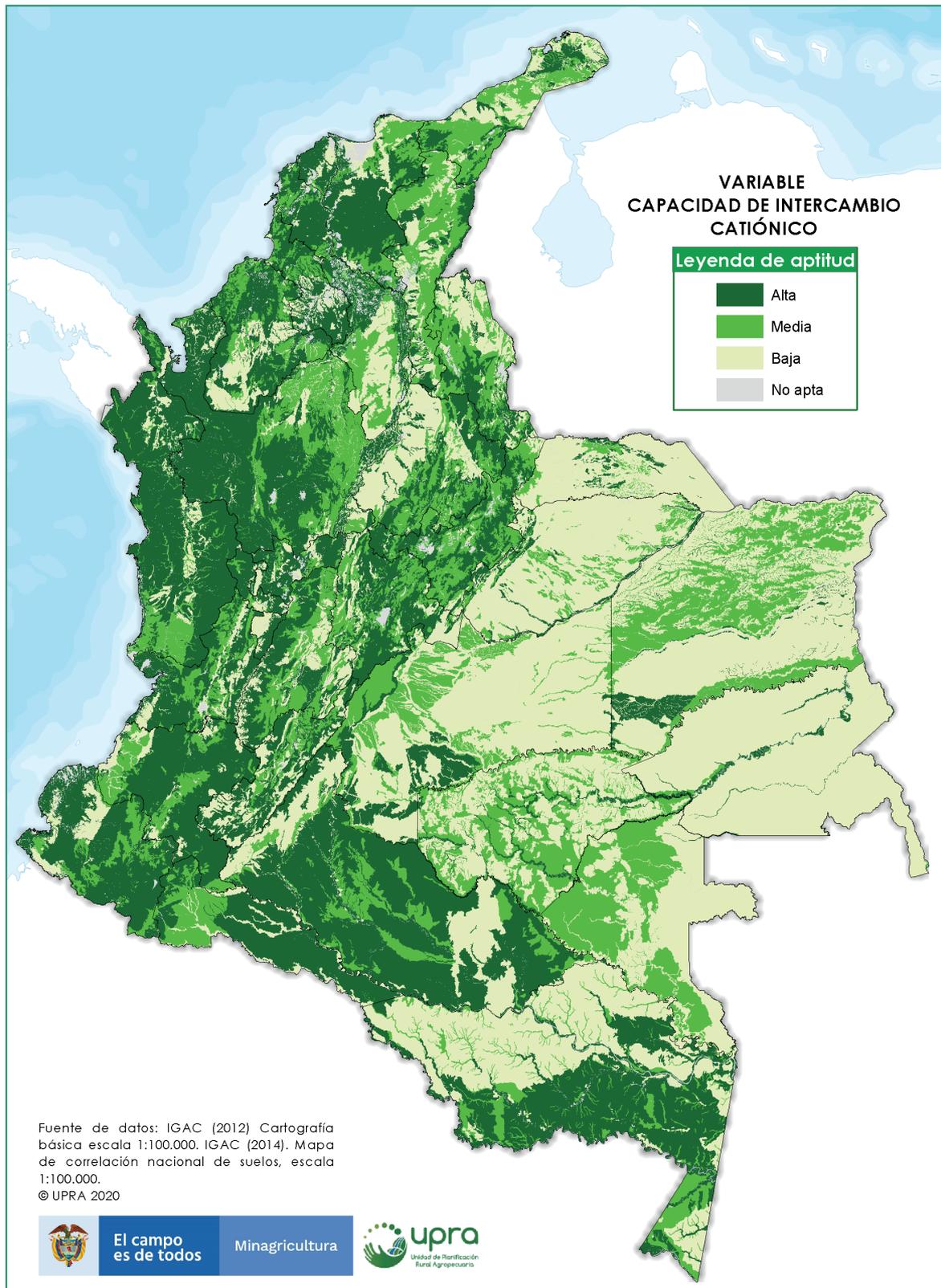
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: IGAC. p. 423-427.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000* Bogotá: IGAC.

1.6.3. Variable saturación de bases

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
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

Total de cationes cambiabiles (Ca, Mg, K y Na) expresado como un porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico; el porcentaje de acidez intercambiable (Al y H) corresponde al complemento del 100 %.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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

En la medida que la saturación de bases sea mayor, el complejo de cambio está saturado con estos elementos nutritivos para las plantas de arroz. Una mayor saturación de bases, indica una mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la CIC es elevada.

La saturación de bases cambiabiles, calculada mediante la proporción que ocupan en la CIC, disminuye a medida que aumenta el grado de lavado y el intemperismo de los suelos (IGAC, 1995).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

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

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

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, 2014).

Los valores de saturación de bases se toman de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos seleccionados de acuerdo con la literatura consultada y socializada con el gremio y productores, son los siguientes:

Rangos de aptitud de la variable

Aptitud	Saturación de bases (%)
Alta (A1)	> 35
Media (A2)	10-35
Baja (A3)	< 10

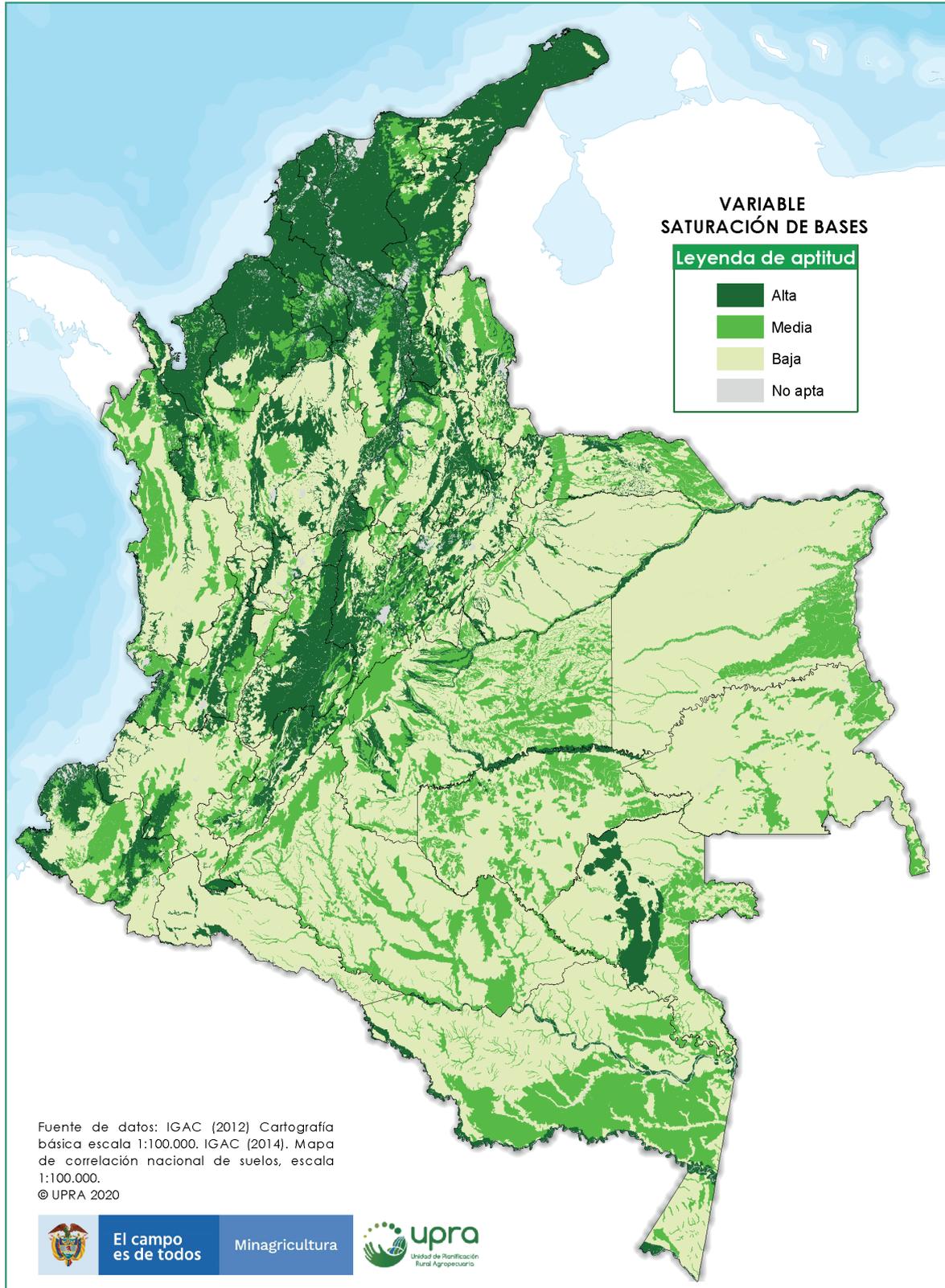
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Santafé de Bogotá: IGAC, p. 423-427.
- .. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.6.4. Variable carbono orgánico

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES		
VARIABLE: saturación de bases		UNIDAD DE MEDIDA: Porcentaje (%)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, por esto es común que para ambos términos se hable indistintamente de uno u otro.

Se conoce como materia orgánica del suelo a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999). Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El contenido de carbono orgánico del suelo se relaciona directamente con el contenido de materia orgánica, responsable de la dinámica de nutrientes en el suelo porque proporciona coloides de alta CIC; también modifica el pH haciéndolo más ácido, al aumentar su contenido en el suelo.

En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en lo biológico, proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo, mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo

peso molecular) (Borie *et al.*, 1999).

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No se determinaron unidades de tierra no aptas (N1) por esta variable, debido a que en los suelos con bajos contenidos de materia orgánica, se pueden aplicar enmiendas para mejorar el contenido de carbono orgánico.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, escala 1:100.000, son asociaciones donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, lo cual significa que dentro de esta existen áreas de diferentes tamaños que tienen diferentes cantidades de carbono orgánico.

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, 2014).

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 a la literatura consultada y socializada con el gremio, son los siguientes:

Aptitud	Carbono orgánico (%)
Alta (A1)	> 1,7
Media (A2)	0,5-1,7
Baja (A3)	< 0,5

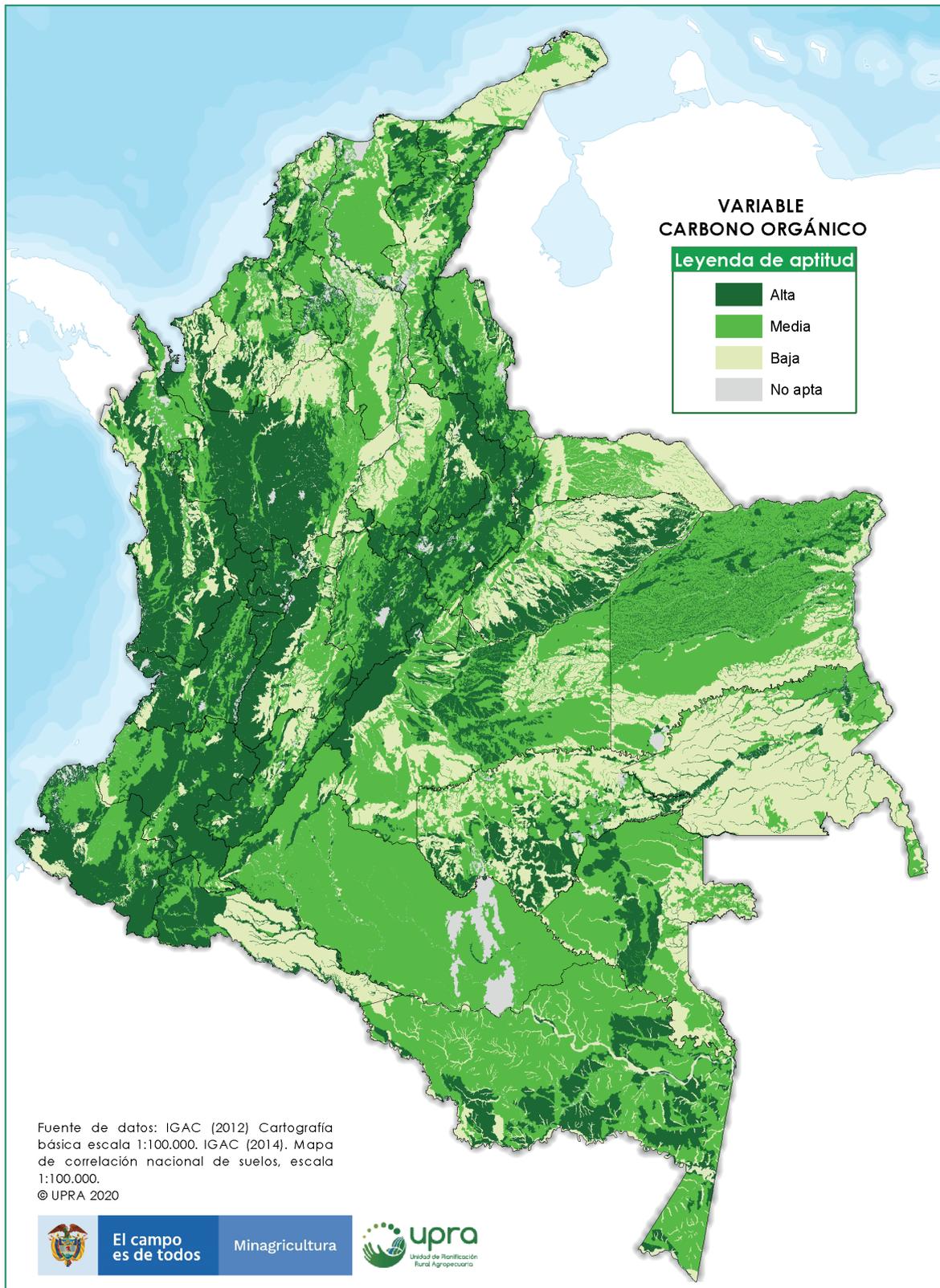
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassbender, H.; Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda ed. San José de Costa Rica: IICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 pp.
- _ (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- _ (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- _ (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo, E. (2008). «Carbono orgánico y propiedades del suelo». En: *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. vol. 8. no. 1. p. 68-96.
- Singer, M. y Munns, D. (1996). *Soils. An introduction*. Tercera ed. EUA: Prentice-Hall Inc. 480 p.

1.7. CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO	
CRITERIO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO	

- Salinidad o sodicidad, expresados como salinidad (dS/m) y porcentaje de saturación de sodio (PSI).
- Saturación de aluminio, expresada como porcentaje (%).

TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (hierro, manganeso, cloro, zinc y níquel), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos), el sodio y el aluminio.

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

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

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

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

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

El criterio presenta rangos donde no es posible el cultivo comercial de arroz seco mecanizado; se consideran no aptas (N1) las tierras que presentan salinidad > 8 dS/m y con saturación de sodio superior de 15 % (PSI) para el cultivo de arroz seco mecanizado.

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 de diferentes tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor, por lo tanto, corresponden a aptitudes diferentes.

En cuando a los contenidos de sales, la base del mapa de suelos de correlación nacional, presenta una limitación y es que no en todos los casos presenta valores de conductividad eléctrica, sino que se refiere a la presencia de las mismas. Tampoco presenta valores de PSI; únicamente si es sódico o salino sódico; por lo tanto, en ambos casos se deben inferir los rangos, mediante la interpretación de la taxonomía y con las fases por salinidad o sodicidad.

En la concentración de aluminio existe una correlación con los rangos propuestos y las calificaciones cualitativas.

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 (IGAC, 2014), y de ahí surge la calificación que se considera en cada una de las variables.

No existen rangos de PSI, solamente si es sódico, lo cual sugiere que cuando un suelo es sódico, su contenido es mayor del 15 % y, en caso contrario, su contenido será menor de ese valor.

Los rangos de aptitud de cada una de las variables, están dados de acuerdo con diferentes consultas al gremio, productores y reportes técnicos de Fedearroz.

Saturación de aluminio (%)	Aptitud	Salinidad (dS/m)	Aptitud	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
< 30	Alta (A1)	≤ 2	Alta (A1)	No sódico (≤ 15)	Alta (A1)
30-60	Media (A2)	2-4	Media (A2)	Sódico (> 15)	No apta (N1)
> 60	Baja (A3)	4-8	Baja (A3)		
		> 8	No apta (N1)		

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 de arroz seco, ya que reduce las posibilidades de un adecuado desarrollo de las plantas.

Árbol de decisión para el criterio

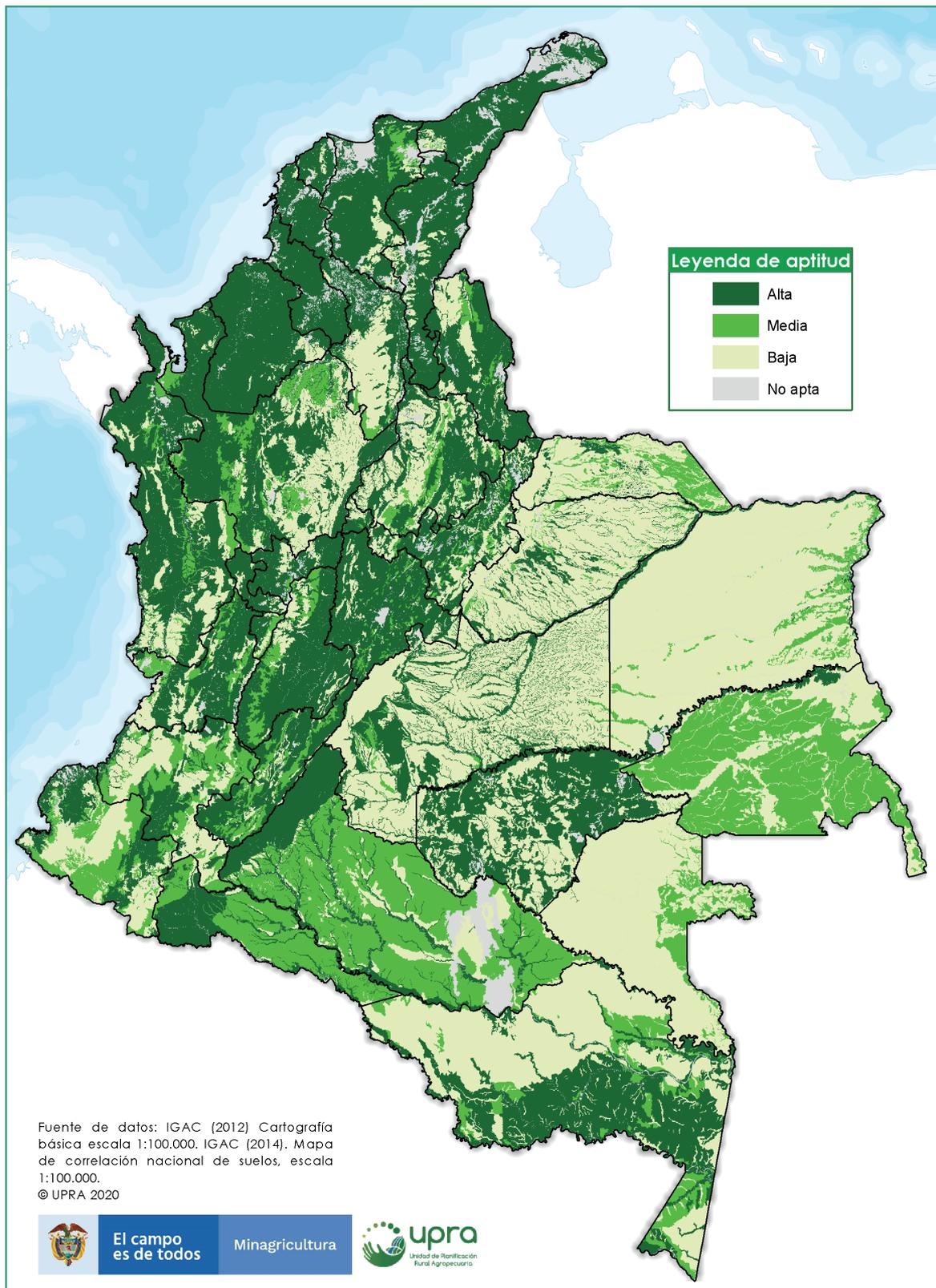
Saturación de aluminio (%)	Salinidad (CE dS/m)	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
< 30	≤ 2	No sódico	A1
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A1
		Sódico	N1
	4-8	No sódico	A3
		Sódico	N1
> 8	cualquiera	N1	
30-60	≤ 2	No sódico	A2
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A2
		Sódico	N1
	4-8	No sódico	A3
		Sódico	N1
> 8	Cualquiera	N1	
> 60	≤ 2	No sódico	A3
		Sódico	N1
	2-4	No sódico	A3
		Sódico	N1
	4-8	No sódico	A3
		Sódico	N1
> 8	cualquiera	N1	

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá: IGAC.119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000* Bogotá: IGAC.

1.7.1. Variable salinidad o sodicidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO		
VARIABLE: salinidad o sodicidad		UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje (%)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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

En suelos salinos, el catión sodio es el que predomina en la solución del suelo, mientras que el calcio y el 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).

La salinidad y 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 los suelos, se reconocen estos niveles excesivos por afloramiento de costras blancas en los salinos y contras negras, debido la dispersión de la materia orgánica, en los sódicos (IGAC, 1979).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta el rendimiento del cultivo comercial de arroz secano me-

canizado. El principal efecto perjudicial de las sales, es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (IGAC, 1979).

Los altos contenidos de sales o de sodio tienen los siguientes efectos en el desarrollo de las plantas: la salinidad influye en los valores del pH y por tanto afecta la disponibilidad de nutrientes; afecta el ritmo de absorción de los iones potasio (K^+), nitrato (NO_3^-), fósforo (PO_4^{3-}) y calcio (Ca^{++}); afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta; el sistema de raíces de las plantas presentan poca profundidad y menor ramificación, y no hay división ni crecimiento celular lo que se traduce en plantas de menor desarrollo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Se considera que unidades de tierra con presencia con conductividad eléctrica mayor de 8 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 % no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le asigna al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

La principal dificultad para evaluar esta variable es la falta de información; en los estudios generales de suelos escala: 1:100.000, en muchos casos no aparece el valor de conductividad eléctrica y solamente aparece como presencia de sales. Además, esta última no se presenta de manera uniforme; varía tanto de forma horizontal como vertical y también durante el tiempo.

La base de datos no presenta rangos de PSI, solamente la presencia de sodio en algunos perfiles; por lo tanto, se debe inferir de la interpretación taxonómica y con la ayuda de las fases por sodio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los suelos salinos y sódicos se obtienen a partir de la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Las unidades cartográficas que no tienen información, se infieren con la interpretación de los nombres taxonómicos.

La salinidad se obtiene con los datos de conductividad eléctrica, las fases por salinidad y la interpretación taxonómica. El sodio se extrae con ayuda de las fases por sodicidad y con la interpretación de la taxonomía; se asume que, de acuerdo a la metodología de los levantamientos de suelos, cuando es sódico, su contenido es mayor de 15 %.

Los límites de variación se construyen a partir de la tabla de sales y sodio para el cálculo de la fertilidad (IGAC, 2010).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Suelos de aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor de 2 dS/m (no salino) y no sódicos (< 15 PSI); con aptitud media (A2) los suelos ligeramente salinos (entre 2 y 4 dS/m); los suelos con baja aptitud (A3) los que presentan entre 4 y 8 dS/m de salinidad; y los suelos no aptos (N1) los suelos salinos mayores de 8 dS/m y los sódicos, con más del 15 % de saturación de sodio.

Salinidad o sodicidad de los suelos

Aptitud	Salinidad (CE) dS/m	Aptitud	Saturación de sodio (PSI)
Alta (A1)	< 2	Alta (A1)	No sódico (< 15)
Media (A2)	2-4	No apta (N1)	Sódico (>15)
Baja (A3)	4-8		
No apta (N1)	> 8		

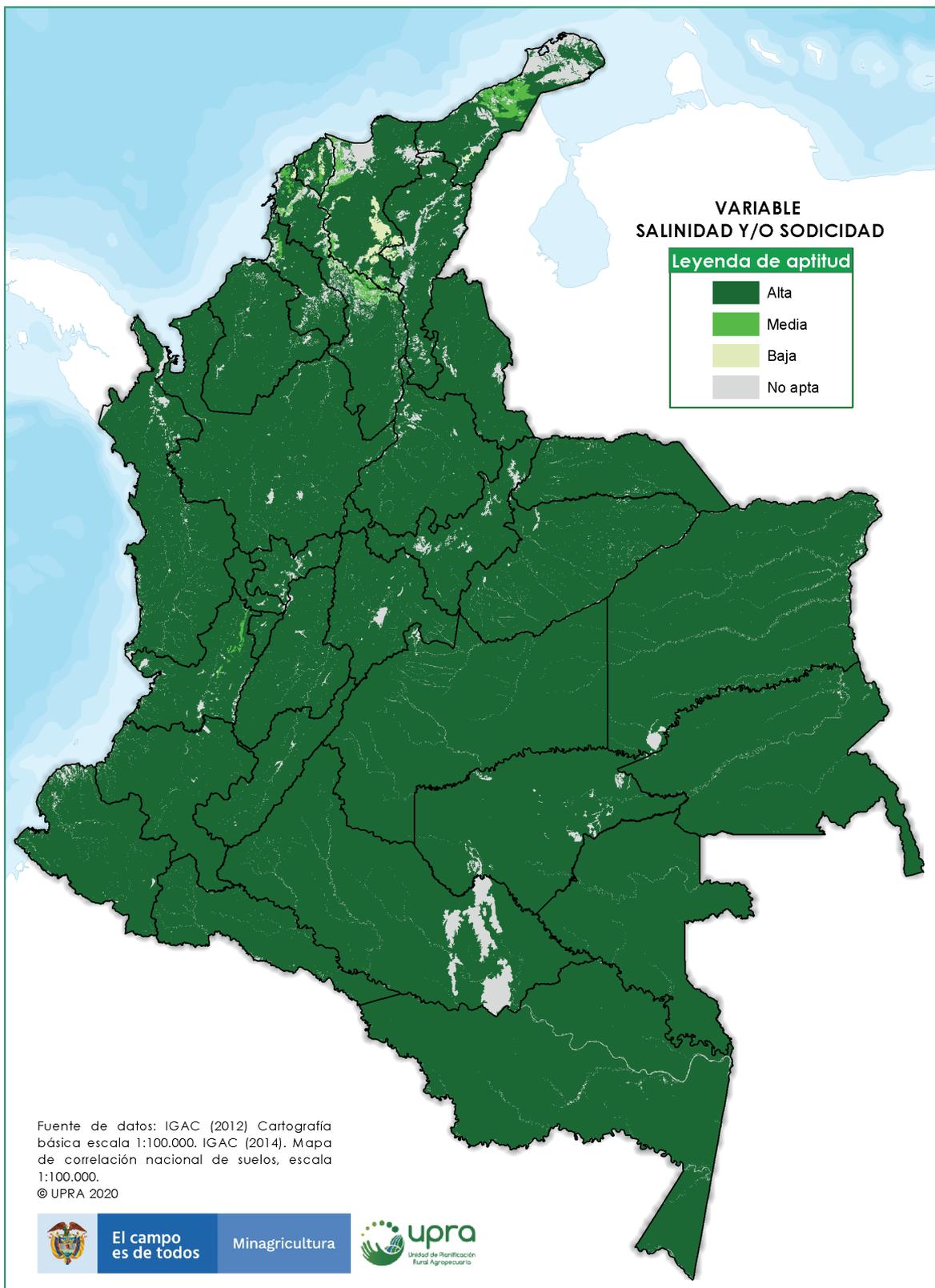
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassbender, H.; Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2 edición revisada y aumentada. San José de Costa Rica: IICA. 420 p.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. 2 edición. Bogotá: IGAC. p. 30 y 128.

1.7.2. Variable saturación de aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO		
VARIABLE: saturación de aluminio	UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. Corresponde a la acidez intercambiable. Se debe a los iones Al^{+++} y H^+ intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl). También incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (IGAC, 1979).

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

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 este elemento; 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 comercial de arroz secano mecanizado, debido a que la presencia de este elemento 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 absorción de agua y de nutrientes, afectando la productividad del cultivo.

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

No existe valor de exclusión (N1) por esta variable, debido a que se puede mejorar su efecto a través del encalamiento.

Todas las unidades cartográficas con más de 60 % de saturación de aluminio se califican con aptitud baja (A3) para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado, debido a que los contenidos de aluminio en la solución del suelo son muy altos, pero aun así es posible la adecuación de estas áreas mediante la aplicación de correctivos al suelo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información de los diferentes contenidos de aluminio (Al^{+++}) se obtiene a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Los rangos se obtienen de la tabla para el cálculo de la fertilidad (IGAC, 2010), que corresponden a contenidos bajos de aluminio (< 30 %); medios (de 30 a 60 %) y altos (> 60 %).

La calificación para estos rangos se hace a partir del mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tienen información se infieren, correlacionando otras variables, como pH, clima y la interpretación de los nombres taxonómicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Con base en las diferentes consultas con el gremio, productores y reportes técnicos, se determinan como tierras con aptitud alta (A1) los suelos con saturación de aluminio < 30 %, aptitud moderada (A2), entre 30 y 60 % y aptitud baja (A3), saturaciones de aluminio mayores de 60 %.

Rangos de aptitud

Aptitud	Saturación de aluminio (%)
Alta (A1)	< 30
Media (A2)	30-60
Baja (A3)	> 60

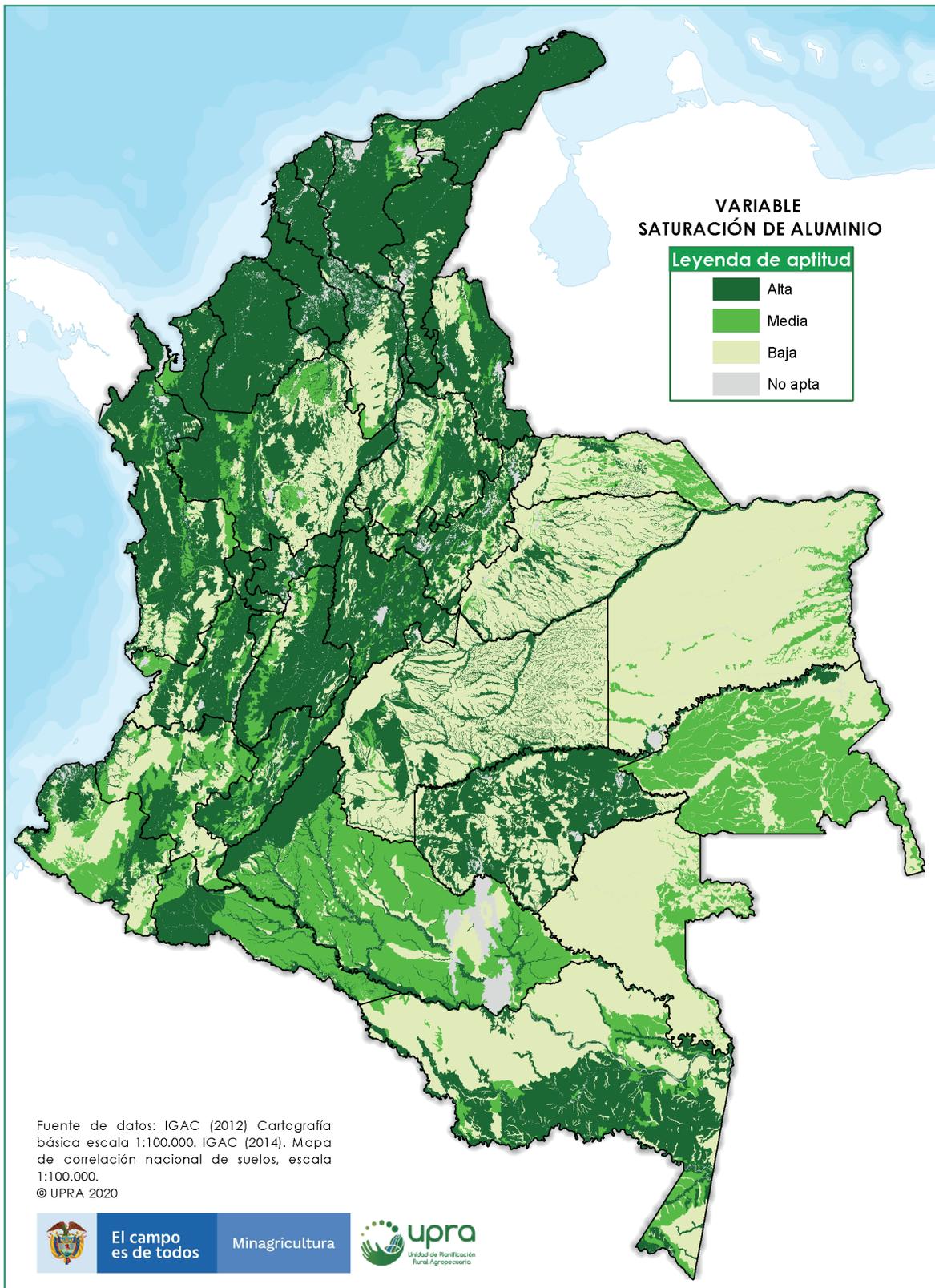
Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 360 pp.
- IGAC. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 148 y 149.
- __. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2013). *Mapa de geopedología de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- __. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Bogotá: IGAC.

1.8. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y ALUMINIO		
VARIABLE: asociadas al criterio		
Erosión actual, expresada en grado de erosión		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos; integra las variables que causan o que originan dichas pérdidas.

El cultivo de arroz seco involucra el uso intensivo del suelo, por lo tanto, tiene períodos que dejan sin cobertura vegetal el suelo, especialmente el de siembra, aspecto que deja expuesto el suelo a la erosión por escorrentía, principalmente.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Para el establecimiento del cultivo de arroz lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea, porque los movimientos del suelo que implica el cultivo, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica si la pendiente y la alta pluviosidad le favorecen.

La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad para el enraizamiento y, por lo tanto, pérdida de la fertilidad, lo cual redundará en el crecimiento de los cultivos. Por otro lado, el

desgaste de suelo significa generación de sedimento que influye en la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que los suelos con grado moderado de erosión no son aptos (N1) por su estado avanzado de deterioro; por lo tanto, se deben proteger o rehabilitar, igualmente, los grados severo y muy severo tampoco tienen aptitud (N1), puesto que prácticamente no existen capa productiva, no es conveniente el uso de estas tierras en cultivos comerciales.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información de la variable se obtiene del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio, los productores y reportes técnicos de Fedearroz, así:

Aptitud	Erosión actual
Alta (A1)	No hay
Media (A2)	Ligera
No apta (N1)	Moderada, severa y muy severa

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

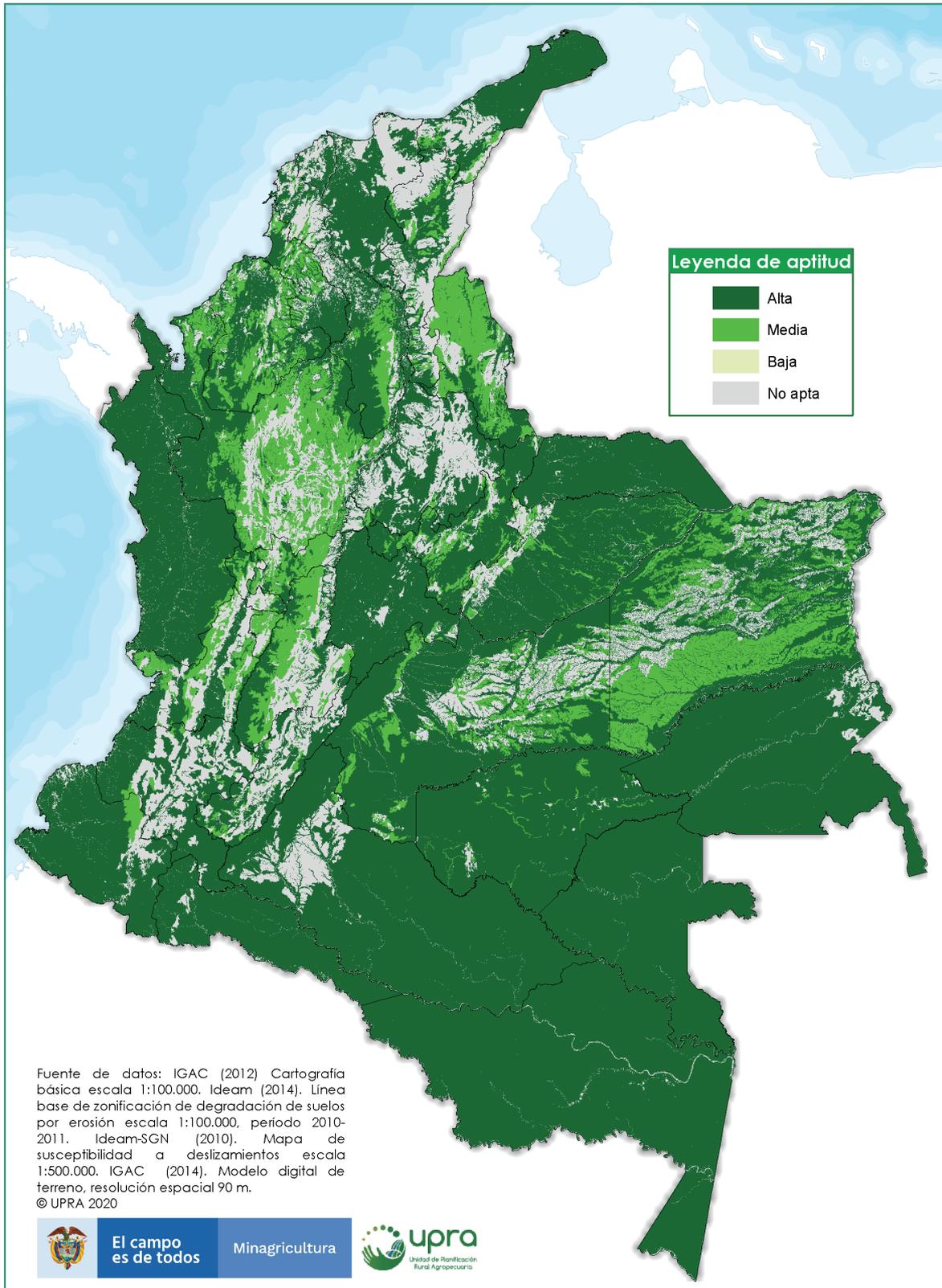
El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud, radica en el efecto que tiene la erosión sobre la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva.

Unidad de análisis

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
 CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DEL SUELO



El campo es de todos

Minagricultura



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- _ (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*. Bogotá: IGAC.

1.8.1 Variable erosión actual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS		
VARIABLE: erosión actual		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (grado de erosión)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Desgaste de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca a través de la acción del agua en movimiento u otros agentes geológicos (USDA, 1961).

Los grados de erosión reflejan la intensidad actual y la afectación en superficie por los procesos de erosión.

En la siguiente tabla se presentan las distintas clases y su definición, según USDA (2010) e 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 arroz seco mecanizado, lo ideal es que no exista erosión o que sea ligera, porque la pérdida del suelo afecta la profundidad efectiva y, por lo tanto, la formación de raíces, la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo del cultivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

En el mapa se califican los rangos de erosión moderada, severa y muy severa, como zonas no aptas (N1), debido a que los suelos han perdido la hasta el 75 % del primer horizonte, en el primer caso y la totalidad del horizonte A y parte o la totalidad del B, en los otros grados. Esto significa que los suelos no van a tener adecuada oferta de nutrientes ni propiedades físicas óptimas para el desarrollo del cultivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Dentro de la unidad cartográfica de suelos pueden existir sectores con grados de erosión menor o mayor al calificado, lo cual significa que su aptitud difiere de la fase de la unidad cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se toman las fases de erosión de las unidades cartográficas contenidas en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014) y se asignan valores.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

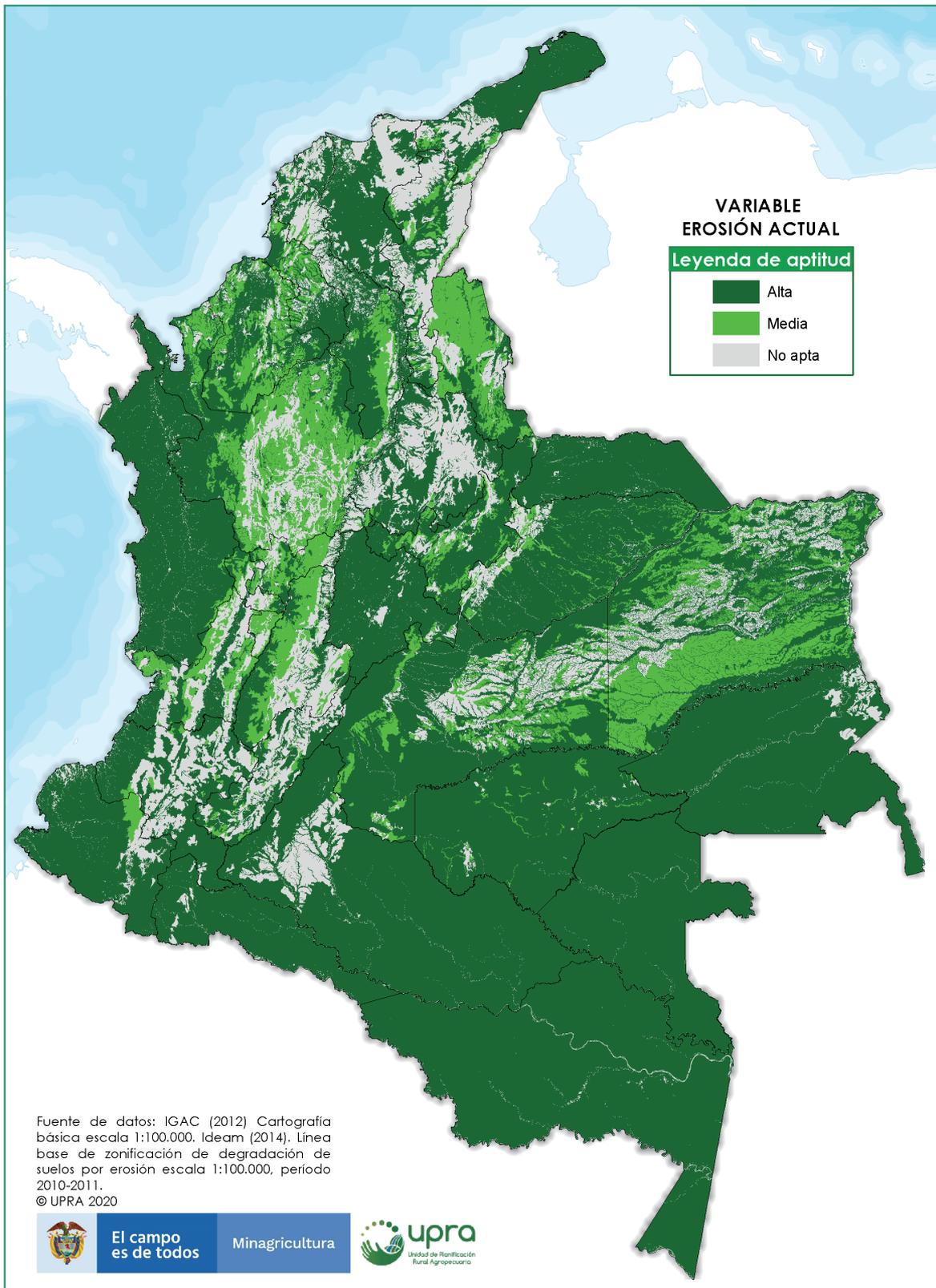
Los grados de erosión moderada, severa y muy severa se definieron como no aptos (N1), la erosión ligera con aptitud media (A2) y sin erosión con aptitud alta (A1), así:

Aptitud	Grados de erosión
Alta (A1)	Sin erosión
Media (A2)	Ligera
No apta (N1)	Moderada, severa y muy severa

Unidad de análisis

Fases cartográficas de erosión

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Línea base de zonificación de degradación de suelos por erosión, periodo 2010-2011, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (1998). *Mapa de erosión de Colombia, escala 1:500.000*. Bogotá: IGAC.
- .. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210*. USA.

1.9. CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO		
CRITERIO: SUCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Temperatura máxima asociada a *P. oryzae*
- Humedad relativa asociada a *P. oryzae*
- Brillo solar diario asociado a *P. oryzae*

DEFINICIÓN

Conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura máxima, humedad relativa y brillo solar) que explican el riesgo de inoculación, infección, propagación y daños causados por *P. oryzae* en el cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

El arroz presenta plagas y enfermedades de importancia económica que impactan en el desarrollo de la actividad productiva, debido a su alta incidencia, proliferación y costos para su control.

En las zonas donde se desarrolla la explotación comercial del cultivo de arroz seco mecanizado se presentan condiciones ambientales que aumentan el riesgo de desarrollo de diferentes limitantes fitosanitarios. El hongo *Pyricularia oryzae* fue el organismo fitopatógeno priorizado por la UPRA dado su impacto en el cultivo.

Por lo anterior, la determinación de zonas con niveles diferenciales de riesgo de aparición y desarrollo de la enfermedad, con base en el comportamiento de las condiciones ambientales, permite contemplar diferentes escenarios productivos, así como sobre las medidas de manejo que pueden ser implementados.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

El criterio se construyó con base en tres elementos climáticos que reúnen condiciones ambientales determinantes (temperatura máxima, humedad relativa y brillo solar) que afecta directamente la aparición y el desarrollo de la enfermedad, que causa daños económicos en el cultivo de arroz seco.

Los organismos fitopatógenos responden a diferentes estímulos o condiciones que hacen que su aparición y desarrollo biológico no estén enmarcados dentro de unas condiciones estrictas o constantes a lo largo de periodos de tiempo; debido a esto, la generación de información sobre procesos epidemiológicos solo puede analizarse dentro de un contexto de riesgo de aparición, desarrollo y daños.

La principal limitante del criterio evaluado es la consecución de información epidemiológica de las enfermedades que afectan el cultivo comercial de arroz con seriales históricos recientes. Igualmente, la dinámica de las enfermedades limita los sistemas de vigilancia oficial, por lo que la información disponible es escasa.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para el ejercicio de zonificación y determinación de zonas aptas, se utilizan la temperatura máxima media anual, la humedad relativa y el brillo solar diario asociados al patógeno; estas variables son el resultado de la discusión técnica realizada por parte del grupo del componente físico y la experiencia de los profesionales del área de sanidad vegetal, climatología y producción de arroz. Una vez construidos los rangos, se generó el mapa de susceptibilidad fitosanitaria.

La susceptibilidad fitosanitaria de *P. oryzae* es inversa a la aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado; es decir, a mayor riesgo de la enfermedad, menor es la aptitud para el cultivo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD POR ENFERMEDAD

No hay rangos de exclusión (N1) para el criterio debido a que, para los diferentes niveles de prevalencia de la enfermedad se implementan diversas estrategias de manejo. Se establecieron tres rangos de aptitud para la enfermedad producida por *P. oryzae*: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta	Media	Baja
Temperatura máxima anual	°C	> 31	28-31	24-28
Humedad relativa	Porcentaje (%)	< 75	75-85	> 85
Brillo solar diario	Horas sol/día	> 5	4-5	< 4

Las tres variables asociadas a *P. oryzae* se cruzaron a través de árbol de decisión, así:

Árbol de decisión para el criterio

Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)	Brillo solar (horas sol diario)	Aptitud
> 31	< 75	> 5	A1
		4-5	A2
		< 4	A3
	75-85	> 5	A1
		4-5	A2
		< 4	A3
	> 85	> 5	A3
		4-5	A3
		< 4	A3
28-31	< 75	> 5	A2
		4-5	A2
		< 4	A3
	75-85	> 5	A2
		4-5	A2
		< 4	A3
	> 85	> 5	A3
		4-5	A3
		< 4	A3
24-28	< 75	> 5	A3
		4-5	A3
		< 4	A3
	75-85	> 5	A3
		4-5	A3
		< 4	A3
	> 85	> 5	A3
		4-5	A3
		< 4	A3

Aptitud alta (A1): zonas con riesgo bajo de aparición y desarrollo de *P. oryzae*; son zonas donde se puede desarrollar con una alta aptitud (A1) el cultivo comercial de arroz secano mecanizado, ya que *P. oryzae* tiene menor probabilidad de aparición por condiciones climáticas; se puede considerar realizar manejo a través de control cultural y vigilancia fitosanitaria.

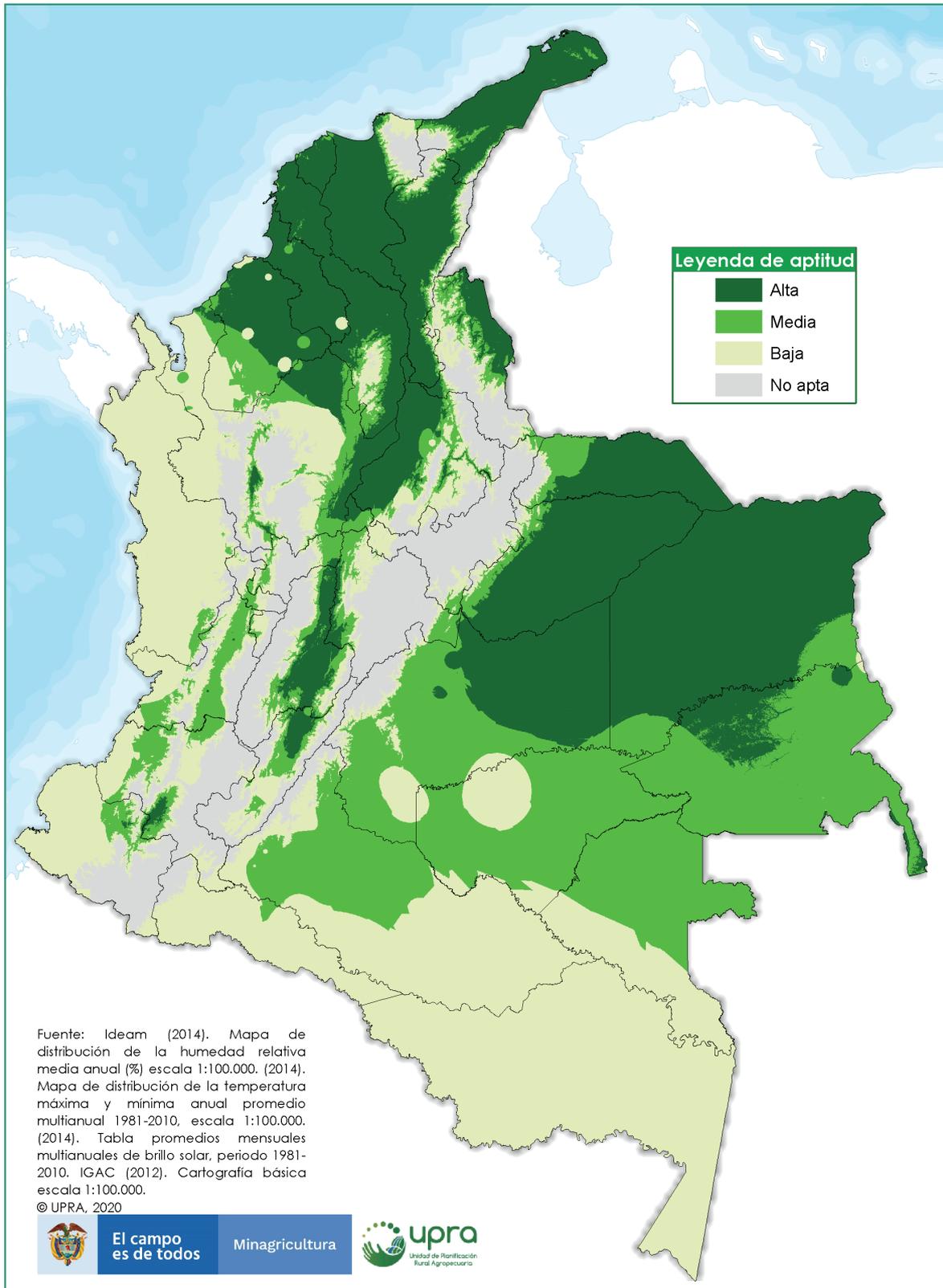
Aptitud media (A2): zonas con riesgo medio de aparición y desarrollo de *P. oryzae*; son definidas como zonas que presentan aptitud moderada (A2) para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado con relación a la probabilidad de aparición y desarrollo de *P. oryzae*. En estas zonas se deben considerar manejos cultural y químico que eviten la disminución en la producción y calidad del grano.

Aptitud baja (A3): zonas con riesgo alto de aparición y desarrollo de *P. oryzae*; se definen como zonas que presentan aptitud baja (A3) para el desarrollo del cultivo comercial de arroz seco mecanizado debido a la alta probabilidad de presencia de *P. oryzae*. En estas zonas se requieren diferentes tipos de manejos, con un uso intensivo de insumos químicos y biológicos. La no realización de las labores agronómicas en el cultivo, puede conllevar una significativa disminución del rendimiento y calidad del grano cosechado.



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la humedad relativa media anual, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura máxima y mínima anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de brillo solar período 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.9.1. Variable temperatura máxima asociada a *P. oryzae*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: físico. SUBCOMPONENTE: fitosanitario		
CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad fitosanitaria		
VARIABLE: erosión actual		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (grado de erosión)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Efecto de la temperatura máxima anual sobre el desarrollo de *P. oryzae* en el cultivo comercial de arroz.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La temperatura máxima del aire ejerce efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las enfermedades que afectan a los cultivos. Para la zonificación de aptitud, conocer la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, permite establecer áreas con condiciones diferenciales de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, respecto a la enfermedad, con base en rangos de aptitud alta, media y baja.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El valor de rango de evaluación se establece de acuerdo con la información de isotermas generadas por la autoridad competente y disponibles para el estudio de aptitud. La temperatura máxima de 24 °C es el valor a partir del cual se presenta un decrecimiento en el desarrollo del hongo *P. oryzae*, haciendo más apto el cultivo comercial de arroz seco.

No hay rangos de exclusión para la variable debido a que en los niveles de aptitud establecidos, es posible la implementación de diferentes estrategias de manejo de la enfermedad.

Temperatura máxima asociada a *P. oryzae*

Aptitud	Temperatura máxima (°C/año)
Alta (A1)	> 31
Media (A2)	28-31
Baja (A3)	24-28

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial a nivel anual, no refleja la condición térmica máxima que se ha presentado en los últimos años en el país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Serie histórica de la información.

La información utilizada de base para las unidades térmicas máximas y mínimas se toma del mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam (2014), a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 al 2010.

2. Tratamiento de la información.

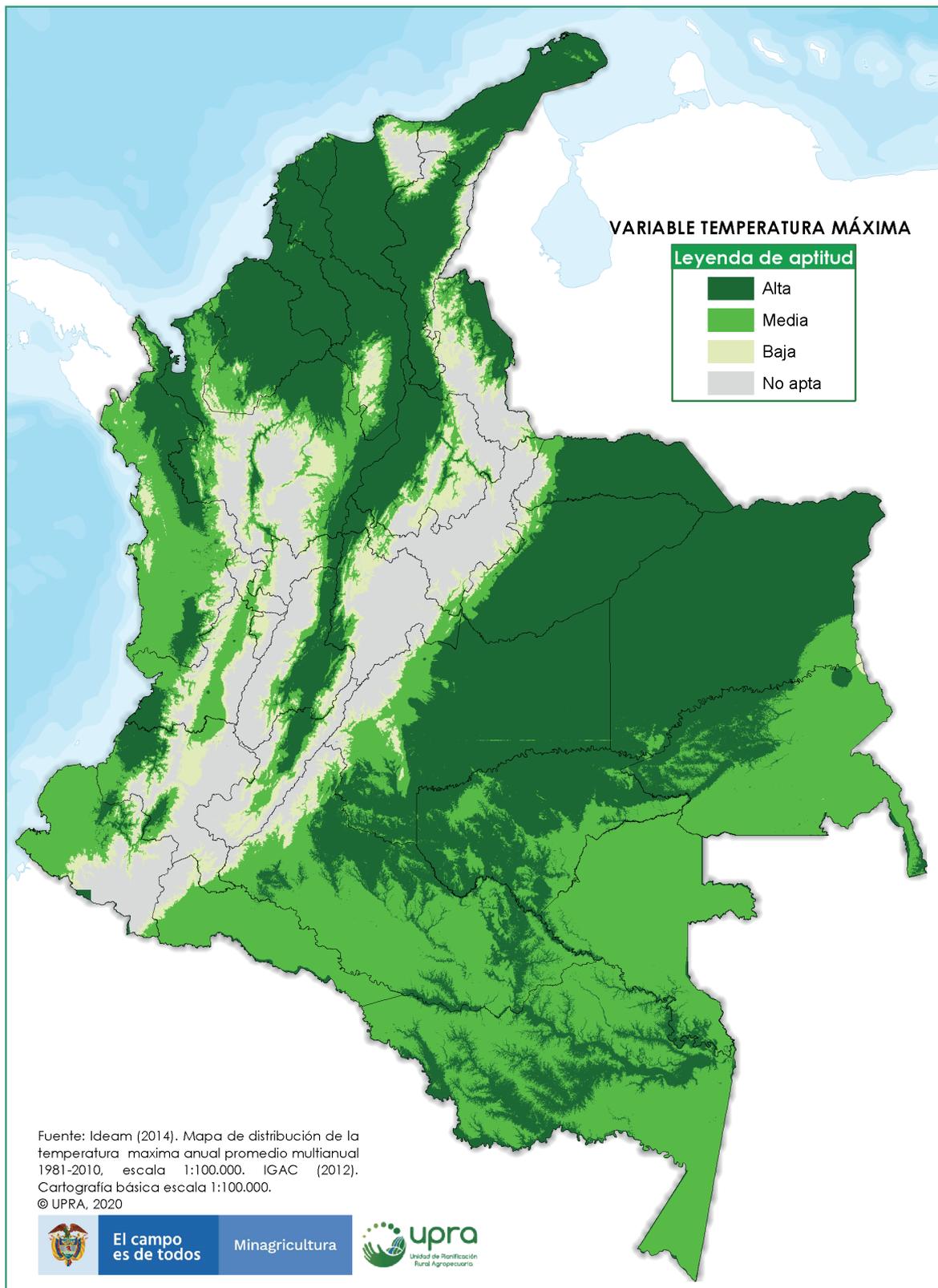
Se realiza un ejercicio de delimitación a nivel espacial de acuerdo a los rangos establecidos por el equipo de profesionales del componente físico de la UPRA y Fedearroz, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas térmicas de temperatura máxima

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.9.2. Variable humedad relativa asociada a *P. oryzae*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: físico. SUBCOMPONENTE: fitosanitario		
CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad fitosanitaria		
VARIABLE: erosión actual		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (grado de erosión)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Efecto de la humedad relativa sobre el desarrollo de *P. oryzae* en el cultivo comercial de arroz.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La humedad relativa del aire es una condición climática que puede afectar la incidencia, la severidad y el desarrollo de las enfermedades, en particular, de organismos fitopatógenos como *P. oryzae* en el cultivo de arroz, que requiere alta humedad en el ambiente para su desarrollo. Para la zonificación, la distribución espacial de esta variable es importante, ya que permite establecer zonas con riesgo alto, medio o bajo para la enfermedad.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Los valores de evaluación utilizados correspondieron a una diferenciación en rangos. Zonas con valores inferiores a 75 % de humedad relativa presentan una alta aptitud (A1) dadas las condiciones desfavorables para que *P. oryzae* complete su ciclo de desarrollo; zonas con humedad promedio mensual entre 75 y 85 %, correspondientes a zonas que presentan condiciones que pueden favorecer moderadamente el cultivo, pero el proceso infeccioso de *P. oryzae* se realiza a una tasa menor. Zonas con valores de humedad relativa por encima del 85 % presentan baja aptitud (A3) para el cultivo de arroz dadas las condiciones favorables para la aparición y desarrollo de *P. oryzae*.

No hay rangos de exclusión (N1) para la variable debido a que, en los niveles de aptitud establecidos, es posible la implementación de diferentes estrategias de manejo de la enfermedad. La humedad relativa asociada al riesgo de *P. oryzae* es la siguiente:

Humedad relativa asociada a *P. oryzae*

Aptitud	Humedad relativa (%)
Alta (A1)	< 75
Media (A2)	75-85
Baja (A3)	> 85

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada de la información térmica de todo el territorio nacional generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010.

En consecuencia, el análisis espacial a nivel anual, no refleja la condición de humedad relativa que se ha presentado en los últimos años en el país.

Igualmente, se evidencia que para la descripción detallada de esta variable se debería contar con un número mayor de estaciones meteorológicas que complementen la información, debido a que la humedad relativa es ampliamente influenciada por condiciones de fuentes hídricas, pendientes y otras variables, lo que genera microclimas que generan incrementos o disminuciones en los valores de humedad relativa reportada en zonas con mayor extensión.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Serie histórica de la información.

Se utiliza la información correspondiente al mapa de humedad relativa promedio multianual generado por el Ideam en 2010.

2. Tratamiento de la información.

El ejercicio de delimitación a nivel espacial se realiza utilizando gradientes de información con rangos de 5 %, como se presenta en el mapa de humedad relativa suministrado por la entidad.

El establecimiento de los rangos para la variable, parte del concepto del equipo de profesionales de la UPRA y Fedearroz, con base en reportes bibliográficos, actividad que fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.

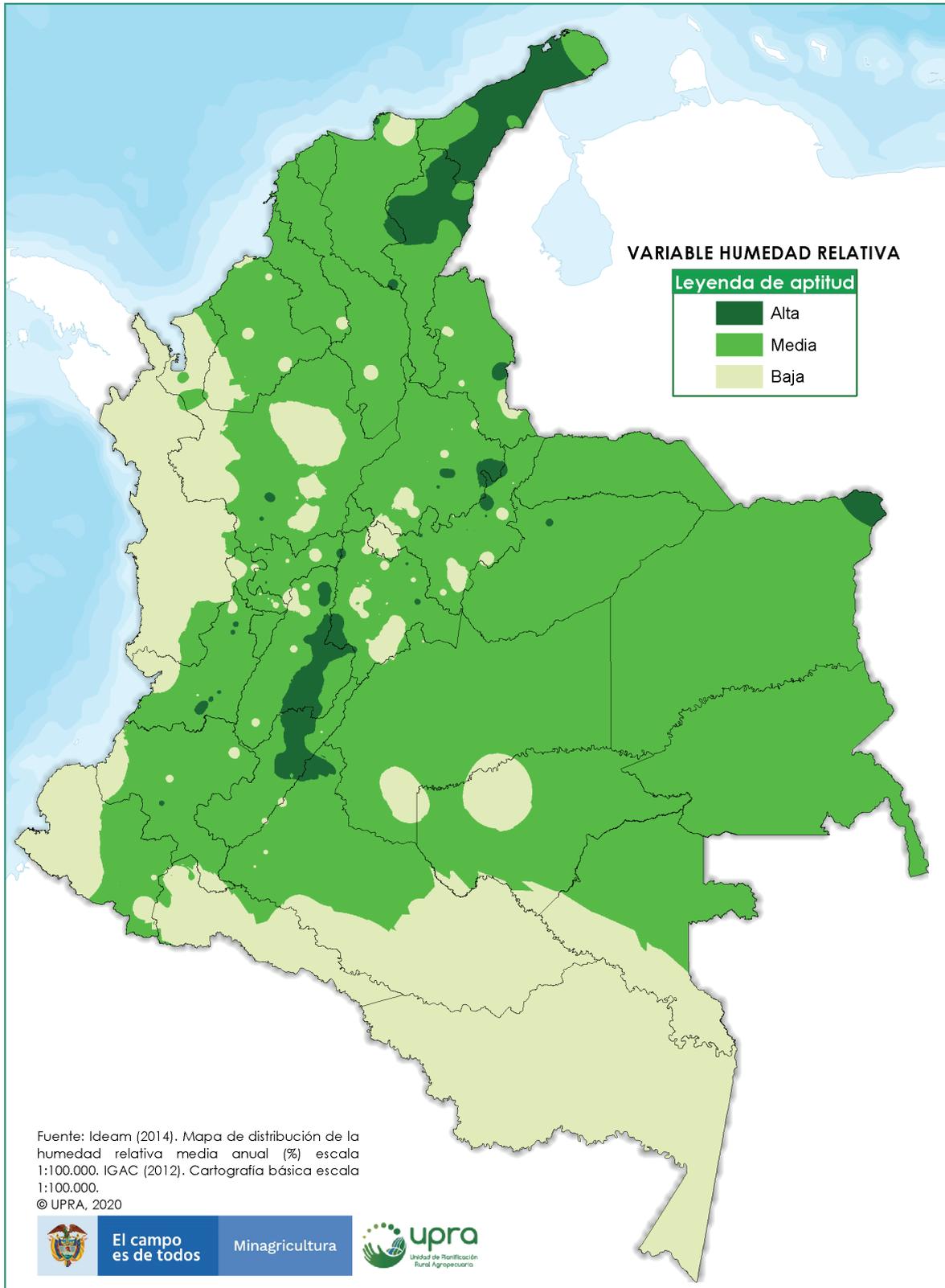
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de humedad relativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la humedad relativa media anual, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.9.3. Variable brillo solar diario asociado a *P. oryzae*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO		
CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA		
VARIABLE: erosión actual	UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (grado de erosión)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Efecto de la insolación sobre el desarrollo de *P. oryzae* en el cultivo comercial de arroz.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El brillo solar ejerce efecto directo en el proceso de fotosíntesis del cultivo, que se traduce en la producción de grano. La cantidad de luz solar hace que el desarrollo de la planta esté limitado por cierto rango de brillo solar, que comprende umbrales mínimos, fuera de los cuales el crecimiento se disminuye y afecta la fotosíntesis y, en consecuencia, afecta la formación de espigas y el llenado del grano.

Para la zonificación de aptitud, conocer la distribución espacial del brillo solar, permite establecer áreas con condiciones de luminosidad diferenciales, para identificar las zonas con aptitudes alta, media y baja para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, de acuerdo con el comportamiento de la enfermedad causada por *P. oryzae*.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El valor de rango de evaluación se establece de acuerdo con la información de brillo solar diario generado por la autoridad competente y disponible para el estudio de aptitud.

No hay rangos de exclusión para la variable debido a que en los niveles de aptitud establecidos, es posible la implementación de diferentes estrategias de manejo de la enfermedad.

Brillo solar diario asociado a *P. oryzae*

Aptitud	Brillo solar (horas sol diario)
Alta (A1)	> 5
Media (A2)	4-5
Baja (A3)	< 4

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Disponer de una base de datos actualizada de la información de brillo solar de todo el territorio nacional, generada por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010.

En consecuencia, el análisis espacial a nivel anual, no refleja la condición de brillo solar que se ha presentado en los últimos años en el país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**1. Serie histórica de la información.**

La información utilizada de base para las unidades de brillo solar es la base de datos elaborada por el Ideam, para el período 1981-2010.

2. Tratamiento de la información.

Se realiza un ejercicio de delimitación espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo del componente físico de la UPRA y Fedearroz, actividad soportada por el grupo TIC de la UPRA.

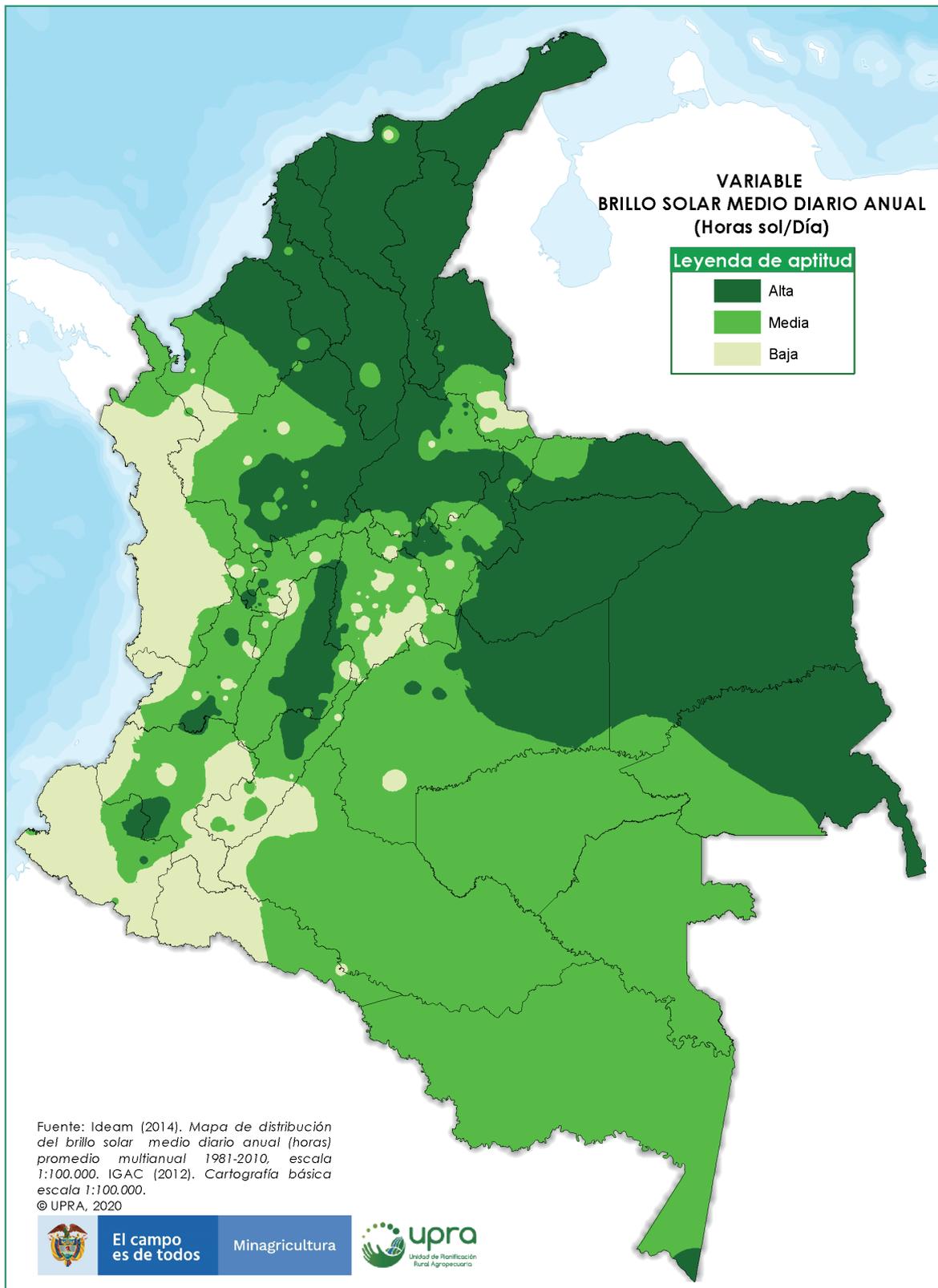
Unidad de análisis

Territorio nacional, dividido en sus diferentes zonas de brillo solar

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO RIESGO FITOSANITARIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Tabla de promedios mensuales multianuales de brillo solar período 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.



2. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECOSISTÉMICO

2.1. CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: cambio de cobertura		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Cobertura de la tierra, cuya unidad de medida es la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivos de arroz seco mecanizado

DEFINICIÓN

Grado de favorabilidad del cambio de la cobertura para el establecimiento del TUT, determinado en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo tres principios:

- Grado de antropización y transformación de las coberturas
- Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura, de acuerdo con sus diferentes características
- Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite determinar la favorabilidad para establecer un cultivo de arroz seco mecanizado, bajo una visión integral del territorio. De esta forma, es posible calificar la cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor impacto socioecosistémico.

Cualquier cambio en la cobertura afecta 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 y Lambin, 2006).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó el criterio. Esta incluye la «Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia», la cual permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial. No obstante, CLC engloba las coberturas de forma muy general, con la consiguiente pérdida de información que ello supone para la gestión del territorio a escala regional (Aguilera *et al.*, 2009).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Las exclusiones técnicas del criterio fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

- a. **Coberturas que no hacen parte de la frontera agrícola nacional:** se toma como primer referente de exclusión, todas aquellas coberturas que no son parte de la frontera agrícola (Resolución Minagricultura No. 261 de 2018), las cuales se relacionan a continuación:

1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.2.2.1. Arbustal denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.2.2.2. Arbustal abierto
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3.2.2.2.1. Arbustal abierto esclerófilo
1.2.1.1. Zonas industriales	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.1.2.3. Palmares	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta
1.2.4. Aeropuertos	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.3.1. Zonas arenosas naturales
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2. Bosque abierto	3.3.1.1. Playas
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3.3.1.2. Arenales
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3.3.1.3. Campos de dunas
1.3.1.3. Explotación de carbón	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3.3.2. Afloramientos rocosos
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
1.3.1.6. Explotación de sal	3.1.3. Bosque fragmentado	3.3.5.2 Zonas nivales
1.3.2. Zona de disposición de residuos	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4.1.1. Zonas pantanosas

1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	4.1.2. Turberas
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	3.1.4. Bosque de galería y ripario	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
1.4.1.2. Parques cementerio	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	4.2.1. Pantanos costeros
1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4.2.2. Salitral
1.4.2.2. Áreas deportivas	3.2.1.1.2.3. Arracachal	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
1.4.2.3. Áreas turísticas	3.2.1.2. Herbazal abierto	5.1.4.2. Lagunas de oxidación
3.1.1.1. Bosque denso alto	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	5.2.2. Mares y océanos
	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	5.2.2.2 Fondos coralinos someros

- b. **Coberturas incompatibles con el TUT:** además de las coberturas que no son parte de la frontera agrícola, se incluyen otras coberturas y biomas-coberturas que, por sus características, son incompatibles con el desarrollo de arroz secano mecanizado, las cuales se enlistan a continuación:

Coberturas

5.1.1. Ríos

5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales

5.1.3. Canales

5.2.1. Lagunas costeras

5.1.4.1. Embalses

5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

Biomás-cobertura

3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme

Orobiomas

Orobioma Alto de Santa Marta, Orobioma de La Macarena, Orobioma de San Lucas, Orobioma medio de Santa Marta, Orobioma Alto de los Andes, Orobiomas Azonales de Cúcuta, Orobiomas azonales del río Sogamoso, Orobiomas azonales del valle del Patía, Orobiomas azonales del río Dagua, Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato.

3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable

Orobiomas

Helobiomas de la Amazonía y Orinoquía, Orobioma alto de Santa Marta, Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira, Orobioma de La Macarena, Orobioma medio de Santa Marta, Orobiomas altos de los Andes, Orobiomas azonales del río Sogamoso, Orobiomas azonales del Valle del Patía, Orobiomas medios de los Andes, Zonobioma húmedo tropical de la Amazonía y Orinoquía y Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe.

3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado

Orobiomas

Halobioma del caribe, Halobioma del Pacífico, Helobiomas de la Amazonía y Orinoquia, Helobiomas del Magdalena y Caribe, Helobiomas del Pacífico y Atrato, Litobiomas de la Amazonía y Orinoquia, Orobioma de San Lucas, Orobioma del Baudó Darién, Orobiomas azonales de Cúcuta, Orobiomas azonales del Valle del Patía, Orobiomas bajos de los Andes, Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena, Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta, Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe, Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato, Zonobioma seco tropical del Caribe.

3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado

Orobiomas

Halobioma del Caribe, Halobiomas del Pacífico, Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Helobiomas del Magdalena y Caribe, Helobiomas del Pacífico y Atrato, Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Orobioma del Baudó y Darién, Orobiomas medios de los Andes, Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe, Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato, Zonobioma seco tropical del Caribe.

3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado

Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Helobiomas del Magdalena y Caribe, Helobiomas del Pacífico y Atrato, Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe, Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato, Zonobioma seco tropical del Caribe.

- c. **Bosques naturales 2010:** la capa de bosques naturales al año 2010 se obtiene del mapa bosque/no bosque para Colombia, área continental (escala fina Landsat) del Ideam (2016). Esta capa permite precisar las áreas con coberturas en bosques naturales y descontar dichas áreas del mapa obtenido de áreas transformadas para actividades agropecuarias (UPRA, 2018), generando exclusión técnica (N1). Esta capa responde a los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París por parte de Colombia y a la Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques. El año 2010 corresponde al año del punto de referencia para el corte de la medición de los Gases Efectos Invernadero (GEI), a partir del cual, se proyectó la meta de reducción de emisiones GEI en Colombia para el año 2030. En este mismo año también se presentó un cambio en el comportamiento de la deforestación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a partir de la reclasificación de la «*Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*». Mediante este ejercicio, se reclasifican cada una de las unidades de cobertura de la tierra, asignando un grado de aptitud (alta, media, baja, no apta o sin información). Este procedimiento implica analizar las cualidades cada tipo de cobertura de acuerdo con su contexto ecológico y productivo, con el fin de determinar el grado de aptitud.

Para la construcción de este criterio, se empleó la información referente a biomas desarrollada en el «*Mapa nacional de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*» (Ideam et

al., 2015), con cuyo análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas, de acuerdo con el bioma donde se localizan.

Mediante este ejercicio, fue posible reclasificar cada una de las unidades de la cobertura de la tierra y asignar un grado de aptitud (alta, media, baja o no apta) fundamentado en el tipo de bioma, donde se localiza cada unidad de cobertura, como se relaciona a continuación:

Descripción de los tipos de aptitud para el cultivo de arroz secano mecanizado

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado y dedicada a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan las áreas de pastos.	Alta
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado, dedicadas a usos agrícolas o pecuarios, donde predominan los pastos y los cultivos permanentes para la producción de alimentos.	Media
Zonas con favorabilidad marginal para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado. Corresponde a coberturas de cultivos permanentes dedicados para la producción de materias primas industriales y fibras; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales y coberturas de cultivos que se desarrollan en condiciones marginales para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado.	Baja
Zonas no favorables para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado. 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. Se incluyen también las coberturas de bosques naturales identificados en el mapa de Bosque/no bosque 2010 del Ideam.	No apta

Este procedimiento implicó analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen favorable o no, el establecimiento del cultivo de arroz secano mecanizado.

Las coberturas no aptas (N1) identifican principalmente aquellas coberturas que, por sus características naturales o por tener algún valor de identidad sociocultural reconocido, deben ser protegidas, por lo que deben mantener su cobertura actual y, por lo tanto, no pueden establecerse cultivos de arroz secano mecanizado.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud alta (A1)

BIOMAS	Coberturas				
	Otros cultivos transitorios	Arroz	Caña de azúcar	Mosaico de Cultivos	Zonas quemadas
Halobioma del Caribe	A1	A1		A1	A1
Halobiomas del Pacífico	A1			A1	
Helobioma de La Guajira				A1	
Helobiomas andinos				A1	
Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	A1	A1		A1	A1
Helobiomas del Magdalena y Caribe	A1	A1		A1	A1
Helobiomas del Pacífico y Atrato	A1			A1	A1
Helobiomas del río Zulia		A1		A1	
Helobiomas del Valle del Cauca	A1		A1	A1	
Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia				A1	A1
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira		A1		A1	A1
Orobioma de San Lucas				A1	A1
Orobioma del Baudó y Darién				A1	A1
Orobioma medio de Santa Marta					A1
Orobiomas altos de los Andes	A1			A1	A1
Orobiomas azonales de Cúcuta		A1		A1	
Orobiomas azonales del Valle del Patía	A1				
Orobiomas bajos de los Andes	A1	A1	A1	A1	A1
Orobiomas medios de los Andes	A1		A1	A1	A1
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	A1	A1		A1	A1
Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	A1	A1		A1	A1

BIOMAS	Coberturas				
	Otros cultivos transitorios	Arroz	Caña de azúcar	Mosaico de Cultivos	Zonas quemadas
Zonobioma altermohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	A1	A1	A1	A1	
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta				A1	
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia		A1		A1	A1
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo	A1	A1		A1	
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	A1	A1		A1	A1
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato				A1	
Zonobioma seco tropical del Caribe	A1	A1		A1	A1

Aptitud media (A2)

BIOMAS	Coberturas							
	Papa	Cultivos permanentes herbáceos	Caña panelera	Plátano y banano	Palma de aceite	Pastos limpios	Pastos enmalezados	Mosaico de pastos y cultivos
Halobioma del Caribe		A2		A2	A2	A2	A2	A2
Halobiotomas del Pacífico					A2	A2	A2	A2
Helobioma de La Guajira						A2		A2
Helobiotomas andinos	A2					A2	A2	A2
Helobiotomas de la Amazonia y Orinoquia					A2	A2	A2	A2
Helobiotomas del Magdalena y Caribe				A2	A2	A2	A2	A2
Helobiotomas del Pacífico y Atrato				A2	A2	A2	A2	A2
Helobiotomas del río Zulia					A2	A2	A2	A2
Helobiotomas del Valle del Cauca		A2	A2			A2	A2	A2
Litobiotomas de la Amazonia y Orinoquia						A2	A2	A2

BIOMAS	Coberturas							
	Papa	Cultivos permanentes herbáceos	Caña panelera	Plátano y banano	Palma de aceite	Pastos limpios	Pastos enmalezados	Mosaico de pastos y cultivos
Orobioma alto de Santa Marta						A2	A2	
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira		A2		A2	A2	A2	A2	A2
Orobioma de La Macarena						A2	A2	A2
Orobioma de San Lucas					A2	A2	A2	A2
orobioma del Baudó y Darién						A2	A2	A2
Orobioma medio de Santa Marta						A2	A2	
Orobiomas altos de los Andes	A2					A2	A2	A2
Orobiomas azonales de Cúcuta		A2				A2	A2	A2
Orobiomas azonales del río Sogamoso						A2	A2	A2
Orobiomas azonales del Valle del Patía						A2	A2	A2
Orobiomas azonales del río Dagua						A2	A2	A2
Orobiomas bajos de los Andes		A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2
Orobiomas medios de los Andes	A2		A2			A2	A2	A2
Peinobomas de la Amazonia y Orinoquia		A2			A2	A2	A2	A2
Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del alto Magdalena						A2	A2	A2
Zonobioma alternohigrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca		A2	A2	A2		A2	A2	A2
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta						A2	A2	A2
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia					A2	A2	A2	A2
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo					A2	A2	A2	A2
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe		A2		A2	A2	A2	A2	A2
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato				A2	A2	A2	A2	A2
Zonobioma seco tropical del Caribe		A2		A2	A2	A2	A2	A2

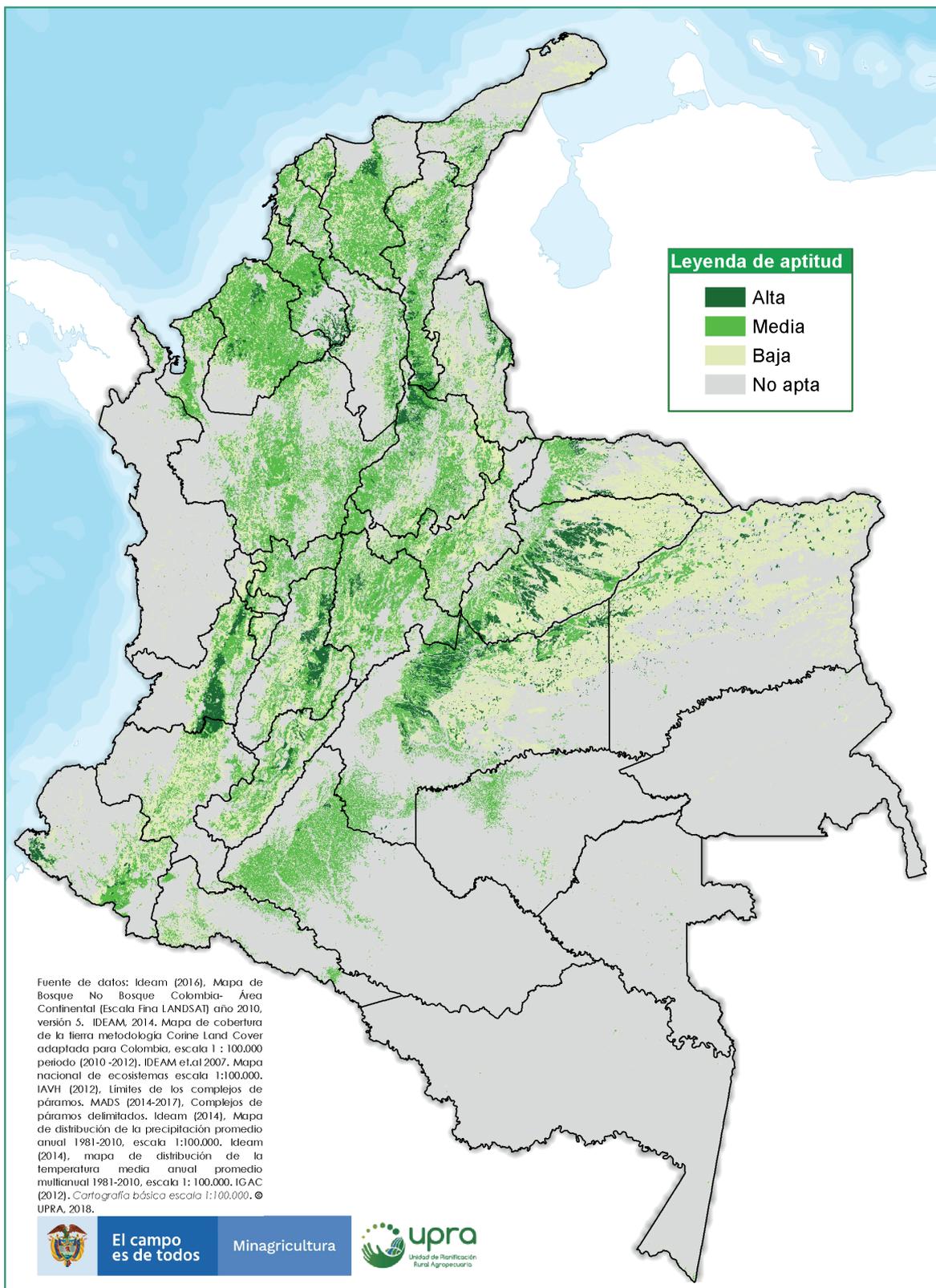
Aptitud baja (A3)w

BIOMAS	Coberturas						
	Café	Cultivos permanentes arbóreos	Cultivos confinados	Pastos arbolados	Mosaicos con espacios naturales	Plantación forestal	Herbazal denso de tierra firme
Halobioma del Caribe		A3		A3	A3	A3	A3
Halobiotomas del Pacífico		A3			A3		A3
Helobioma de La Guajira							
Helobiotomas andinos			A3		A3	A3	A3
Helobiotomas de la Amazonia y Orinoquia				A3	A3	A3	A3
Helobiotomas del Magdalena y Caribe		A3		A3	A3	A3	A3
Helobiotomas del Pacífico y Atrato				A3	A3		A3
Helobiotomas del río Zulia				A3	A3		
Helobiotomas del Valle del Cauca		A3		A3	A3	A3	A3
Litobiotomas de la Amazonia y Orinoquia					A3		A3
Orobioma alto de Santa Marta					A3		
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	A3			A3	A3	A3	A3
Orobioma de La Macarena					A3		
Orobioma de San Lucas				A3	A3		
Orobioma medios de los Andes	A3				A3		
Orobioma del Baudó y Darién				A3	A3		
Orobioma medio de Santa Marta					A3		
Orobiomas altos de los Andes	A3			A3	A3	A3	
Orobiomas azonales de Cúcuta				A3	A3		

BIOMAS	Coberturas						
	Café	Cultivos permanentes arbóreos	Cultivos confinados	Pastos arbolados	Mosaicos con espacios naturales	Plantación forestal	Herbazal denso de tierra firme
Orobiomas azonales del río Sogamoso				A3	A3		
Orobiomas azonales del Valle del Patía				A3	A3		
orobiomas azonales del río Dagua					A3		
Orobiomas bajos de los Andes	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Orobiomas medios de los Andes	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia		A3		A3	A3	A3	A3
Zonobioma alternohigróico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena	A3	A3		A3	A3		A3
Zonobioma alternohigróico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca	A3	A3		A3	A3	A3	
Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta					A3		A3
Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia				A3	A3		A3
Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo				A3	A3		
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	A3	A3		A3	A3	A3	A3
Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato		A3		A3	A3	A3	
Zonobioma seco tropical del Caribe		A3		A3	A3	A3	A3

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, I.; Monteagudo, S.; Castaños, J.; González-Jiménez, A., y Escudero, R. (23-26 de septiembre de 2009). *Teledetección: Agua y Desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección*. (S. M. Fornos, Ed.) Recuperado de: <<http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>>
- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra-Conceptos de Clasificación y manual para el usuario*. Roma, Italia: FAO.
- Ideam. (2012). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2016). *Mapa de cambio de bosque Colombia- Área continental (Escala Fina LANDSAT) Período 2010 - 2015*. Bogotá: Ideam.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (MADS). (2018). *Bosques Territorios de Vida - Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques*. Bogotá D.C., Colombia: MADS, Ideam. IGAC, IAVH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. (2015). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá: MADS.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura). (2018). Resolución 261 de 2018 «Por medio de la cual se define la frontera agrícola nacional y se adopta la metodología para la identificación general». Recuperado de: <<https://www.minagricultura.gov.co/busqueda/Paginas/results.aspx?k=Resoluci%C3%B3n%20261%20de%202018>>
- Lambin, E. y Geist, H. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Berlin: Springer-Verlag Berlin J.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2018). *Metodología para la identificación general de la frontera agrícola en Colombia*. Bogotá: UPRA.

2.2. CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN).
- Índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica.
- Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).

DEFINICIÓN

«Habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región».

La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Corcoran, 2005; Ciontescu, 2012).

La IE incorpora dinámicas tendientes a:

- Proteger y restablecer la integridad de los sistemas ecológicos, con especial preocupación por la diversidad biológica y los procesos naturales que sustentan la vida.
- Evitar el deterioro del territorio con el desarrollo de acciones ambientales sostenibles; cuando el conocimiento sea limitado, debe primar el principio de precaución.
- Adoptar patrones de producción que salvaguarden la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los derechos humanos y el bienestar de las comunidades.
- Promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la zonificación, un territorio con IE es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre. Así, en la escala del presente trabajo, la integridad ecológica analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema, mediante tres variables: conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), índice de naturalidad (Inat) y áreas de concentración de especies sensibles (ACES), así:

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 (ejemplo mosaicos con dominancia de espacios naturales), se reduce la aptitud para el establecimiento

del cultivo. En estas áreas cobran importancia los procesos naturales que dan continuidad a las áreas silvestres y el sistema de producción puede interrumpir procesos esenciales. Por el contrario, donde la CECN es menor en el interior de la matriz transformada (ejemplo pastizales limpios), la aptitud para establecimiento del cultivo es mayor. En estas áreas predominan los procesos productivos sin interrupción a ciclos ecológicos esenciales, e incluso el establecimiento de cultivos puede propiciar la continuidad de los procesos naturales.

Índice de naturalidad (Inat): la prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un territorio¹, están determinadas por el área de las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, los cuales son necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio. De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas 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, entre 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).

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 asociados a estos presionan las poblaciones de interés o sus hábitats, lo que aumenta las amenazas para los grupos taxonómicos considerados (aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces y plantas). Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento del cultivo es mayor.

¹ Se emplea la subzona hidrográfica (SZH), por representar una unidad funcional hidrológica natural y no administrativa.

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 tanto, su vocación como área para el cultivo comercial de arroz, su orientación hacia la restauración, o su vocación hacia la conservación. El modelo parte de la premisa que la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado varía en relación inversa con la IE del territorio, de manera que la aptitud es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC), pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud es alta en lugares donde dicha integridad es baja, debido a la transformación del paisaje o ausencia de dichos AVC.

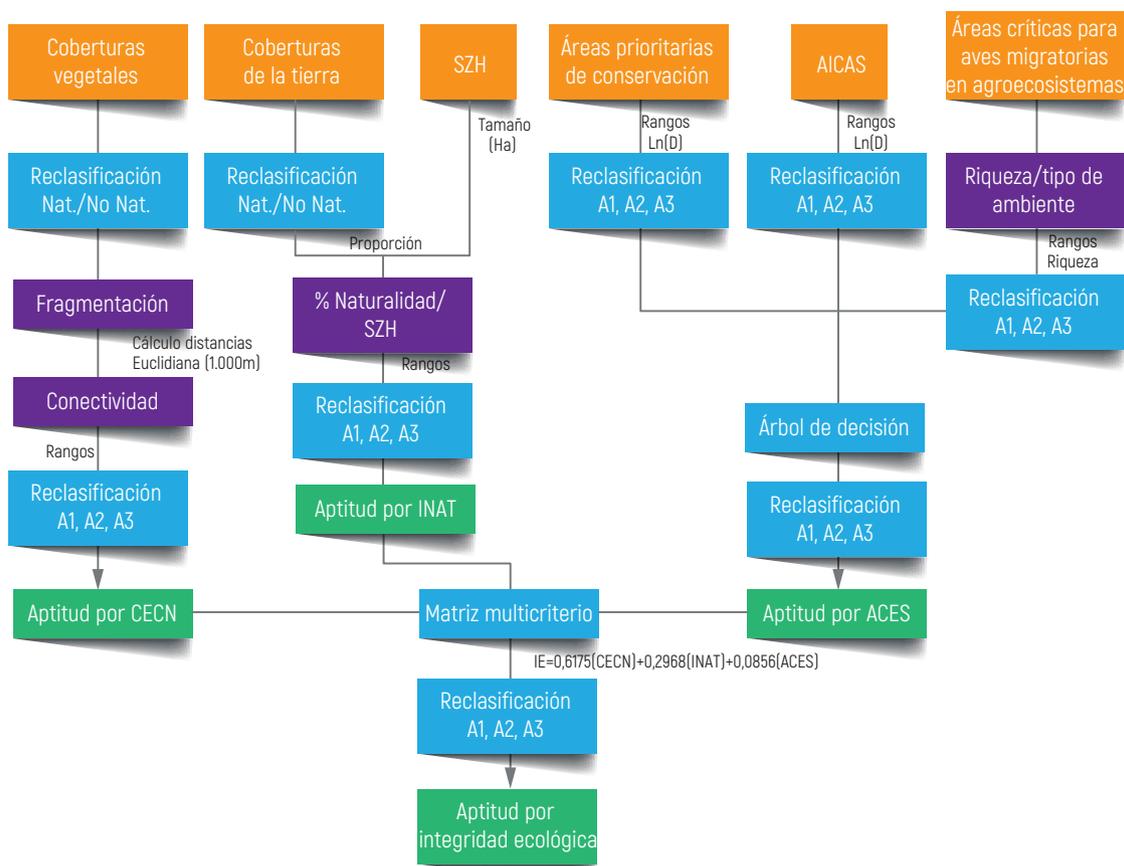
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La temporalidad de *Corine Land Cover* (2009) limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real; sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible. Los datos 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.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación del criterio, se realiza el procesamiento de cada una de sus tres variables como se describe a continuación:

Procedimiento para determinar la aptitud por IE



CEEN= Conectividad estructural de las coberturas vegetales; INAT= Índice de naturalidad; ACES= Áreas de concentración de especies sensibles.

a. Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN):

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, 2010a). 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 realizada en ArcGIS, se establece la conectividad estructural desde los centroides de los fragmentos como objeto foco de conectividad, empleando una distancia de 1000 m entre núcleos como distancia de referencia.

Finalmente, los valores de distancia obtenidos se 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 aptitud para establecimiento de cultivos comerciales de arroz.

Los valores obtenidos se distribuyen en tres rangos mediante el método de clasificación *Natural Breaks* y se obtiene la siguiente calificación:

Calificación de la CECN

Aptitud	Rango	Descripción
Alta (A1)	0,13-0,49	Conectividad menor
Media (A2)	0,49-0,82	Conectividad media
Baja (A3)	0,82-1,00	Conectividad mayor

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:

La 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, 2010a). Se realiza una intersección entre la capa de coberturas de la tierra con la de subzonas hidrográficas del «Estudio nacional del agua» (Ideam, 2010b).

De esta forma,

$$\text{Inat} = \text{Superficie de coberturas naturales} / \text{tamaño de subzona hidrográfica}$$

A partir de este cálculo, se establecen los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros adaptados a partir de Márquez (2003), y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo de comercial de arroz seco mecanizado:

Calificación de la variable Inat

Aptitud	Descripción	Rango (%)
Alta (A1)	% Inat muy baja (vital)	0-5
	% Inat baja (estratégica)	5-30
	% Inat moderada	30-50
Media (A2)	% Inat alta	50-75
Baja (A3)	% Inat muy alta (protección)	75-100

Fuente: adaptado a partir de Márquez (2003).

c. Áreas de concentración de especies sensibles (ACES):

La 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 (AC) migratorias en agroecosistemas.

- Áreas prioritarias de conservación (APC): a partir del portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), a escala 1:100.000 (IAVH y ANH, 2013), se toma la información de especies sensibles en las APC, las cuales se relacionaron con el tamaño de cada polígono para obtener la densidad de especies/km². Para incorporar esta información, se toman los objetos de conservación (OdC) de filtro fino y de filtro grueso del estudio, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies, o ecosistemas respectivamente.

Cuanto mayor sea el número de especies sensibles o endémicas (riqueza) con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio para el establecimiento de cultivos comerciales.

Para aquellos polígonos sin información, se asume el mínimo número de especies registrado, bajo la premisa 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 distribuyen en tres rangos mediante el método de clasificación Natural Breaks del *software* ArcGIS 10.3, y se obtuvo la siguiente calificación:

**Calificación de la densidad (D) de especies sensibles
en áreas prioritarias de conservación (APC)**

Aptitud	Rango ln (D)	Descripción
Alta (A1)	< -10,02	Áreas sin identificación de APC
Media (A2)	-10,02 a -2,77	APC con muy baja o baja densidad de especies sensibles
Baja (A3)	-2,76 a 6,42	APC con moderada, alta o muy alta densidad de especies sensibles

- Áreas de Importancia para la conservación de aves (AICA): para el tratamiento de este insumo se parte de la información espacial suministrada por el IAVH de AICA 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, 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 km².

Con la información disponible, se establecen dos zonas en el país: la primera corresponde al área donde no hay AICA con categoría de aptitud alta (A1), y la segunda, agrupa aquellas áreas donde hay AICA establecidas con categoría de aptitud media (A2) y aptitud marginal (A3).

Las áreas donde hay AICA establecidas, se clasifican de acuerdo con el valor de ln (D), mediante el método de clasificación *Natural Breaks* del software ArcGIS 10.3. De esta forma, a los rangos definidos se les asigna la siguiente calificación:

**Calificación de la densidad (D) de especies sensibles en áreas de Importancia
para la conservación de aves silvestres (AICA)**

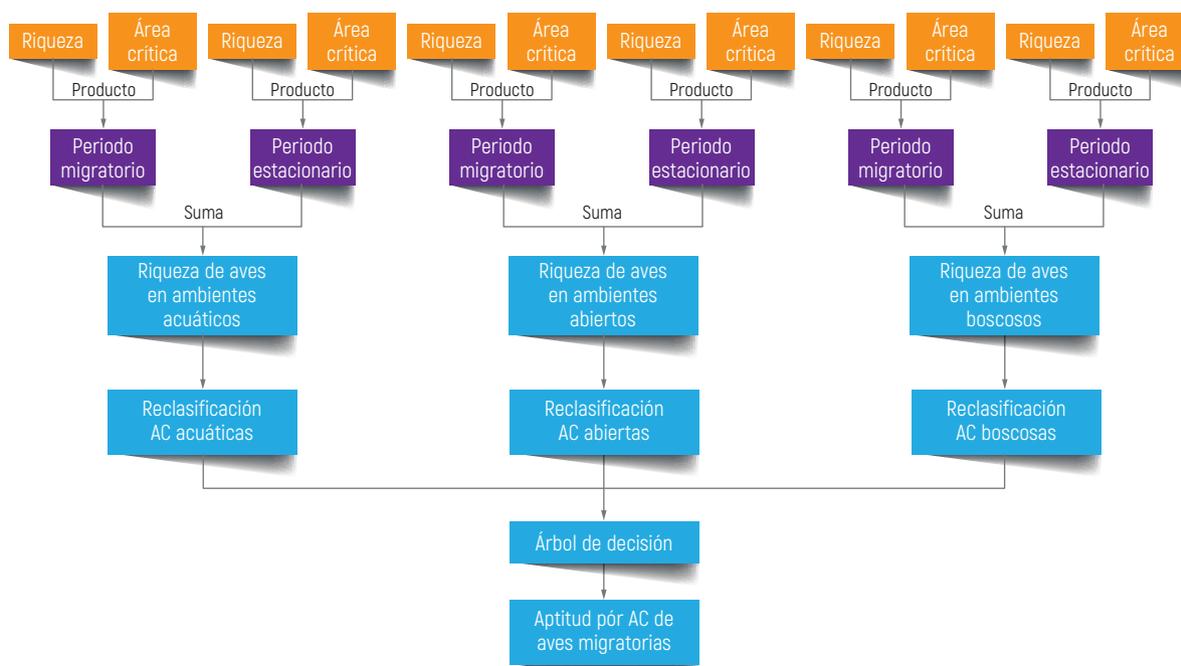
Aptitud	Rango (ln D)	Descripción
Alta (A1)	< -8,085	Áreas sin AICA
Media (A2)	-8,085 a -4,189	AICA con densidad muy baja o baja de especies sensibles
Baja (A3)	-4,189 a 1,67	Densidad moderada, alta o muy alta de especies sensibles en las AICA

- **Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios:**

A partir de la información para especies migratorias (aves, murciélagos, peces e insectos) en paisajes agropecuarios (SELVA, 2012), se emplean las capas de áreas críticas y riqueza potencial del grupo taxonómico de aves asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, tanto en período migratorio como en período estacionario.

El procedimiento para determinar la aptitud de acuerdo a la riqueza de especies migratorias en las áreas críticas, se detalla en la siguiente figura:

Procedimiento para determinar la aptitud por áreas críticas para especies migratorias, escala 1:100.000



Fuente: SELVA (2012).

Se realiza el producto entre las capas de las áreas críticas y riqueza potencial, tanto en período migratorio como estacionario, para cada grupo de aves asociadas a los ambientes acuáticos, abiertos y de bosque, respectivamente. De esta forma se obtiene 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 período estacionario y migratorio, se obtiene la importancia total para cada uno de los ambientes (bosque, abierto, acuático). El producto es una visión completa a lo largo de todo el proceso migratorio, respecto a la importancia de los diferentes hábitats críticos.

Los valores de importancia total resultante se dividen en dos categorías, mediante la utilización del método de clasificación *Natural Breaks* del software ArcGIS 10.3.

Posteriormente, se asigna el mayor valor de importancia a las áreas con alta riqueza, e importancia moderada a aquellas con menor valor de riqueza potencial. Para los lugares en los que no existen áreas críticas, se asigna la categoría de “no aplica”.

Finalmente, a partir de un árbol de decisión entre las categorías de importancia asignadas a cada uno de los ambientes, se establece la aptitud para el cultivo comercial de arroz seco-mecanizado. Esta aptitud considera que este cultivo ofrece un ambiente con características más favorables para las especies de aves migratorias asociadas a ambientes boscosos, de acuerdo con la siguiente tabla:

Reclasificación de aptitud para el cultivo de arroz de acuerdo a la importancia y preferencia del hábitat de las aves migratorias

Importancia de las áreas críticas			Aptitud
Bosque	Abiertos	Acuáticos	
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A3
Alta	Alta	No aplica	A3
Alta	Moderada	Alta	A2
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A3
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A3
Moderada	Alta	Alta	A1
Moderada	Alta	Moderada	A2
Moderada	Alta	No aplica	A3
Moderada	Moderada	Alta	A2
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A1
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A3
No aplica	Alta	Alta	A1
No aplica	Alta	Moderada	A2
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A3
No aplica	No aplica	Alta	A1
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A1

Para integrar los insumos de la variable ACES (AP, AICA, AC), se realiza una reclasificación de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, cuya calificación está dada por el nivel de mayor restricción, 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

d. Integración de variables:

Para la integración de las variables CECN, Inat y ACES, se realiza una suma ponderada, mediante la siguiente fórmula:

$$IE = a(CECN) + b(Inat) + c(ACES)$$

En la que a , b y c representan los factores de ponderación de las tres variables, los cuales se determinaron mediante el establecimiento de la matriz multivariable que es evaluada, siguiendo la metodología de la matriz multicriterio.

De esta forma, se obtuvieron los valores de a , b , y c , así:

$$a = 0,6175 \quad b = 0,2968 \quad c = 0,0856$$

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

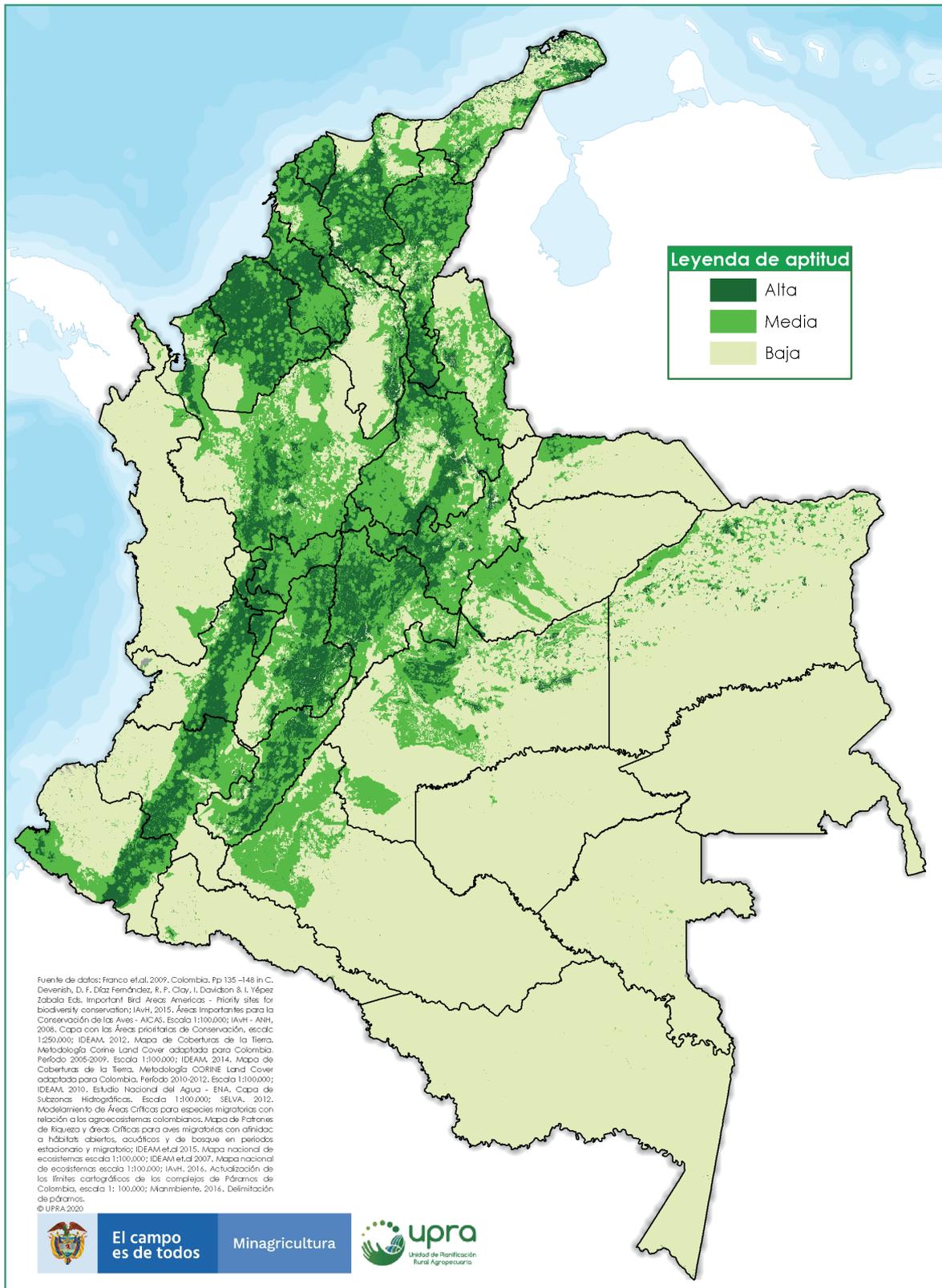
Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3), se divide empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGis:

Aptitud para el cultivo comercial de arroz por el criterio integridad ecológica

Aptitud	Descripción
Alta (A1)	Lugares donde la IE es baja. La actividad productiva irrumpe en baja medida sobre la conectividad natural, espacios naturales o los procesos vitales de especies sensibles.
Media (A2)	Lugares donde la IE 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.
Baja (A3)	Lugares donde la IE 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.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas. ArcGIS-Fragstats*. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Corcoran, P. (2005). «La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra». En: B. Mackey. *La carta de la tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (p. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV.
- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. y Romero, M. (2009). «Colombia». En: C. Devenish, D.; Díaz Fernández, R.; Clay, I. Davidson e I. Yépez (Eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series num. 16). p. 135-148.
- IAVH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000. Bogotá: IAVH.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- __. (2010). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- SELVA. (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en períodos estacionario y migratorio*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y UPRA. 165 p. Bogotá, Colombia.

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 arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: Conectividad Estructural de las Coberturas Naturales (CECN)	UNIDAD DE MEDIDA: adimensional (fase de pedregosidad)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

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.

En todo paisaje cultural, los relictos de vegetación natural juegan un papel fundamental para la movilidad de la biodiversidad y la continuidad en prestación de los servicios ecosistémicos (que son la base ambiental que sustenta los procesos productivos).

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en aquellas áreas con mayor CECN dentro de la matriz transformada (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 llegar a interrumpir procesos esenciales.

Por el contrario, en aquellas áreas donde la CECN es menor al interior de la matriz transformada (ejemplo pastizales limpios), la aptitud para establecimiento del cultivo es mayor, por cuanto predominan los procesos productivos sin interrupción de ciclos ecológicos esenciales e incluso, el establecimiento de cultivos puede generar opciones para incrementar la continuidad de los procesos naturales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La CECN contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental mediante la favorabilidad del hábitat para el desplazamiento de la biodiversidad, flujos e información necesarios para el funcionamiento natural, de la cual dependen en gran medida los servicios ecosistémicos que sostienen los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los cortes naturales como método de agrupamiento del *software* ArcGIS.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La capa base oficial de “Coberturas de la tierra 2009”, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), presenta cierto nivel de desactualización, en función de los cambios que se hayan producido hasta el presente.

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, 2010). Se toman todos los tipos de coberturas vegetales naturales como objeto del foco de conectividad y se realiza el análisis a través de las métricas de paisaje como la fragmentación o como la distancia euclidiana de núcleos (empleando una distancia de 1000 m entre núcleos).

La CECN es una medida a escala del paisaje, que en la matriz transformada permite dar una aproximación rápida sobre la continuidad de los hábitats como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas.

La conectividad estructural así obtenida se distribuye en un rango entre 0 y 1, donde 0 representa la menor conectividad y 1, la mayor conectividad, y se reclasifica en términos de la aptitud para establecimiento de cultivos comerciales de arroz seco mecanizado.

Calificación de la variable CECN

Aptitud	Rango	Descripción
Alta (A1)	0,079-0,385	Conectividad menor
Media (A2)	0,386-0,692	Conectividad media
Baja (A3)	0,693-1,000	Conectividad mayor

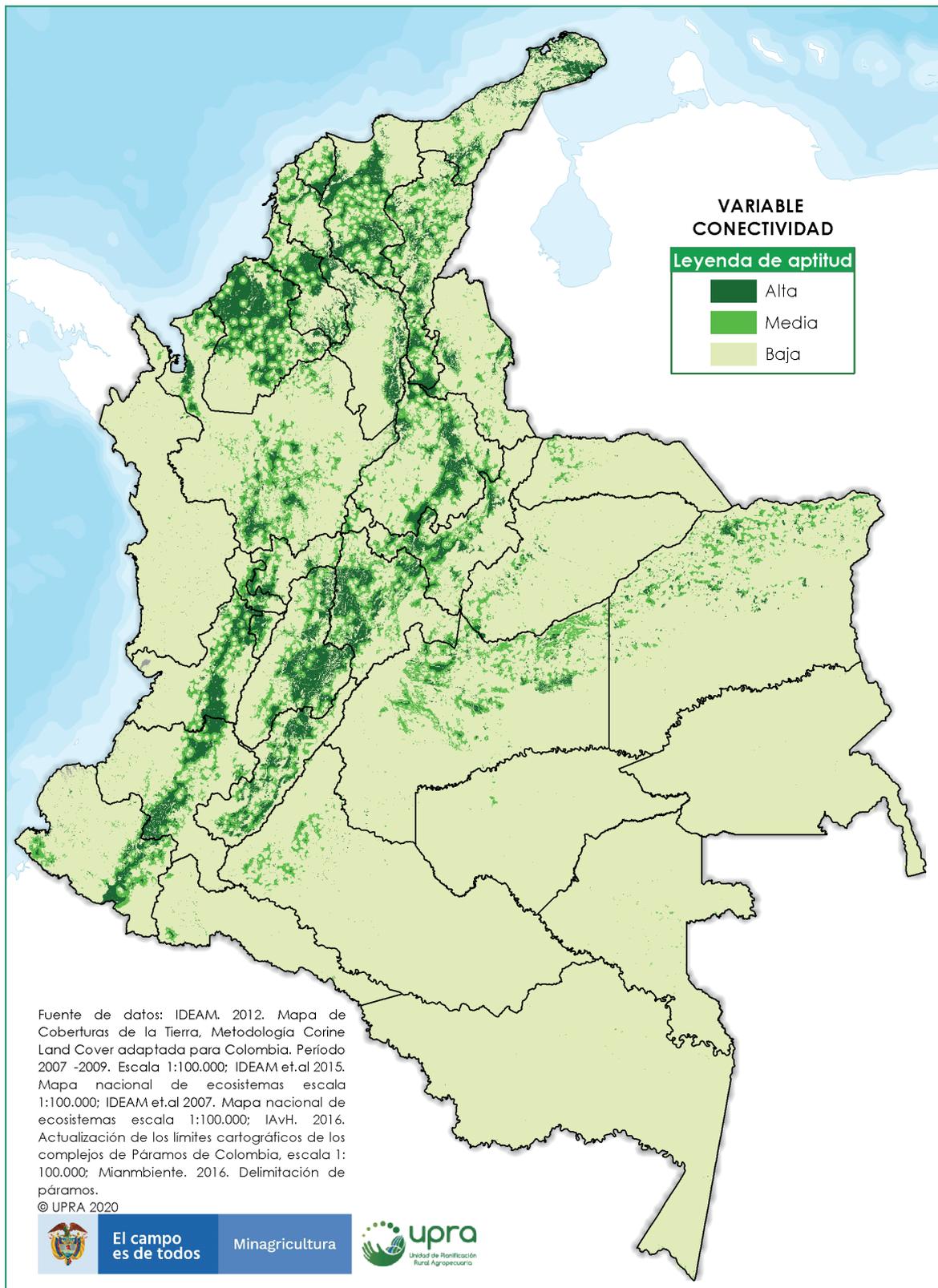
Unidad de análisis

Polígonos de conectividad (distancias euclidianas)



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2015). Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000. Bogotá: IAVH.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam, 72 pp.
- __. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IAVH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá: IAVH y ANH.

2.2.2. Variable índice de naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)		Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: Índice de Naturalidad (Inat) por subzona hidrográfica		UNIDAD DE MEDIDA: proporción de área de la subzona hidrográfica (%)
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Cualidad de un ecosistema o de alguna parte del mismo que da a conocer su grado de independencia 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.

La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis² están determinadas por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio. De esta forma, en cada subzona hidrográfica (SZH) se calcula la superficie ocupada por todas las coberturas asociadas 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, entre más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de cultivos, por cuanto las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de procesos naturales. Entre tanto, en las áreas con menor naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento del cultivo, por cuanto no interrumpe los procesos naturales e incluso potenciaría la

prestación de algún servicio ecosistémico, en comparación con la cobertura existente.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental de la unidad geográfica de análisis (subzona hidrográfica), mediante la cantidad de espacios disponibles para el funcionamiento natural que sostiene los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Esta variable no genera exclusión (N1). Se identificó un rango de variación porcentual respecto al área de la subzona hidrográfica, y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La capa base oficial de “Coberturas de la tierra 2009”, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010a), presenta cierta desactualización, en función de los cambios que se hayan producido en los últimos años.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para este estudio se relaciona el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos), según la clasificación de Corine Land Cover, a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2010). 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, 2010), en relación con la unidad geográfica de análisis.

$$I_{nat} = \frac{\text{superficie de coberturas naturales}}{\text{tamaño de subzona hidrográfica}}$$

Se establecen los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003), y se reclasifican en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento del cultivo comercial de arroz secano mecanizado:

Calificación de aptitud por I_{nat}

Aptitud	Descripción	Rango (%)
Alta (A1)	% I_{nat} muy baja (vital)	0-5
	% I_{nat} baja (estratégica)	5-30
	% I_{nat} moderada	30-50
Media (A2)	% I_{nat} alta	50-75
Baja (A3)	% I_{nat} muy alta (protección)	75-100

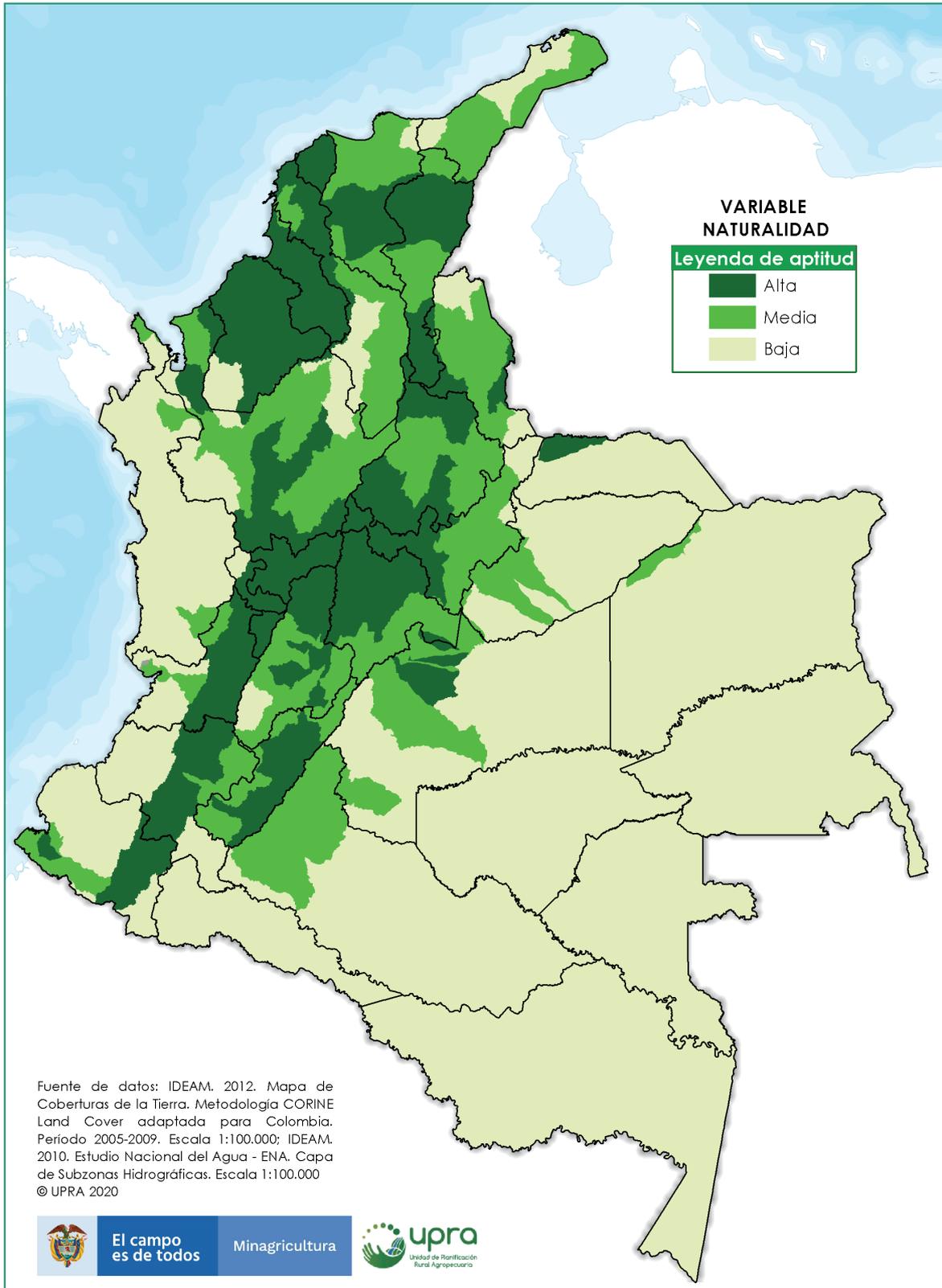
Adaptado a partir de Márquez (2003).

Unidad de análisis

Polígonos de las subzonas hidrográficas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). *Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam. 72 p.
- __. (2010). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. Bogotá: IAVH.
- Márquez, G. (2003). *Ecosistemas estratégicos*. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: <<http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>>

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

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: Áreas de Concentración de Especies Sensibles (ACES)		UNIDAD DE MEDIDA: adimensional [ln (spp./km ²)]
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

La variable establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles, a través 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).

La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) es reducida y, con ello, el potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen en el territorio nacional áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con al-

tos 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).

De esta forma, cuanto mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz, 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 arroz seco mecanizado es mayor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Permite identificar áreas en donde el establecimiento del cultivo comercial de arroz seco mecanizado puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

La variable no genera exclusiones (N1); el enfoque radica en la continuidad que debe prevalecer en el territorio, en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas y control biológico de plagas, entre otros), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos 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 (APC)	Áreas de importancia para la conservación de aves (ACES)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	Aptitud
A1	A1	A1	A1
A1	A1	A2	A2
A1	A1	A3	A3
A1	A2	A1	A2
A1	A2	A2	A2
A1	A2	A3	A3
A1	A3	A1	A3
A1	A3	A2	A3

Áreas prioritarias para la conservación (APC)	Áreas de importancia para la conservación de aves (ACES)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	Aptitud
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 en Colombia 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.

Ser parte del supuesto que en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, y se destacaron algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por tanto, la variable presume una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en realidad a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- **Áreas prioritarias de conservación (APC):**

En el estudio, la variable se mide a través de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se toma de base la información generada por el IAVH y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013, en el portafolio de áreas prioritarias de conservación (APC), escala 1:100.000.

Para incorporar esta información, se 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 a nivel de especies o ecosistemas, respectivamente. Cuanto mayor fuera el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas en relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio con la actividad del cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

Para este análisis se asigna a cada polígono de APC (tamaño medido en km²) el valor identificado en el estudio del número de especies sensibles objeto de protección, para obtener un valor de densidad o concentración de especies.

Para aquellos polígonos sin información, se asume el mínimo valor registrado bajo la premisa que existe por lo menos una especie sensible o endémica.

Los rangos de aptitud para APC fueron los siguientes:

Aptitud	Rango ln (D)	Descripción
Alta (A1)	-10,02	Áreas sin identificación de APC
Media (A2)	-10,02 a -5,72	APC muy baja de especies sensibles
	-5,71 a -2,77	APC baja de especies sensibles
Baja (A3)	-2,76 a -1,42	APC moderada de especies sensibles
	-1,42 a -0,06	APC alta de especies sensibles
	-0,05 a 6,42	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 IAVH, el cual 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, así: se eliminan de la base de datos de especies, las AICA que sin polígono en el shape entregado; se organiza la información por AICA y se eliminan duplicados de la información en cuanto a especies. Posteriormente, se obtiene por cada AICA, el número de especies por cada categoría de amenaza a nivel nacional, al igual que endemismos, distribución restringida y congregación de aves.

Para cada AICA se 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 en km². Finalmente, se calcula el logaritmo natural de la densidad obtenida y de allí se determinan los rangos para su reclasificación, así:

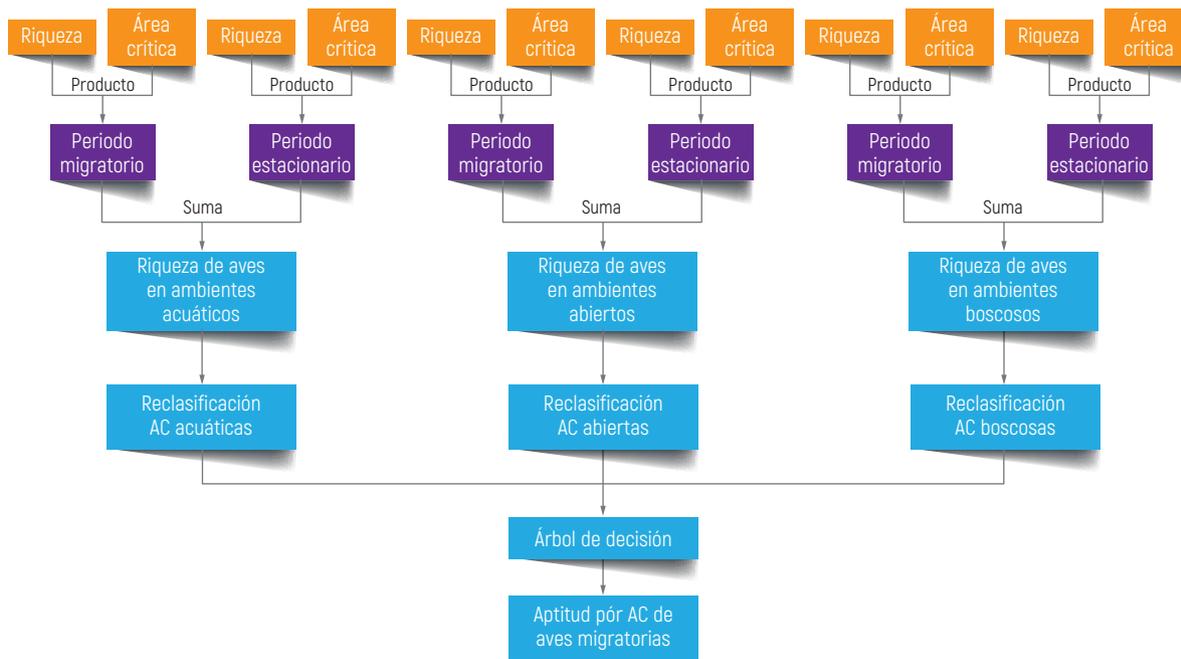
Aptitud	Rango ln (D)	Descripción
Alta (A1)	< -8,085	Áreas sin identificación de AICA
Media (A2)	-8,085 a -6,137	AICA muy baja de especies sensibles
	-6,137 a -4,189	AICA baja de especies sensibles
Baja (A3)	-4,189 a -2,241	AICA moderada de especies sensibles
	-2,241 a -0,293	AICA alta de especies sensibles
	-0,293 a 1,67	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 contiene 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 a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque:

Manejo de información espacial de áreas críticas para especies de aves migratorias para escala 1:100.000



Fuente: SELVA (2012).

De esta forma, la primera acción corresponde en combinar las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque en período migratorio. Se combinan las capas de las áreas críticas y riqueza potencial de aves en hábitats acuáticos, abiertos y de bosque en periodo estacionario.

Posteriormente, para el grupo de aves de cada tipo de ambiente, se suman las capas correspondientes a ambos períodos (estacionario y migratorio) con el fin de tener una visión completa respecto a la importancia de los diferentes tipos de hábitats a lo largo de todo el proceso migratorio. De esta forma, entre estas dos capas generadas (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 a cada tipo de ambiente, se reclasifica la tabla resultante de los tres pasos anteriores, asignando mayor valor de importancia a aquellos lugares que representan hábitat críticos a lo largo de todo el ciclo de migración, como se muestra en la siguiente tabla:

Reclasificación de aptitud para el cultivo de arroz de acuerdo con la importancia del hábitat para aves asociadas a diferentes tipos de ambientes

Importancia de las áreas críticas			Aptitud
Bosque	Abiertos	Acuáticos	
Alta	Alta	Alta	A3
Alta	Alta	Moderada	A3
Alta	Alta	No aplica	A3
Alta	Moderada	Alta	A2
Alta	Moderada	Moderada	A2
Alta	Moderada	No aplica	A3
Alta	No aplica	Alta	A2
Alta	No aplica	Moderada	A2
Alta	No aplica	No aplica	A3
Moderada	Alta	Alta	A1
Moderada	Alta	Moderada	A2
Moderada	Alta	No aplica	A3
Moderada	Moderada	Alta	A2
Moderada	Moderada	Moderada	A2
Moderada	Moderada	No aplica	A2
Moderada	No aplica	Alta	A1
Moderada	No aplica	Moderada	A2
Moderada	No aplica	No aplica	A3
No aplica	Alta	Alta	A1
No aplica	Alta	Moderada	A2
No aplica	Alta	No aplica	A3
No aplica	Moderada	Alta	A2
No aplica	Moderada	Moderada	A2
No aplica	Moderada	No aplica	A3
No aplica	No aplica	Alta	A1
No aplica	No aplica	Moderada	A2
No aplica	No aplica	No aplica	A1

Para integrar toda la información de la CECN relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se combinan las capas resultantes; se realiza una reclasificación mediante un árbol de decisión, en el cual se adopta el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

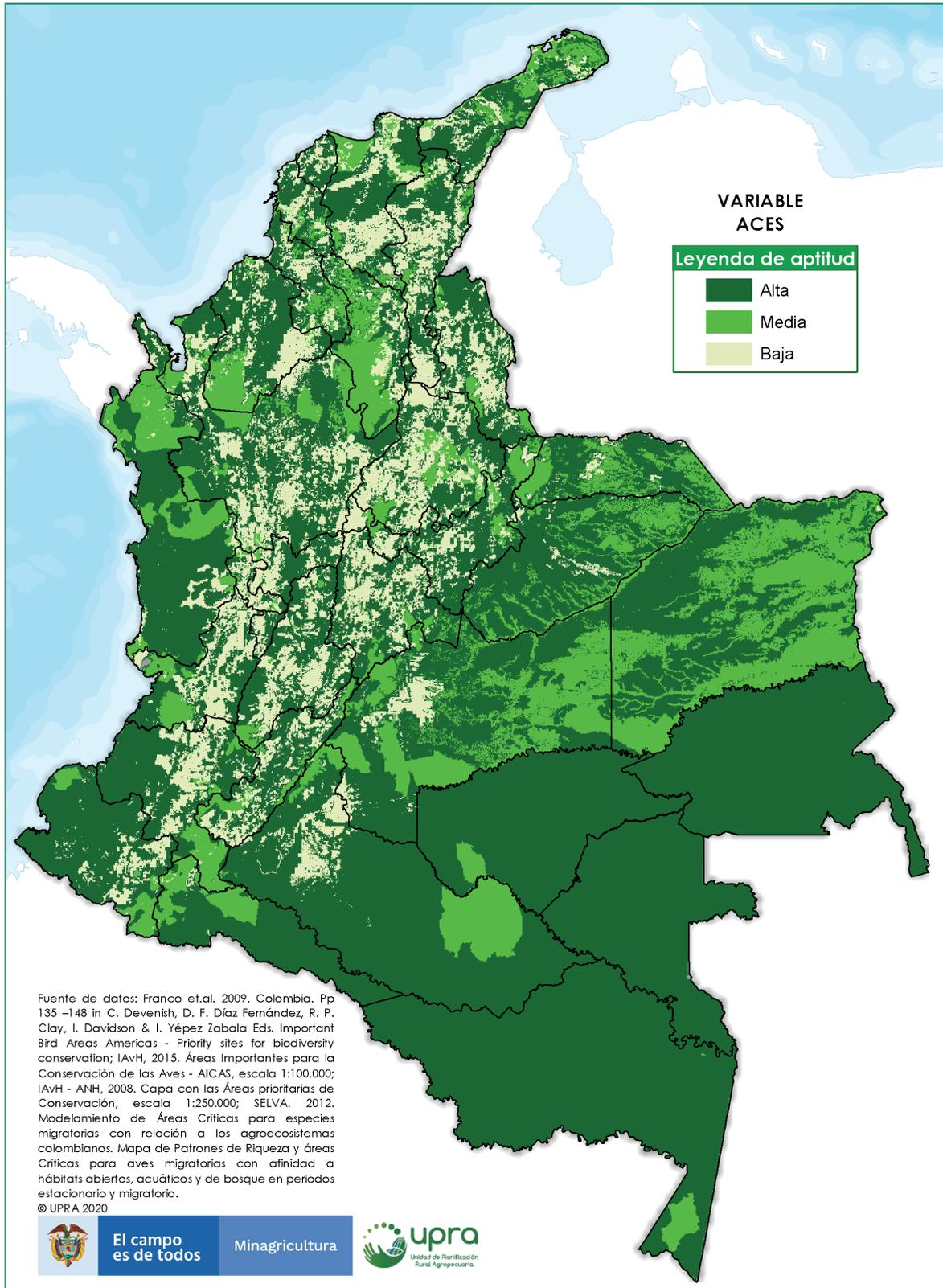
Árbol de decisión para integración de la información de concentración de especies sensibles

Áreas prioritarias para la conservación (APC)	Áreas de importancia para la conservación de aves (AICA)	Áreas críticas (AC) para especies migratorias en paisajes agropecuarios	Aptitud
A1	A1	A1	A1
A1	A1	A2	A2
A1	A1	A3	A3
A1	A2	A1	A2
A1	A2	A2	A2
A1	A2	A3	A3
A1	A3	A1	A3
A1	A3	A2	A3
A1	A3	A3	A3
A2	A1	A1	A2
A2	A1	A2	A2
A2	A1	A3	A3
A2	A2	A1	A2
A2	A2	A2	A2
A2	A2	A3	A3
A2	A3	A1	A3
A2	A3	A2	A3
A2	A3	A3	A3
A3	A1	A1	A3
A3	A1	A2	A3
A3	A1	A3	A3
A3	A2	A1	A3
A3	A2	A2	A3
A3	A2	A3	A3
A3	A3	A1	A3
A3	A3	A2	A3
A3	A3	A3	A3

Unidad de análisis

Polígonos identificados como de especial importancia para la conservación de la vida silvestre, tanto en el portafolio de áreas prioritarias, como en las áreas de importancia para la conservación de aves

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Franco, A.; Devenish, C.; Barrero, M.; Romero, M. (2009). «Colombia». En: C. Devenish, D.; Díaz Fernández, R.; Clay, I. Davidson e I. Yépez (Eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series num. 16). p. 135-148.
- IAVH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá: IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000. Bogotá: IAVH.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- SELVA. (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». *Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio*. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre SELVA y UPRA. Bogotá. 165 p.

2.3. CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO: apropiación de agua		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como materia prima para el sustento del cultivo y en la producción del cultivo comercial de arroz secano mecanizado. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego) y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento (espiga) o por vía evapotranspiración desde el cultivo.

Este requerimiento de agua, es suplido en la unidad geográfica de análisis, dependiendo de su oferta hídrica, en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia; luego, desde el agua de drenaje superficial, incluso desde el aporte desde fuentes subterráneas y, en casos excepcionales, a partir de transvases desde cuencas circun-

dantes. Así, a mayor demanda de la especie, mayor cantidad de elementos involucrados para el suministro y mayor competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis.

Este abastecimiento supe diferentes aspectos, como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción, hasta concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país.

Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (el cultivo de arroz por desarrollar) y la situación de un consumo real en cada subzona hidrográfica dada por las coberturas y usos establecidos, se plantea la disyuntiva acerca de la sostenibilidad hídrica del nuevo cultivo, bien por competencia frente a las demás coberturas y usos, o bien por riesgo en el abastecimiento para el cultivo.

De acuerdo con WWF (2012), la apropiación de agua para el cultivo de arroz es mayor que la de otros cultivos de importancia en el país, en la que se destaca el alto consumo del agua contenida en el suelo y la lluvia (HH verde) y de agua para riego (HH azul).

Apropiación de agua para algunos cultivos de interés comercial prioritarios en el proyecto de zonificación de aptitud

Código FAO	Cultivo	HH VERDE (Mm3/año)	HH AZUL (Mm3/año)	HH GRIS (Mm3/año)	Total (Mm3/año)
27	Arroz	3212,44	1136,00	400,08	4748,52
56	Arroz	4359,97	311,31	236,92	4908,02
116	Papa	1089,94	57,27	150,94	1298,15
254	Palma africana	2803,22	338,37	32,71	3174,30
661	Cacao	1206,65	8,63	45,24	1260,52
836	Caucho	34,27	0,01	-	34,28

Fuente: WWF (2012).

Lo más importante de estos datos no es su valor absoluto, sino la relación de sostenibilidad que representa dicho valor en el contexto de capacidad hídrica de cada unidad de análisis.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Representa el uso de agua para los procesos fisiológicos del cultivo en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea, que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos.

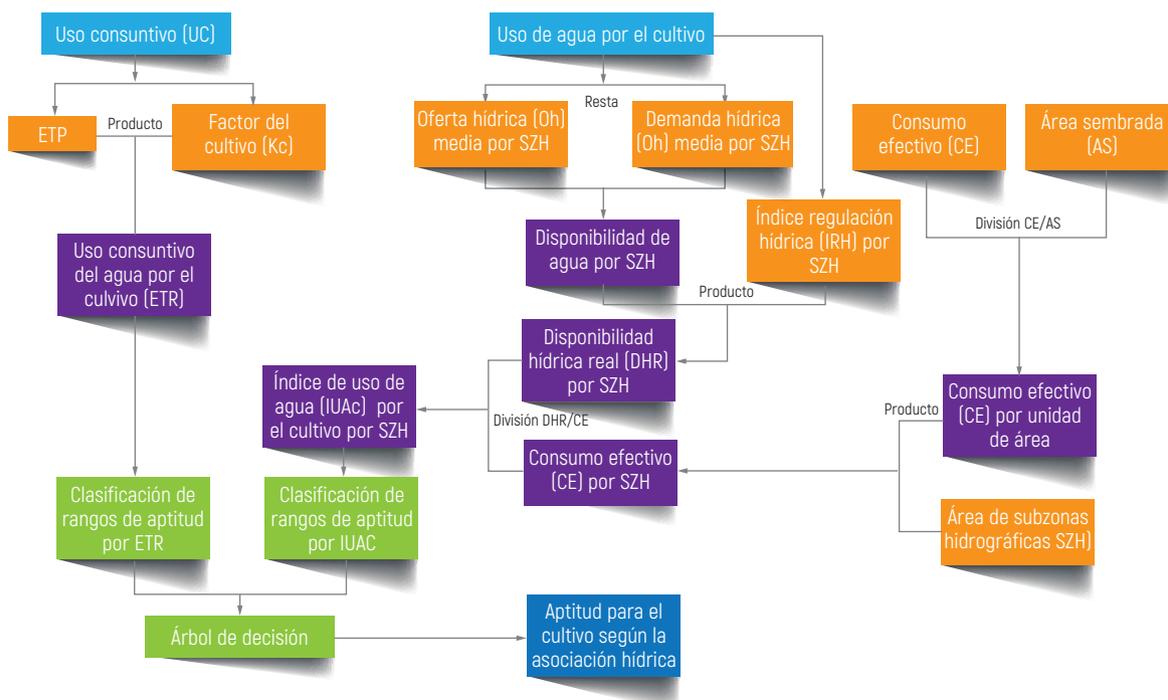
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Para el procesamiento del componente de Índice de uso de agua por el cultivo, se recurre al registro de área sembrada para la estimación del consumo efectivo por unidad de área, lo cual depende de la confiabilidad de los datos de censos arroceros.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para el procesamiento de la variable se sigue la metodología para el cálculo de apropiación de agua que contempla el uso consuntivo y el uso de agua por el cultivo, así:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua para el cultivo de arroz



Uso consuntivo: Para el cálculo del uso consuntivo, se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP) generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el índice calórico (I), de acuerdo con el método de Thornthwaite, adoptado por la UPRA.

De acuerdo con esto:

$$ETP = 0,53 \left(\frac{10T}{I} \right)^\alpha$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar (mm).

T = temperatura media (°C).

I = índice calórico anual.

$$I = 12 \left(\frac{T_{\text{anual}}}{5} \right) \times 1,514$$

$$\alpha = (675 \times 10^{-9}) I^3 - (771 \times 10^{-7}) I^2 + (179 \times 10^{-4}) I + 0,492$$

Posteriormente, se calcula la evapotranspiración real del cultivo (ETR), que representa el uso de agua para los procesos fisiológicos del cultivo en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos.

Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (Kc), de la siguiente forma:

$$ETR = Kc \times ETP$$

Para este cálculo, se emplean los factores de consumo de agua (Kc) del cultivo reportados en el “Estudio nacional del agua” (González *et al.*, 2010 y CTA *et al.*, 2015).

Factor de consumo de agua del cultivo (Kc)

Cultivo	Kc	Fuente
Arroz	0,95	González <i>et al.</i> (2010)
Arroz	0,5	González <i>et al.</i> (2010)
Papa	0,9	CTA <i>et al.</i> (2015)
Palma africana	1,075	González <i>et al.</i> (2010)
Cacao	1,038	González <i>et al.</i> (2010)
Caucho	1,0	CTA <i>et al.</i> (2015)

El dato generado requiere una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática) a m³ de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas). Así, para el cultivo comercial de arroz secano mecanizado se tiene que:

$$ETR = ETP \times (0,95) \times 10$$

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 arroz

Aptitud	Descripción	Rango ETR Mm ³ /ha/año
Alta (A1)	Uso consuntivo menor	< 9500
Media (A2)	Uso consuntivo moderado	≥ 9500 - ≤ 13.300
Baja (A3)	Uso consuntivo alto y uso consuntivo muy alto	> 13.300

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, 2010).

El procesamiento parte de identificar la disponibilidad hídrica (DH) actual de cada subzona hidrográfica, calculada como el valor de la diferencia entre la oferta hídrica media anual y la demanda hídrica media anual. Este valor representa la disponibilidad neta de agua, que se 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) del “Estudio nacional del agua”, con el cual se determina la disponibilidad hídrica real (DHR) actual de la SZH.

$$DHR = DH \times IRH$$

A continuación, a partir de la información sobre consumo efectivo del cultivo y el área sembrada (tomados de González *et al.*, 2010), así como del tamaño de cada subzona hidrográfica (Ideam, 2010), se establece el consumo efectivo del cultivo en cada subzona hidrográfica, así:

$$\text{Consumo efectivo}_{SZH} = CE_{ha} \times \text{área}_{SZH}$$

En la que:

$$CE_{ha} = CE/AS$$

$$CE_{Arroz} = 935,21 \text{ Mm}^3/199.771 \text{ ha}$$

(González *et al.*, 2010)

$$CE_{Arroz} = 0,00468141 \text{ Mm}^3/\text{ha} = 4681,41 \text{ m}^3/\text{ha}$$

De esta forma, se establece una relación entre el consumo efectivo del cultivo de arroz y la disponibilidad real de agua en cada subzona hidrográfica, que determina un índice de uso de agua por el cultivo de arroz (IUA_{Arroz}), 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.

$$IUA_{Arroz} = DHR_{SZH} / CE_{Arroz}$$

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, así: 0 es la mínima regulación y 1, la máxima regulación (Ideam, 2010).

La siguiente tabla muestra la aptitud por el índice de la subzona hidrográfica:

Aptitud por índice de uso de agua (IUA) del cultivo de arroz seco mecanizado

Aptitud	Descripción	Rango de IUAc
Alta (A1)	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con el consumo efectivo del arroz.	> 7,34
Media (A2)	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con el consumo efectivo del arroz.	$\leq 7,34 - \geq 3,409$
Baja (A3)	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 arroz.	< 3,409

Aptitud por apropiación de agua para el cultivo: el último paso consiste en establecer la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, para lo cual se establece un árbol de decisión entre la aptitud establecida por uso consuntivo y la aptitud establecida por índice de uso de agua por el cultivo, así:

Aptitud por uso consuntivo para el cultivo de arroz

Uso consuntivo	IUA _{Arroz}	Promedio	Aptitud total
A1 (5)	A1 (5)	5	A1
	A2 (3)	4	A1
	A3 (1)	3	A2
A2 (3)	A1 (5)	4	A1
	A2 (3)	3	A2
	A3 (1)	2	A3
A3 (1)	A1 (5)	3	A2
	A2 (3)	2	A2
	A3 (1)	1	A3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

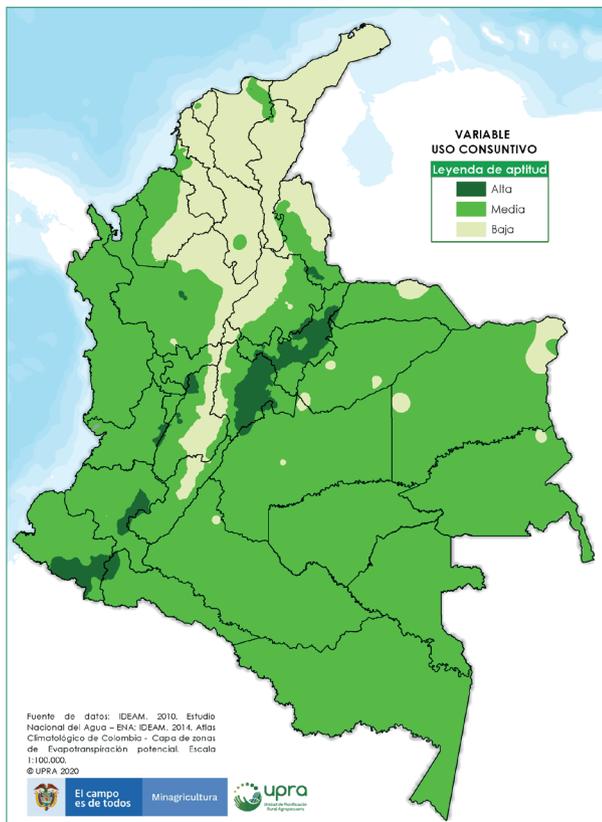
Se establece un valor que es correspondiente a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo. De tal manera, la aptitud varía entre un máximo de aptitud (aptitud alta) en aquellos lugares de $ETR \times SZH$ donde exista agua disponible como para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo. El valor mínimo de aptitud (aptitud baja) se establece en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico en las cuales el establecimiento del cultivo (máxime si es de consumo considerable, como el arroz) puede generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: uso consuntivo (ETR) e índice de uso de agua por el cultivo (IUA).

Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua para el cultivo de arroz seco

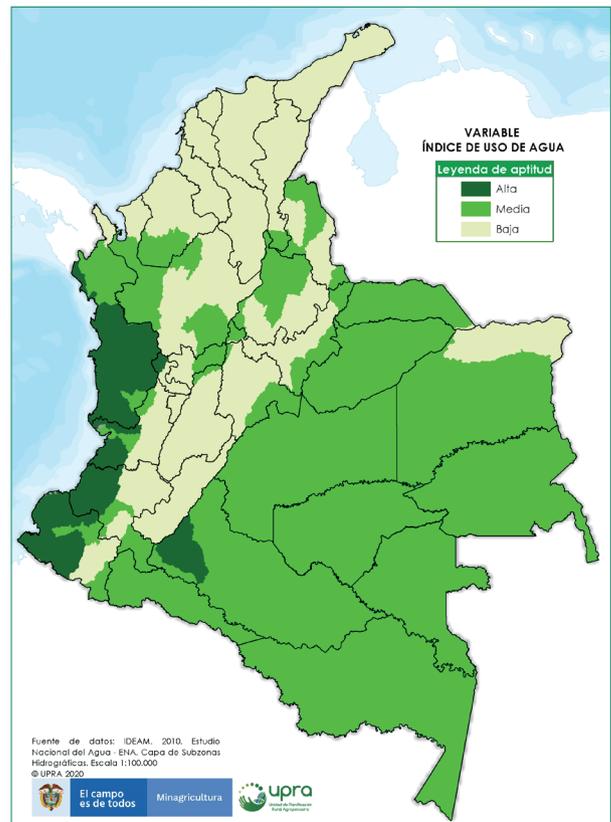
Aptitud	Descripción	Rango de variación
Alta (A1)	Lugares con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A1
		A1A2
		A2A1
Media (A2)	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
Baja (A3)	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

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



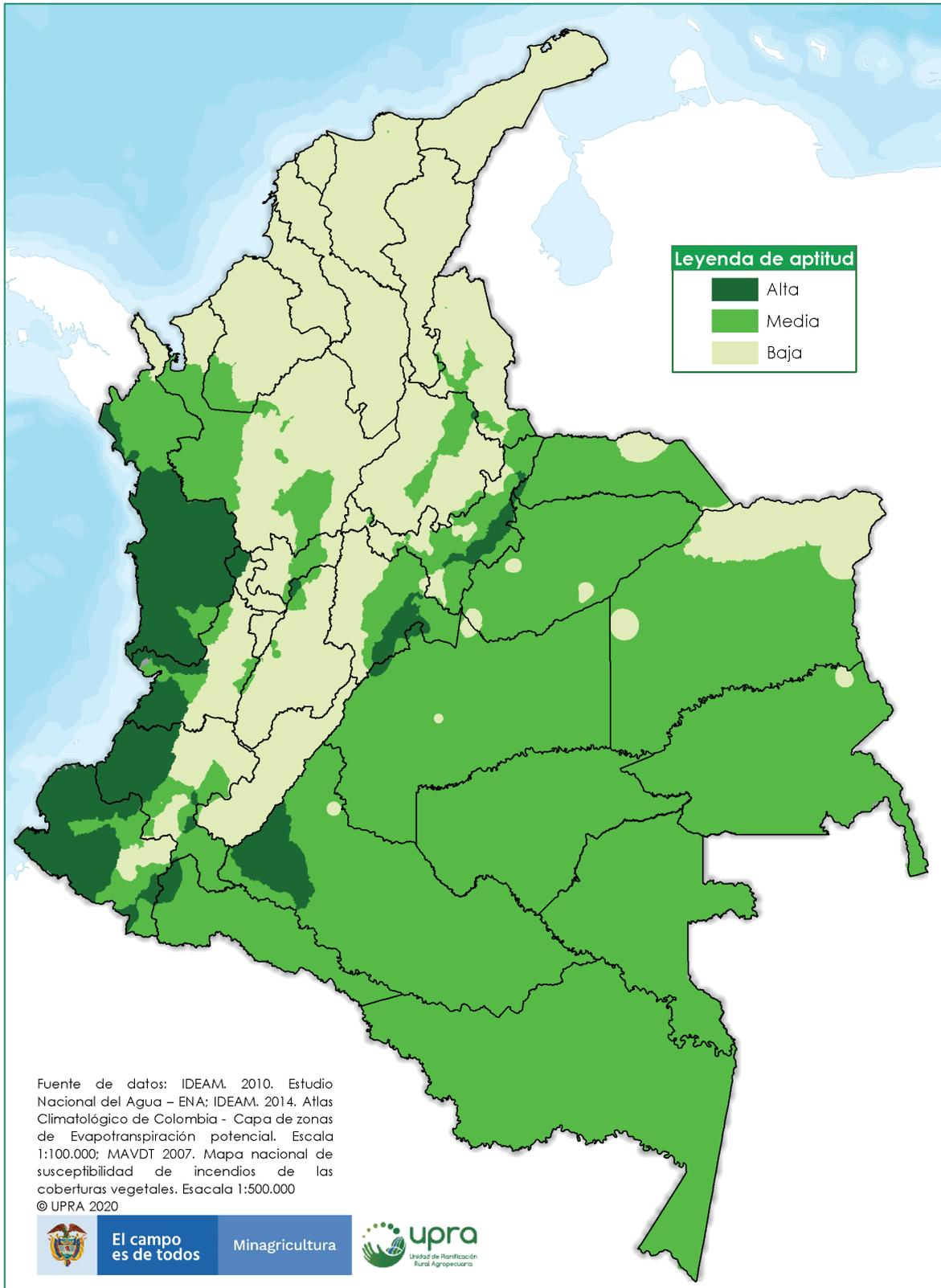
X

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



Para obtener el mapa resultante de aptitud por apropiación de agua para el cultivo de arroz.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- González, M.; Saldarriaga, G.; Jaramillo, Ó. (2010). *Estudio nacional del agua 2010. Cap. 5. Estimación de la demanda de agua: conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial*. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2010). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*.
- __. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- __. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia: resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio nacional del agua 2014*. Bogotá: Ideam.
- __. (2014). *Atlas climatológico de Colombia: capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica. Reporte Colombia 2012*. Recuperado de: <http://awsassets.panda.org/downloads/anexo_1_v2.pdf>.

2.4. CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO: variación del contenido estimado de carbono		
TIPO DE CRITERIO	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 arroz seco mecanizado.

Una de las funciones de los ecosistemas es la regulación del clima del planeta mediante el almacenamiento de carbono y la eliminación de los gases de efecto invernadero (GEI), como el CO₂ de la atmósfera, entre otros. Los ecosistemas contribuyen a la regulación de CO₂ de la

atmósfera a través 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 y Raupach, 2008; Capoor y Ambrosi, 2008).

Con base en lo anterior, uno de los ejes de atención corresponde a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono; de ahí la importancia de incorporar la variación del contenido estimado de carbono en los procesos de zonificación de aptitud para el establecimiento de cultivos comerciales de arroz.

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 de la requerida.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en el cálculo de carbono contenido en la biomasa vegetal aérea y subterránea, así como en el suelo, de acuerdo con la siguiente metodología.

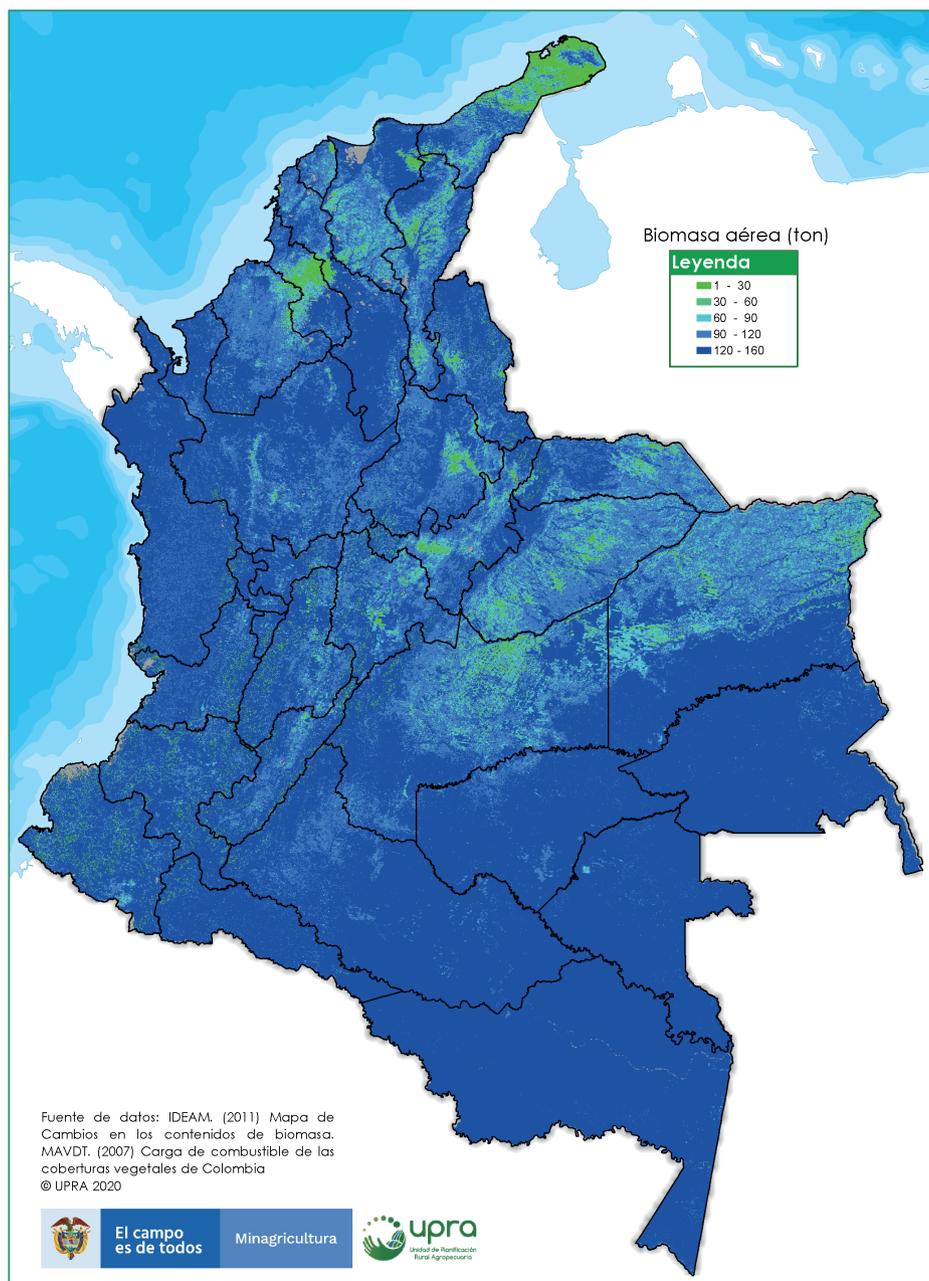
a. Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea

La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realiza a partir de la articulación entre la información contenida en el mapa «Carga de combustible (biomasa) de las coberturas vegetales de Colombia» del MAVDT (2007) y el mapa «Cambios en los contenidos de biomasa; carbono en bosques» del Ideam (Phillips et al., 2011).

El contenido de carbono se estima a partir de la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$C_{BA} = BA/2$$

Biomasa aérea

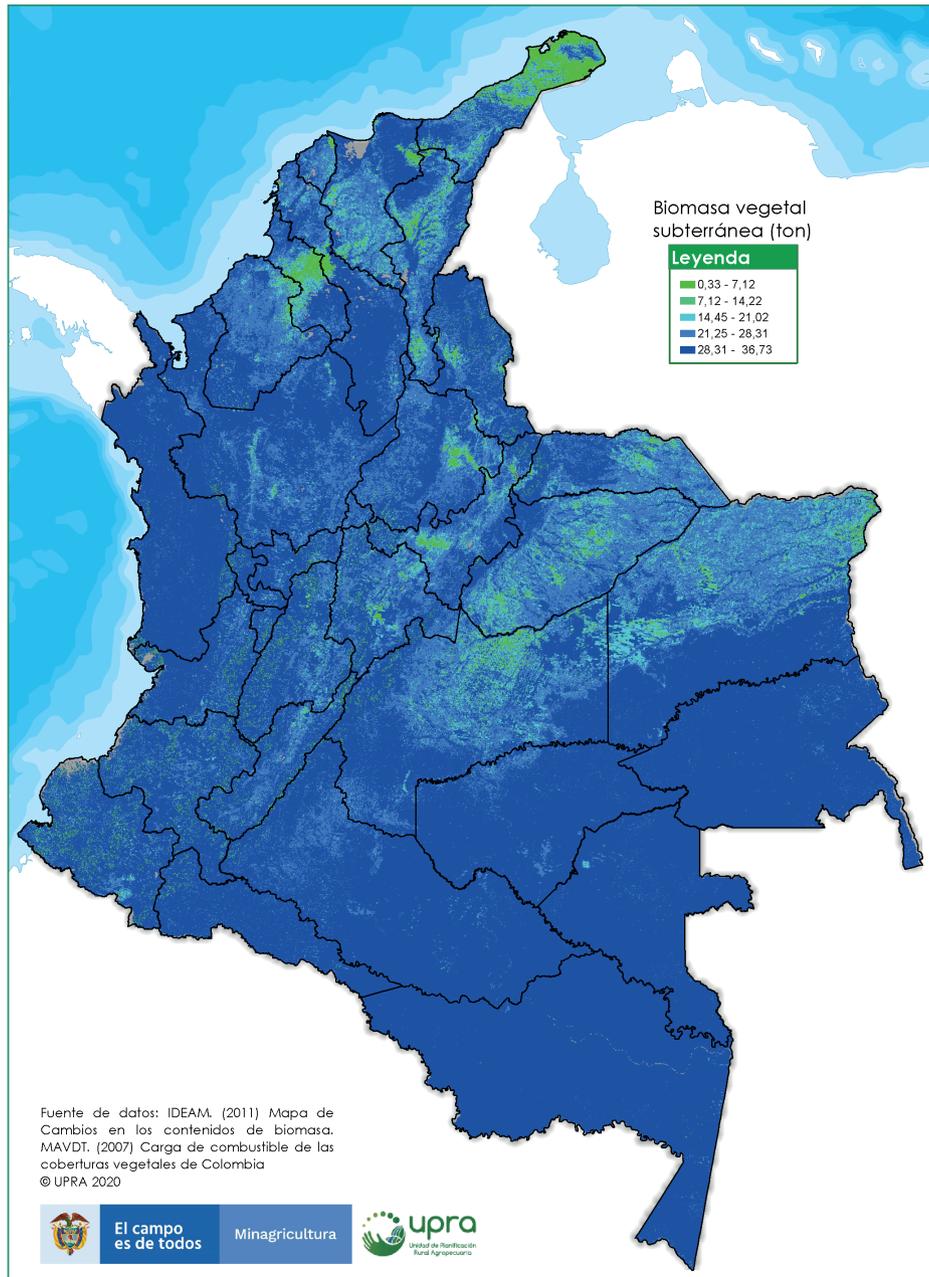


b. Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea

Por su parte, la estimación de la biomasa subterránea se efectúa de acuerdo con los fundamentos planteados por Cairns *et al.* (1997) y Brown (1992), según a la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa subterránea} = e^{(-1.085 + 0.925 \times \ln(BA))}$$

Biomasa subterránea



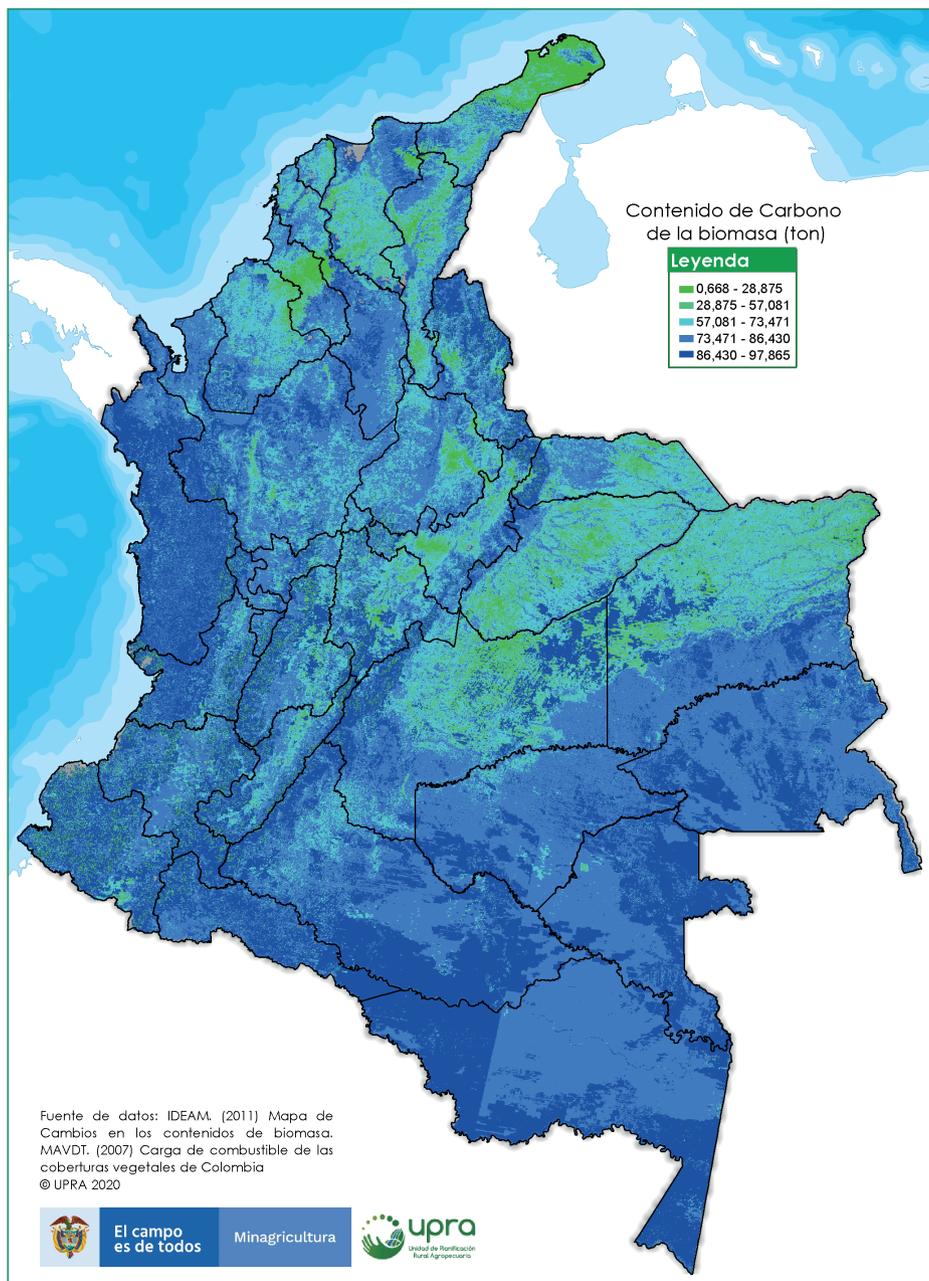
Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la fórmula:

$$C(\text{biomasa subterránea}) = \text{Biomasa subterránea} / 2$$

c. Contenido de carbono en la biomasa

Posteriormente, 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.

Carbono total en la biomasa



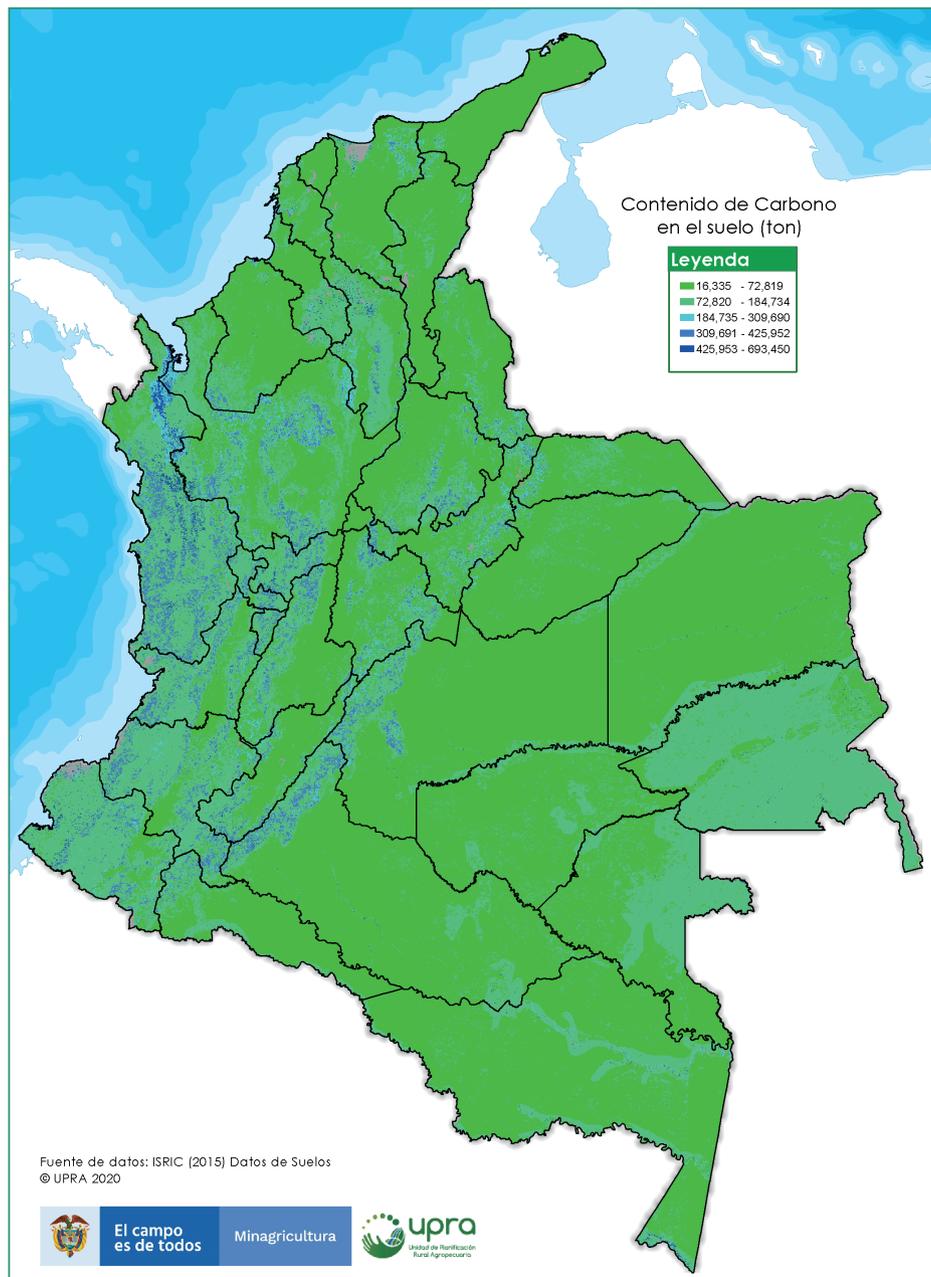
d. Contenido de carbono en el suelo

El contenido de carbono en el suelo se estima a partir de la información suministrada por ISRIC (2015), a partir de las capas de porcentaje de C orgánico (% C) en el suelo, la densidad aparente y el porcentaje de fragmentos de más de 2 mm, multiplicados por una profundidad de 30 cm.

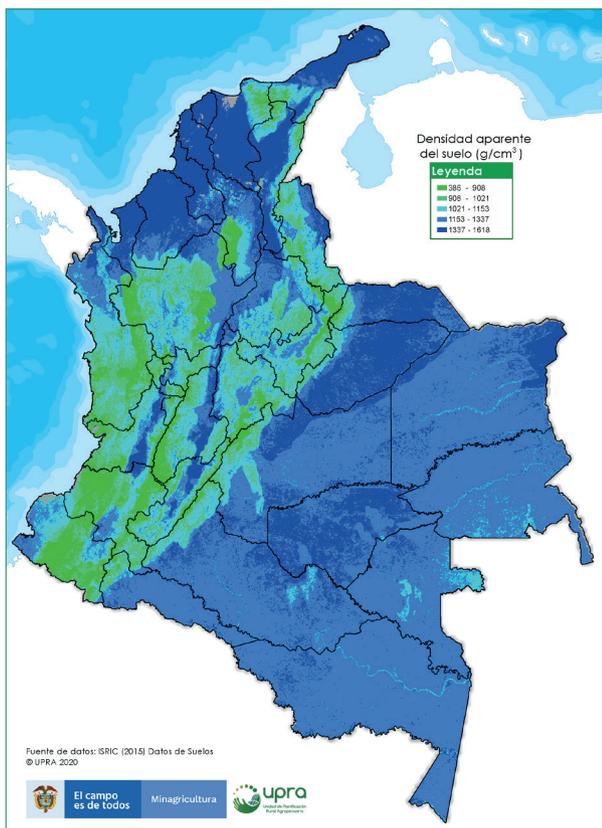
El mapa de carbono orgánico total en el suelo, se efectúa por álgebra de mapas mediante la aplicación de la ecuación propuesta por la FAO (Comisión Europea, 2013):

$$\text{Carbono orgánico en el suelo} = \% \text{ C orgánico} \times \text{densidad aparente} \times \text{profundidad (0,3 m)} \times (1 - \% \text{ fragmentos gruesos})$$

Porcentaje de carbono orgánico en el suelo



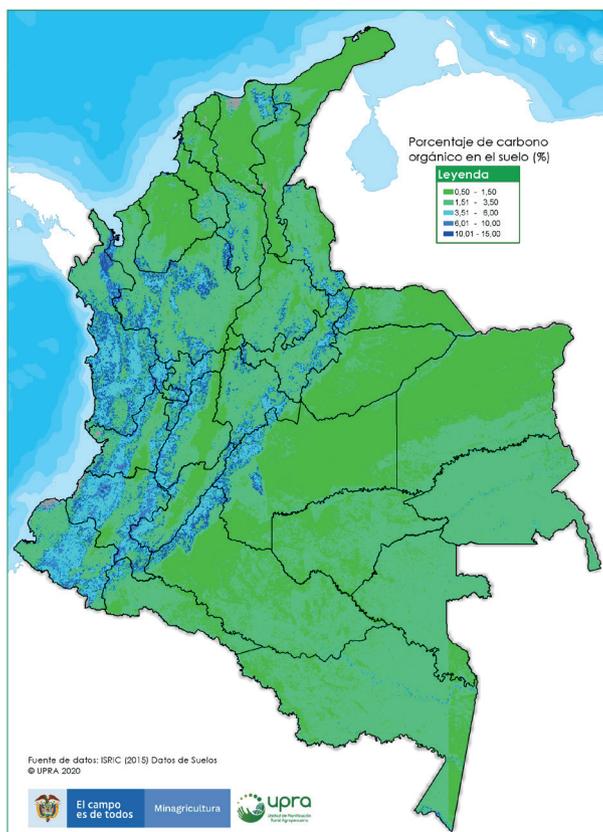
Porcentaje de fragmentos gruesos (> 2 mm) en el suelo



Contenido de carbono en el suelo (t/ha)



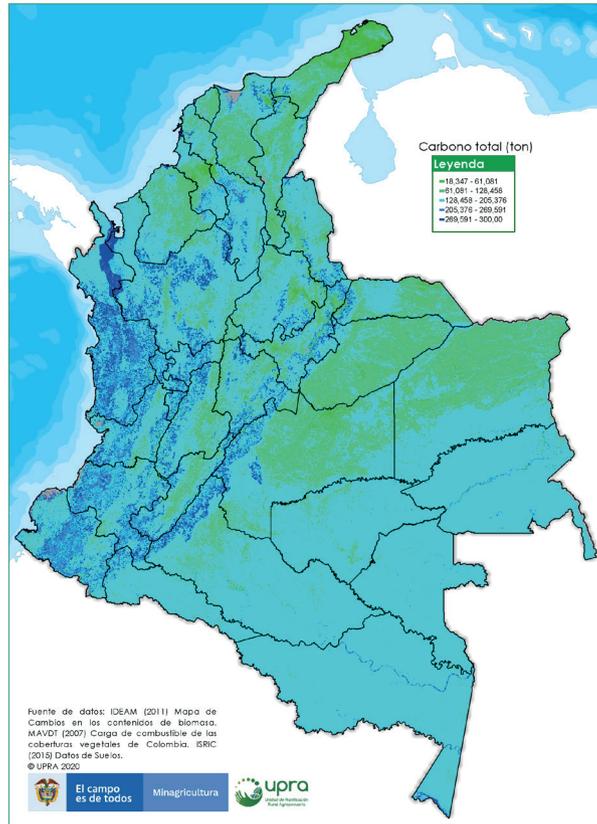
e. Contenido de carbono total



El mapa de carbono total se genera a partir de la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y subterránea y carbono orgánico en suelo.

Contenido de carbono orgánico total (t/ha)

f. Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono



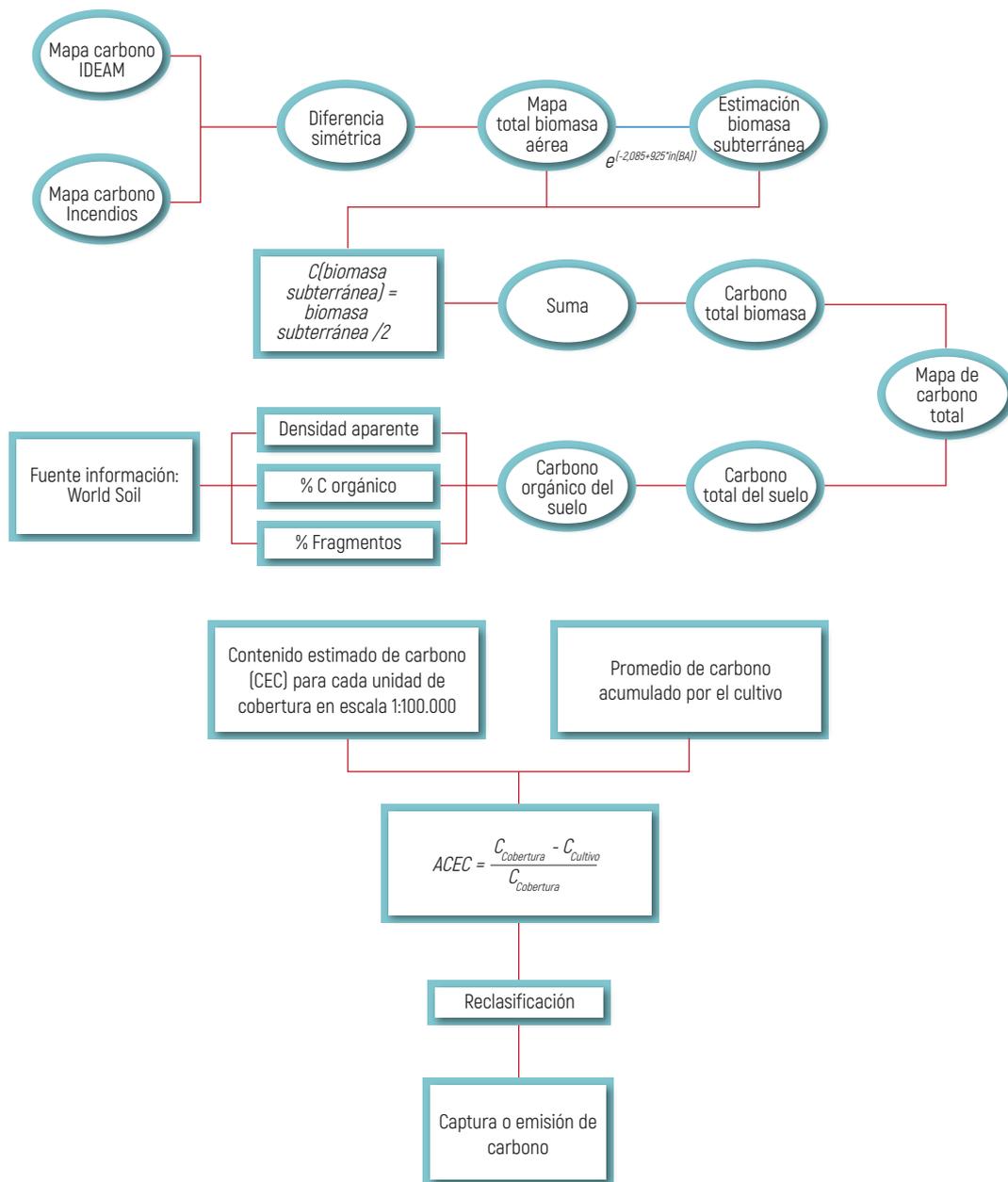
La calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono se lleva a cabo mediante la comparación entre el contenido estimado de carbono (CEC)³ para cada unidad de cobertura en escala 1:100.000, con el valor de referencia del contenido estimado de carbono en el cultivo comercial de arroz seco mecanizado, con el fin de obtener el mapa de la variación del contenido de carbono total frente al cultivo comercial de arroz seco mecanizado.

$$\Delta\text{CEC} = (\text{C cobertura} - \text{C cultivo de arroz}) / \text{C Total}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de un cultivo comercial de arroz seco mecanizado 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 cultivo comercial de arroz seco mecanizado, este represente una cantidad capturada semejante de carbono al de la cobertura actual, o como tercera opción, que el cul-

³ (valor del pixel o de la unidad de análisis espacial)

tivo comercial de arroz seco mecanizado fije una menor cantidad de carbono respecto a la cobertura actual, en cuyo caso constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura.



Los valores obtenidos en este mapa se reclasifican según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

Los valores de la diferencia en carbono total frente al cultivo menor de -20 % corresponden a la categoría de aptitud alta (A1), mientras que el rango entre 0 y -20 % corresponden a la categoría de aptitud media (A2) y los mayores a 0 %, se sitúa en la categoría de aptitud baja (A3).

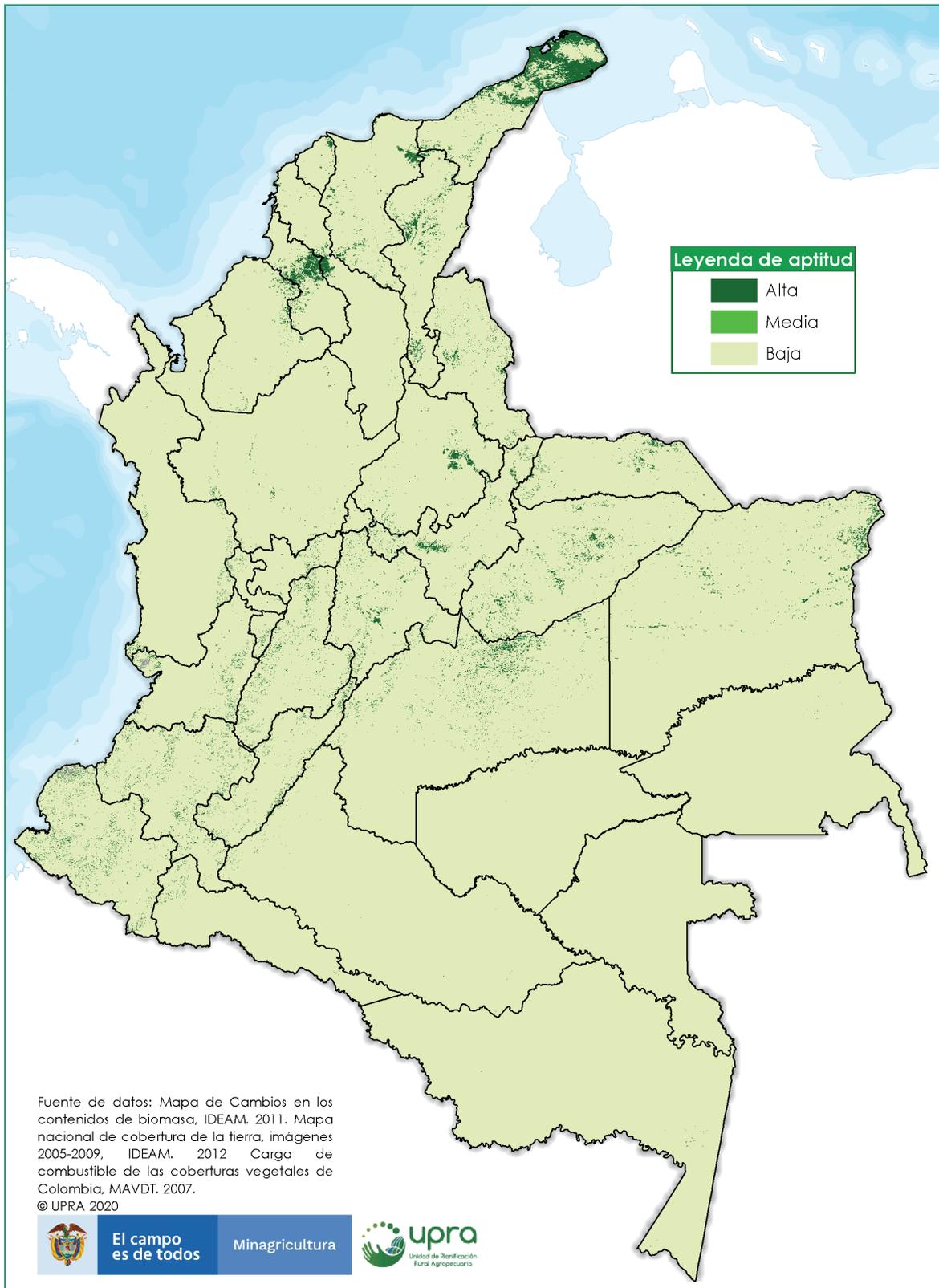
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la aptitud para el cultivo, desde el punto de vista de este criterio, se establece siguiendo los siguientes preceptos:

Aptitud	Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (%)
Alta (A1)	El cultivo se convierte en sumidero de carbono	< -20
Media (A2)	El cultivo es fuente de carbono	> 0 - ≤ -20
Baja (A3)	El cultivo es fuente de emisión de carbono alta	≥ 0

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Brown, S.; Lugo, A. (1992). «Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon». En: *Interciencia* 17:8-18.
- Cairns, M.; Brown, S.; Helmer, E. y Baumgardner, G. (1997). «Root biomass allocation in the world's upland forests». En: *Oecologia* 111:1-11. EUA: Springer -Verlag.
- Canadell, J.; Raupach, M. (2008). «Managing Forests for Climate Change Mitigation». En: *Science* 320:1456-1457.
- Capoor, K.; Ambrosi, P. (2008). *State and Trends of the Carbon Market 2008*. Washington, D.C.: World Bank Institute.
- Ideam. (2011). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000*.
- __. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Vol. 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Eggleston H.; L. Buendia; K. Miwa; T. Ngara y K. Tanabe (Eds). Japón: IGES. Recuperado de: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>>.
- ISRIC y World Soil Information. (2013). *SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping*. Disponible en: <<http://soilgrids1km.isric.org>>.
- ISRIC. (2015). *SoildGrids: datos de suelos*.
- MAVDT. (2007). *Carga de combustible de las coberturas vegetales de Colombia, escala 1:500.000*.
- Phillips J.; Duque, A.; Cabrera, K.; Yepes, A.; Navarrete, D.; García, M.; Álvarez, E.; Cabrera, E.; Cárdenas, D.; Galindo, G.; Ordóñez, M.; Rodríguez, M.; Vargas D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. Bogotá: Ideam. 32 p.
- Stern, N. 2007. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Inglaterra: Cambridge University Press.

2.5. CRITERIO AMENAZA POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO: amenaza por incendios de la cobertura vegetal		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, en donde se consideraron 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

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 arroz establecidas en una zona determinada.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Los incendios de la cobertura vegetal, son uno de los mayores peligros para cualquier tipo de cultivo, ya que estos eventos pueden llegar a afectar desde unos pocos individuos, hasta destruir un cultivo por completo, generando pérdidas económicas e impactos ambientales negativos en el suelo, la fauna y la flora cercana.

La amenaza total de incendios de la cobertura vegetal se debe entender como el peligro latente que representa la posible manifestación de este fenómeno; esta amenaza total se expresa como la probabilidad de que un evento de este tipo se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo determinado.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

El principal limitante identificado está relacionado con la escala del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, ya que la escala salida de dicho mapa es 1:500.000, lo cual generaliza la información analizada y, a su vez, resta exactitud en el análisis.

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 reclasificando las categorías del «*Mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal*». El criterio solo tiene tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

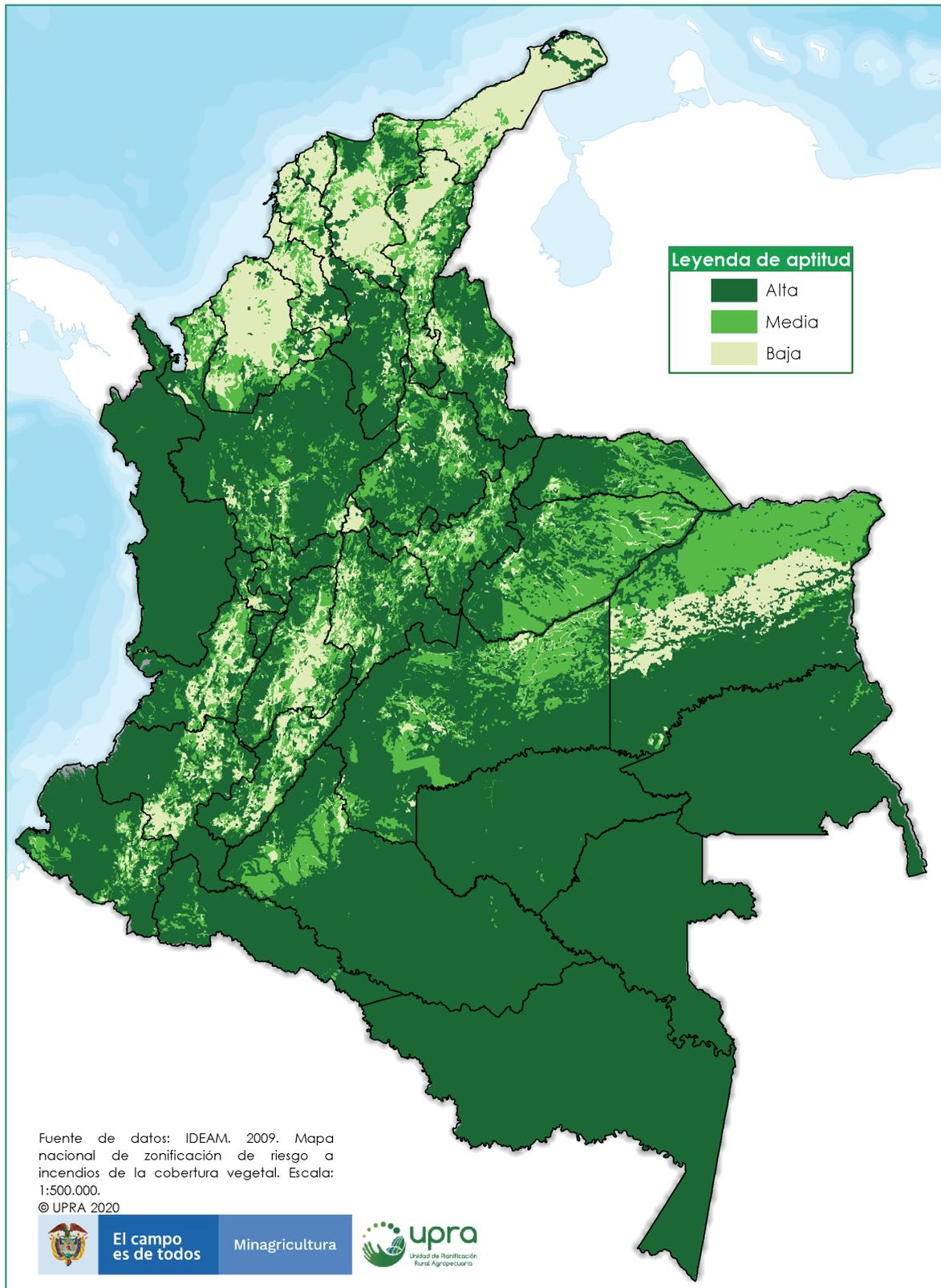
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud:

Aptitud	Categoría de amenaza	Descripción
Alta (A1)	Muy baja y baja	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal
Media (A2)	Moderada	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal
Baja (A3)	Alta y muy alta	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO AMENAZA POR INCENDIO DE LA COBERTURA VEGETAL



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2009). *Mapa nacional de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal, a partir de información temática e información complementaria y el aplicativo informático para automatizar las posteriores actualizaciones*. Bogotá: Ideam. 72 p.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3. FICHAS METODOLÓGICAS DEL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

3.1. CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Grado de importancia económica municipal, expresado como categoría de IEM con vigencia 2015 y asignado con base en el PIB municipal.
- Créditos otorgados, expresados como IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).
- Incentivo a la capitalización rural, expresado como IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (millones de pesos).

DEFINICIÓN

Medida que muestra las tendencias de asignación de recursos financieros e incentivos que contribuyen al apalancamiento del cultivo en un entorno que considera la generación de valor agregado en el municipio.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al entorno económico (comportamiento del apalancamiento financiero, incentivos y la generación de valor agregado) en un municipio, el cual hace parte de las consideraciones en la toma de decisiones para desarrollar las actividades productivas, entre las cuales se encuentra el cultivo de arroz.

Un desempeño económico más alto, mayores créditos y más incentivos a la cadena arroz en un municipio, son indicadores de que en ese municipio –en relación con el resto de los municipios de Colombia– el aparato productivo está mejor adecuado a los requerimientos de la actividad considerada arrocería y que la dinámica del apalancamiento financiero 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 arrocera permitiendo que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir recursos financieros tanto para actividades propias de la actividad arrocera (establecimiento, manejo y cosecha) como para la inversión en bienes de capital (a través de créditos e ICR).

Más recursos financieros de fuentes distintas al productor, invertidas en un entorno apropiado para las actividades productivas, mejoran la competitividad de los productores arroceros, ya que potencia sus recursos de inversión y mejora su rentabilidad.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Entre los limitantes encontramos el nivel de colocación de créditos y de ICR que en las fuentes de información se tiene la oficina donde fue generado el crédito, o ICR y no el punto donde fue utilizado.

A su vez, se conoce que los molinos otorgan créditos a los arroceros en una alta proporción y aquí por disponibilidad de información sólo se evalúa la colocación de créditos con recursos públicos, lo cual es también una limitante.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptos (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a partir de la sumatoria de las variables que lo componen. Las variables calificaron a los municipios según categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

Para la construcción del criterio se asignó la siguiente participación a las variables: grado de importancia económica municipal: 20 %, créditos otorgados: 40 % e incentivo a la capitalización rural (ICR): 40 %.

Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3), como se presentan en la siguiente tabla:

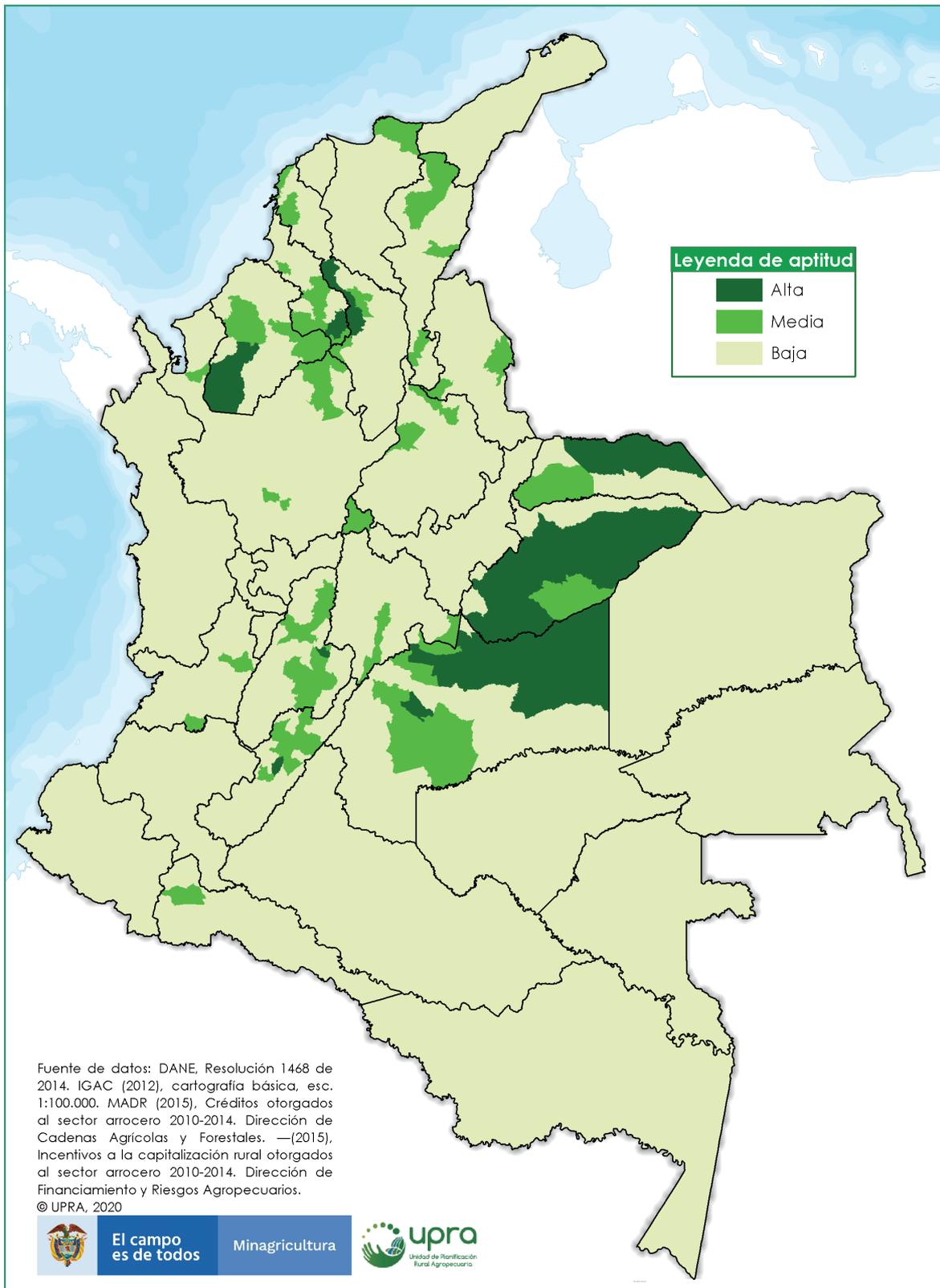
Criterio	Aptitud		
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Indicadores económicos	Municipios con sumatoria de aptitud $\geq 2,4$	Municipios con sumatoria de aptitud entre 1,7 y 2,3	Municipios con sumatoria de aptitud $\leq 1,6$

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Grado de importancia económica municipal	Categoría de IEM comprendida entre 1 y 7, con vigencia 2015 y asignado con base en el PIB municipal	1 y 2	3, 4 y 5	6 y 7
Créditos otorgados	IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio	$> 0,045356$	$\leq 0,045356$	Municipios sin historial de créditos al sector
	Pesos	Municipios $> 549,6$ millones	Municipios $\leq 549,6$ millones	
Incentivo a la capitalización rural (ICR)	IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio	$> 0,3027$	$\leq 0,3027$	Municipios sin historial de ICR al sector
	Pesos	Municipios $> 19,3$ millones	Municipios $\leq 19,3$ millones	

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2014). *Resolución 1468 de 2014*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2012). *Cartilla de política agropecuaria 2010-2014*. Bogotá: Minagricultura. Recuperado de <http://agronet.gov.co/www/htm3b/popup2uniNuke_2011_mobile.asp?cod=470>.
- _ (2015). *Créditos otorgados al sector arrocero (2010-2014)*. Bogotá: Minagricultura.
- _ (2015). *Incentivos a la capitalización rural otorgados al sector arrocero 2010-2014*. Bogotá: Minagricultura.

3.1.1. Variable grado de importancia económica municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: grado de importancia económica municipal		UNIDAD DE MEDIDA: Grado o categoría de importancia económica municipal con vigencia 2015 y asignado con base en el PIB municipal
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Peso relativo que representa el producto interno bruto de cada uno de los municipios dentro de su departamento. La expresión peso relativo corresponde a la distribución del valor agregado del departamento entre cada uno de sus distritos y municipios ubicados en su jurisdicción, a partir de una estructura obtenida con indicadores sectoriales directos e indirectos (DANE, 2014).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto al desempeño económico del municipio. Un mayor grado de importancia económica en un municipio, evidencia una mayor aptitud 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 arroz seco mecanizado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo a las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Grado o categoría de importancia económica municipal
Alta (A1)	1 y 2
Media (A2)	3, 4 y 5
Baja (A3)	6 y 7

El grado de importancia más alto (categoría 1) está en Bogotá D. C., con un valor agregado de \$ 148,93 billones para el año 2013.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. Grado de importancia económica municipal, Resolución 1468 del 18 de julio de 2014. La resolución toma como base de cálculo de información 2013.

2. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

No se identifican inconsistencias en la información.

3. Clasificación de los municipios por aptitud.

La aptitud se define agrupando las categorías de importancia municipal, así: municipios con categorías 1 y 2, corresponden a aptitud alta (A1), municipios con categorías 3, 4 y 5, corresponden a aptitud media (A2) y municipios con categorías 6 y 7 corresponden a aptitud baja (A3).

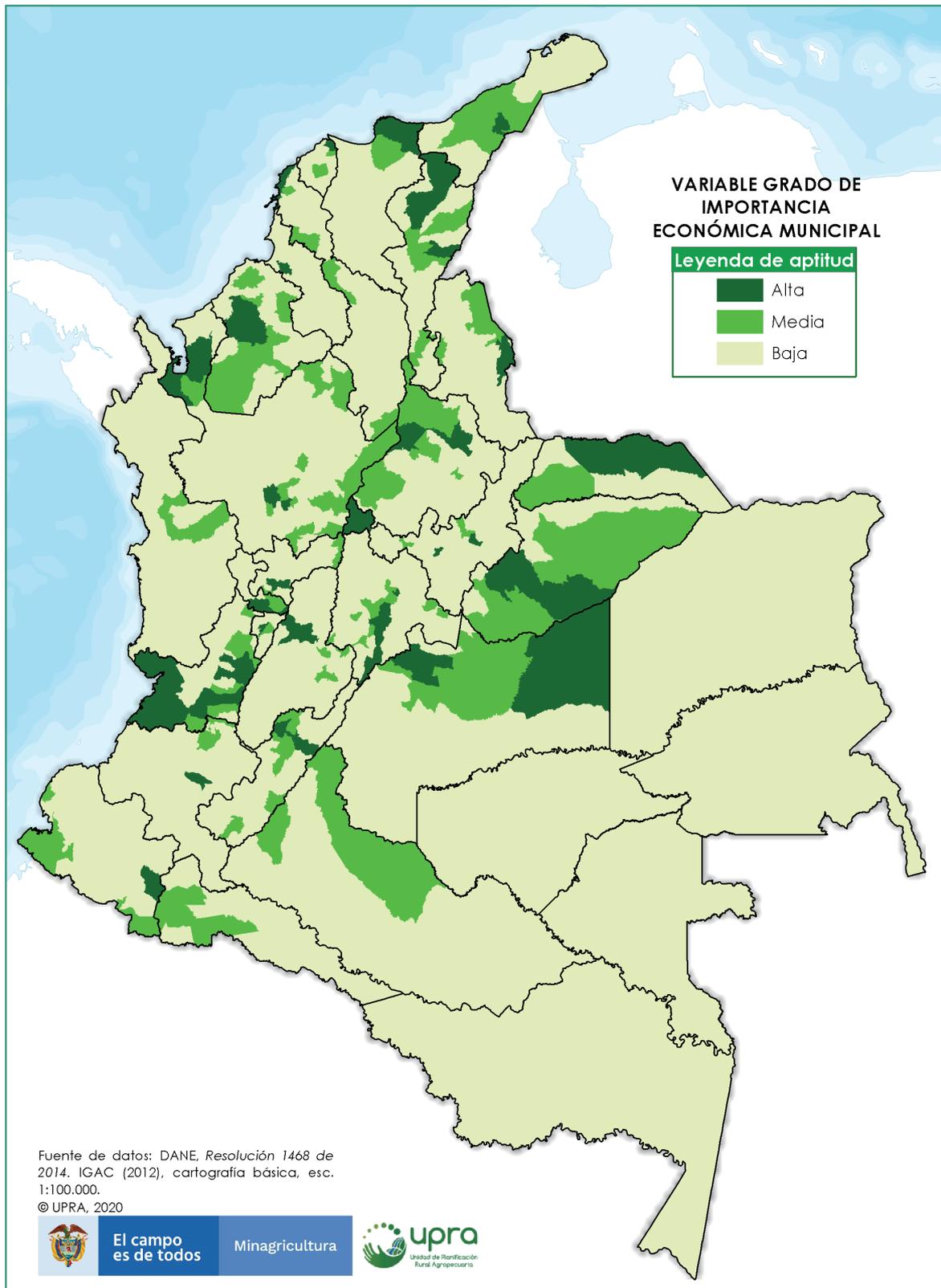
Unidad de análisis

Municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2014). *Resolución 1468 de 2014*. Bogotá: DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.1.2. Variable créditos otorgados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: variable: créditos otorgados		UNIDAD DE MEDIDA: IC, calculado como el valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Préstamos otorgados a personas naturales o jurídicas para desarrollar diferentes actividades, desde el proceso de producción y comercialización, hasta la transformación primaria de los bienes (Minagricultura, 2012).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite dimensionar el apalancamiento financiero del sector arrocero en el municipio, el cual es un factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Existe una relación directa entre los créditos otorgados y la aptitud del municipio. Municipios con mayor valor promedio anual de créditos otorgados reflejaron una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad arrocera, lo cual permite que los nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir apalancamiento financiero.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasifican de acuerdo a tres categorías de aptitud:

Aptitud	Índice de competitividad (IC) valor promedio anual 2010-2014 de los créditos otorgados a la cadena en el municipio (pesos colombianos)
Alta (A1)	$IC \geq 0,045$ > 549,6 millones
Media (A2)	$IC \geq 0$ e $IC \leq 0,045$ ≤ 549,6 millones
Baja (A3)	Municipios sin historial de créditos al sector

Durante los años 2010 a 2014, el promedio anual de los créditos otorgados al sector arrocero fue de \$584 millones. Las cifras de créditos otorgados en este periodo de análisis oscilaron entre \$0,4 millones y \$12.108 millones promedio por municipio. Los departamentos de Tolima, Meta, Casanare, Norte de Santander, Huila, Sucre, Cesar, Bolívar, Córdoba, Arauca, Valle del Cauca, Cundinamarca y Magdalena, agrupan los municipios que tienen los mayores promedios.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Entre los limitantes encontramos el nivel de colocación de créditos que en las fuentes de información disponible se tiene la oficina donde fue generado el crédito y no el sitio donde fue utilizado.

A su vez, se conoce que los molinos otorgan créditos a los arroceros en una alta proporción y aquí por disponibilidad de información sólo se evalúa la colocación de créditos con recursos públicos, lo cual es también una limitante.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Minagricultura. Créditos otorgados al sector arrocero, 2010-2014.

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden al valor total anual, en millones de pesos, para todos aquellos municipios que reportan información en el período de análisis.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula el promedio anual del valor de los créditos otorgados en millones de pesos para los años 2010 a 2014, con base en los datos reportados por la fuente.

4. Cálculo del Índice de competitividad y rangos.

El IC es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de:

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

Donde:

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

MIN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MAX: 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.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de los datos de créditos otorgados. Para analizar los datos, se elabora el histograma de distribución y se calculan estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

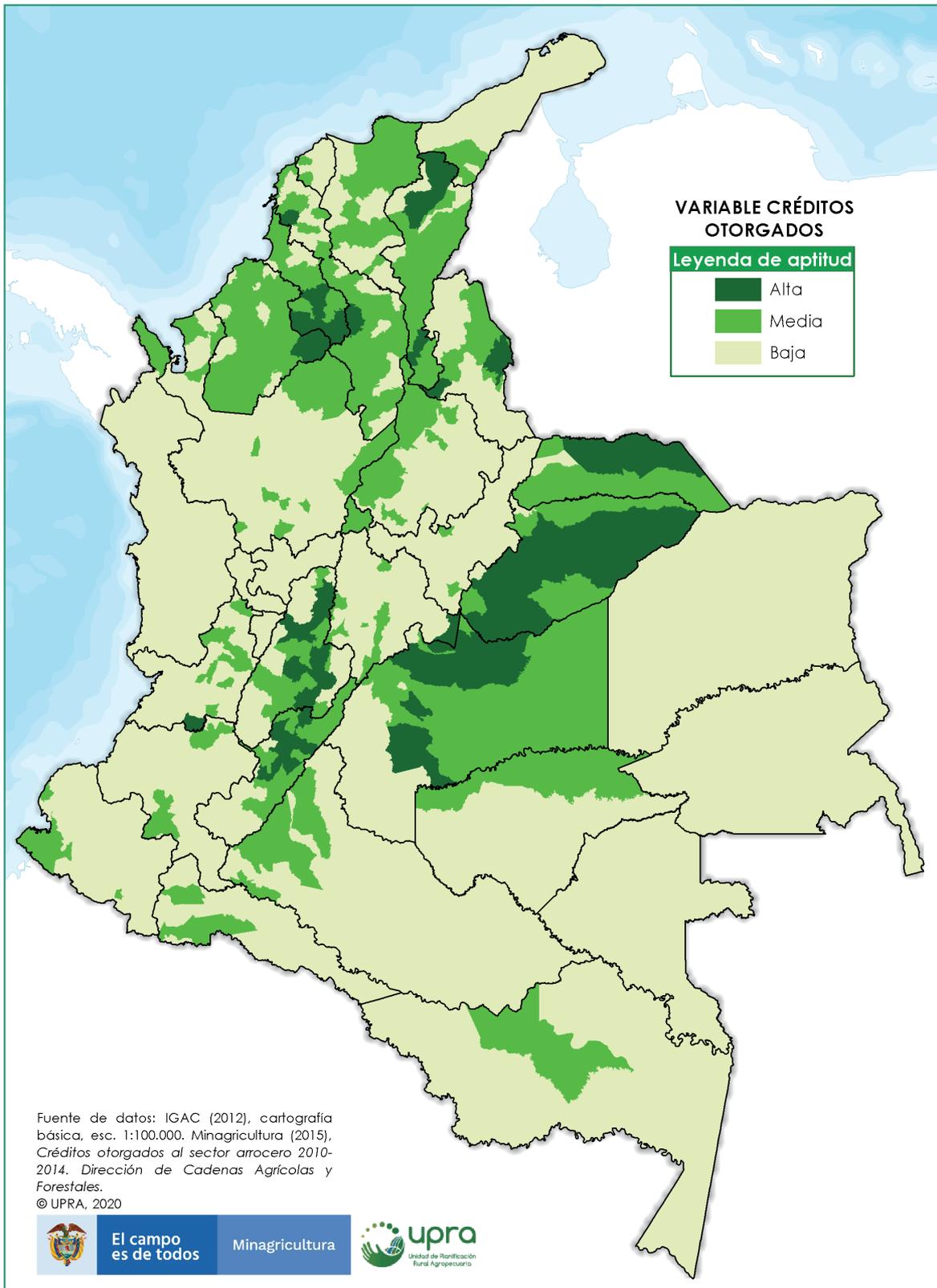
Unidad de análisis

Municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minagricultura. (2012). *Cartilla de política agropecuaria 2010-2014*. Bogotá: Minagricultura. Recuperado de: http://agronet.gov.co/www/htm3b/popup2uniNuke_2011_mobile.asp?cod=470.
- _.. (2015). *Créditos otorgados al sector arrocero 2010-2014*. Bogotá: Minagricultura.

3.1.3. Variable incentivo a la capitalización rural (ICR)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: incentivo a la capitalización rural		UNIDAD DE MEDIDA: IC, calculado como el valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Apoyo económico no reembolsable otorgado mediante el abono al saldo del capital del crédito contraído por el productor para la ejecución de nuevos proyectos de inversión, orientados a mejorar la infraestructura de producción y de comercialización agropecuaria (Minagricultura, 2012).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite dimensionar el apalancamiento financiero del sector arrocero en el municipio, factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones de inversión.

Permite mejorar la competitividad de los productores arroceros mediante el apoyo a la inversión en bienes de capital. El incentivo a las inversiones en infraestructura para la producción, transformación y comercialización de arroz incide en la disminución de los costos de producción de los arroceros lo que se traduce en el mejoramiento de su flujo de caja y el aumento de la rentabilidad de su actividad productiva.

Existe una relación directa entre ICR otorgados y la aptitud del municipio. Municipios donde se reporta mayor valor promedio anual de ICR por beneficiario reflejan un mayor interés de los

productores en el desarrollo del cultivo de arroz y una mayor actividad relacionada con la cadena productiva, ya que dispone de recursos financieros adicionales. Todo lo anterior, promueve la generación de mejores condiciones para el fomento del sector arrocero en un municipio con relación a los demás municipios del país.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Índice de competitividad (IC) valor promedio anual por beneficiario 2010-2014 de los ICR otorgados a la cadena en el municipio (pesos colombianos)
	IC > 0,3027
Alta (A1)	> 19,3 millones
	IC ≤ 0,3027
Media (A2)	≤ 19,3 millones
Baja (A3)	Municipios sin historial de ICR al sector

Entre 2010 y 2014, Magangué (Bolívar) se constituyó en el municipio donde se otorgaron los mayores recursos del ICR. Los productores ubicados en este municipio se beneficiaron con \$62,7 millones (promedio anual por beneficiario) por concepto de este incentivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Entre los limitantes se encuentra el nivel de colocación de ICR que en las fuentes de información se tiene la oficina donde fue generado el ICR y no el punto donde fue utilizada.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Minagricultura. Incentivos ICR otorgados al sector arrocero, 2010-2014.

2. Precisiones de la información.

Las cifras de ICR otorgados corresponden al valor total anual para todos aquellos municipios que reportan información en el período de análisis.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula el promedio anual por beneficiario del valor de los ICR otorgados para los años 2010 a 2014, con base en los datos reportados por la fuente.

4. Cálculo del índice de competitividad y rangos.

El IC es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tienen el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de:

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

Donde:

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

MIN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MAX: 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.

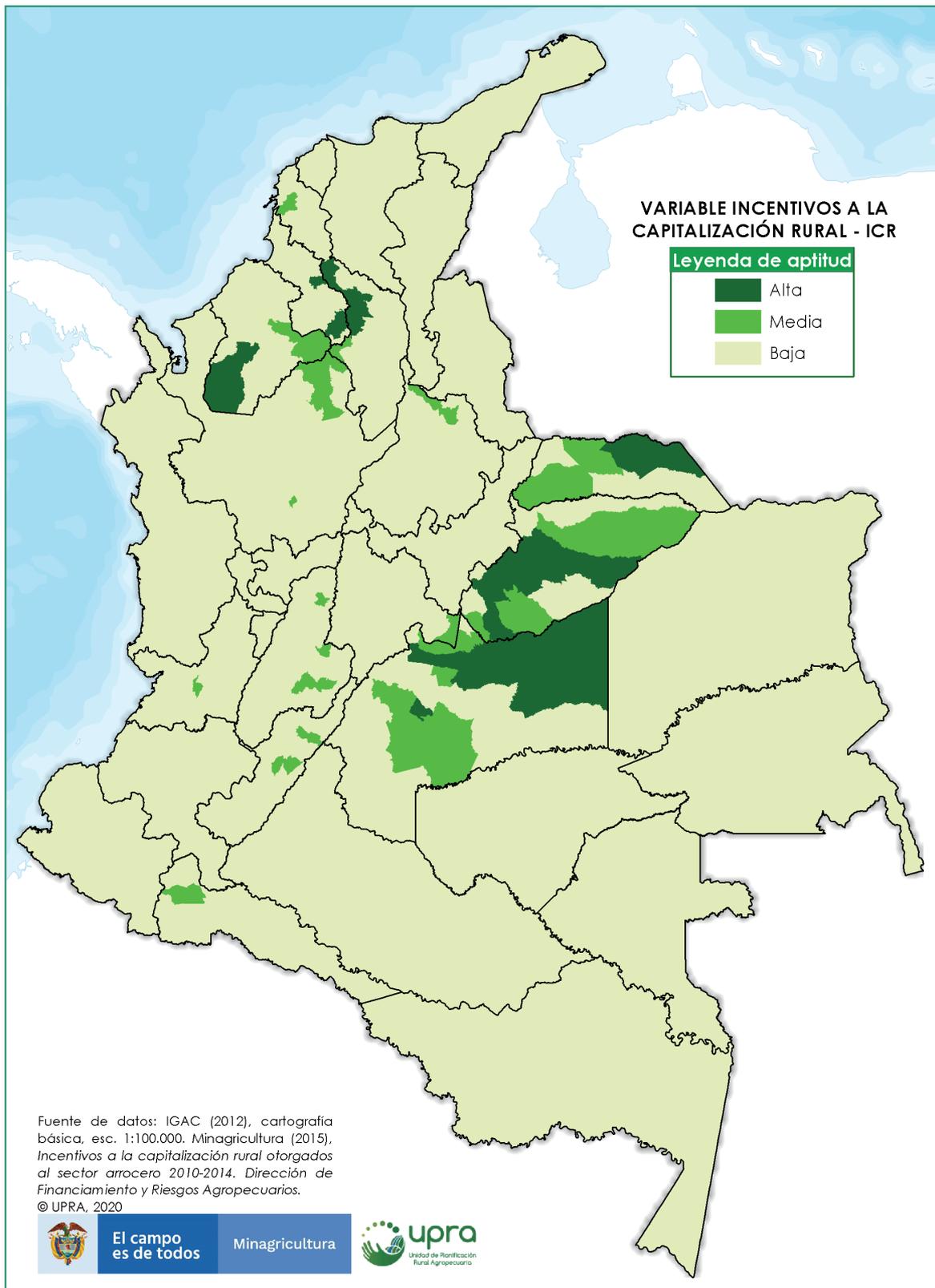
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión de los datos de ICR otorgados por beneficiario. Para analizar los datos se elabora el histograma de distribución y se calculan estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis

Municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

Minagricultura. (2012). *Cartilla de Política Agropecuaria 2010-2014*. Bogotá: Minagricultura. Recuperado de <http://agronet.gov.co/www/htm3b/popup2uniNuke_2011_mobile.asp?cod=470>.

_. (2015). *Incentivos ICR otorgados al sector arrocero*. Bogotá: Minagricultura.

3.2. CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA RURAL

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico	
CRITERIO ASOCIADO: precio de la tierra rural	
VARIABLE ASOCIADA AL CRITERIO	

- Precio de la tierra rural, expresado en pesos/ha

TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

DEFINICIÓN

Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales por hectárea.

Para efectos de la zonificación, esta variable incorpora el avalúo catastral predio a predio de los predios rurales.

Avalúo catastral: determinación, por entidad pública competente, del valor de los predios obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (IGAC, 2011).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

De acuerdo con UPRA (2014), la formación de los precios del suelo tiene en cuenta las rentas del suelo (diferencial, absoluta o monopólica), como la diferencia entre el precio del bien producido y los costos de producirlo, así como el tipo de interés.

De acuerdo con Jaramillo (1998) «los precios de la tierra tienden a reflejar las rentas asociadas a las actividades agropecuarias, incluyendo aquellas derivadas de subsidios, tratamientos preferenciales o acceso a programas gubernamentales».

Por lo anterior, el precio de la tierra incide en los costos de producción, los cuales están directamente asociados a la competitividad del cultivo comercial de arroz seco, dado que, a menores precios de la tierra, menores serían costos de producción (pago por rentas del suelo), que le permite a un productor ser más competitivo.

Los altos precios de la tierra originan barreras de entrada a la actividad productiva por ser más exigente en la inversión inicial, un mayor costo de transacción y de oportunidad, así como mayores pagos por impuesto predial y, por ende, mayores costos de los servicios públicos en los municipios donde existe estratificación.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud de los municipios son equivalentes a las categorías de la variable.

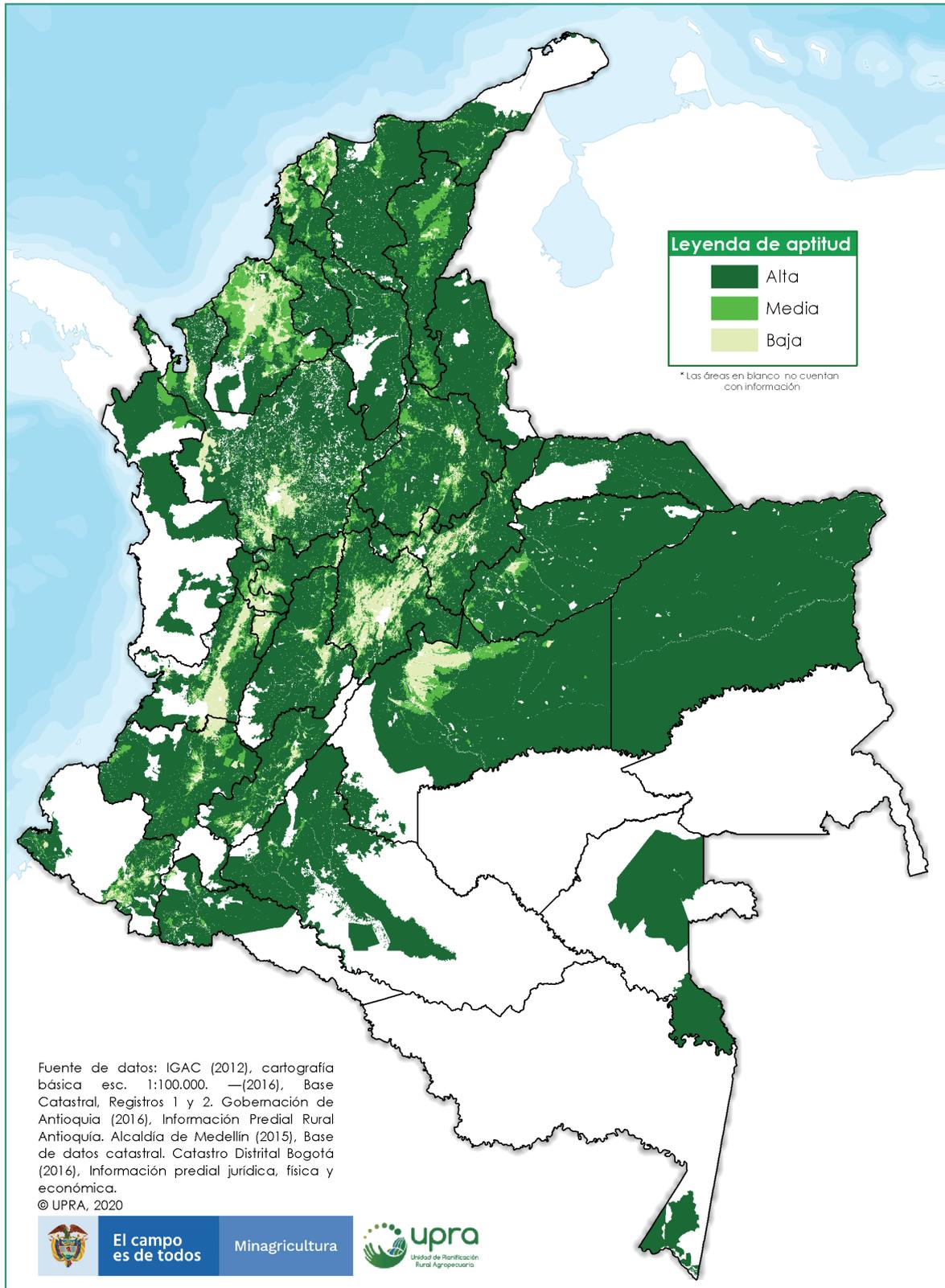
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Pesos/ha
Alta (A1)	< 3,5 millones
Media (A2)	3,5 millones - 7,5 millones
Baja (A3)	- > 7,5 millones

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2015). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2016). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- ... (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*.

3.2.1. Variable precio de la tierra rural municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: Precio de la tierra		
VARIABLE: precio de la tierra rural municipal		UNIDAD DE MEDIDA: pesos/ha
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Expresión del valor de intercambio de las tierras rurales por hectárea.

Para efectos de la zonificación, esta variable incorpora el avalúo catastral predio a predio de los predios rurales.

Avalúo catastral: determinación, por entidad pública competente, del valor de los predios obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario. Se determina por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos (IGAC, 2011).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

De acuerdo con UPRA (2014), la formación de los precios del suelo tiene en cuenta las rentas del suelo (diferencial, absoluta o monopólica), como la diferencia entre el precio del bien producido y los costos de producirlo, así como el tipo de interés.

De acuerdo con Jaramillo (1998) «los precios de la tierra tienden a reflejar las rentas asociadas a las actividades agropecuarias, incluyendo aquellas derivadas de subsidios, tratamientos preferenciales o acceso a programas gubernamentales».

Por lo anterior, el precio de la tierra incide en los costos de producción, los cuales están directamente asociados a la competitividad del cultivo comercial de arroz seco, dado que, a menores precios de la tierra, menores serían costos de producción (pago por rentas del suelo), que le permite a un productor ser más competitivo.

Los altos precios de la tierra originan barreras de entrada a la actividad productiva por ser más exigente en la inversión inicial, un mayor costo de transacción y de oportunidad, así como mayores pagos por impuesto predial y, por ende, mayores costos de los servicios públicos en los municipios donde existe estratificación.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La fuente de información para la medición de la variable, base predial del IGAC, vigencia 2014, no cuenta con datos para 84 municipios.

De igual manera, los avalúos catastrales por predio de las zonas rurales del país no reflejan el valor comercial por hectárea.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

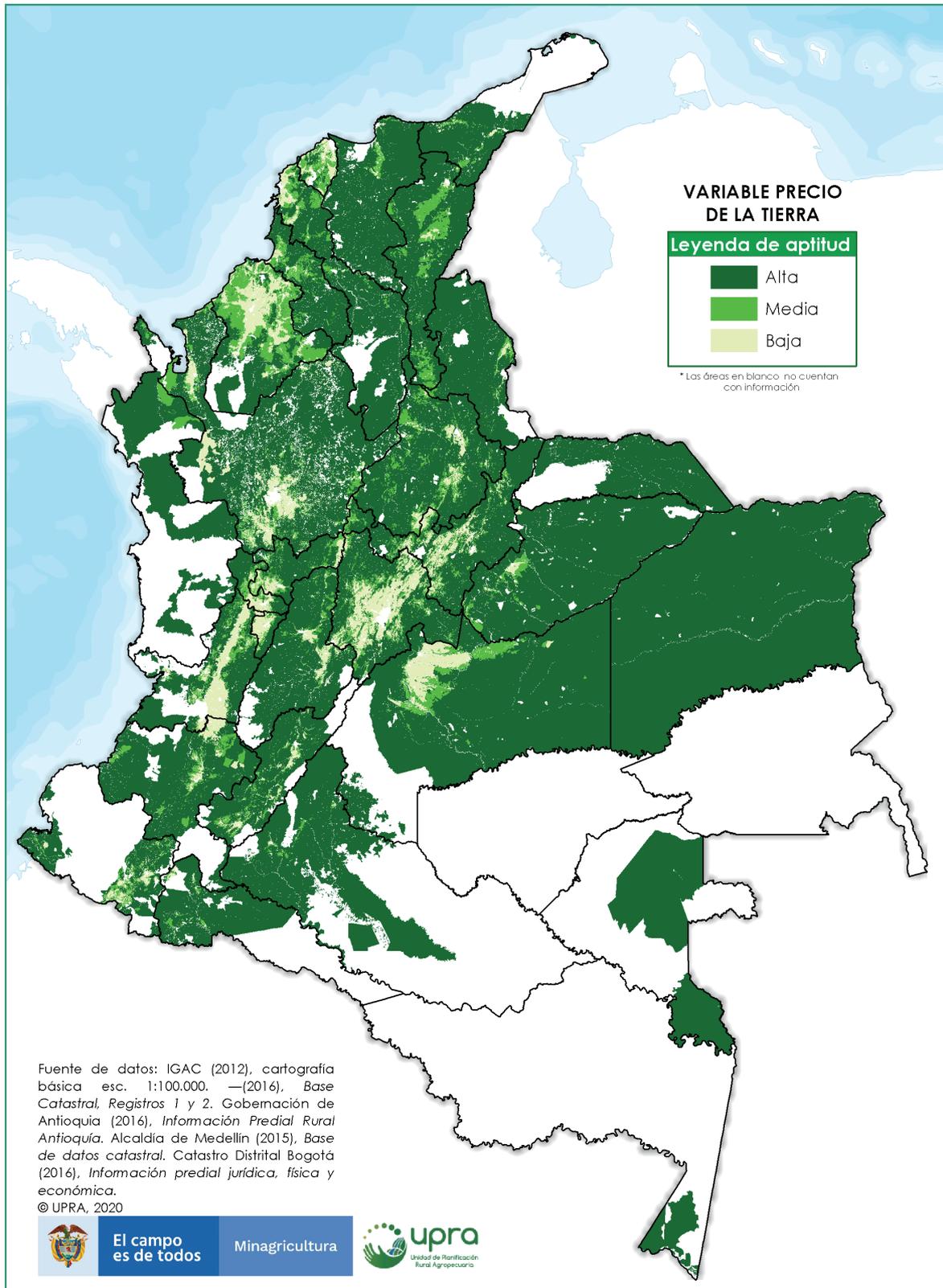
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Pesos/ha
Alta (A1)	< 3,5 millones
Media (A2)	3,5 millones - 7,5 millones
Baja (A3)	> 7,5 millones

Unidad de análisis

Pesos/ha

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO PRECIO DE LA TIERRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2015). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2016). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Predial rural Antioquia*.
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- ... (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*.

3.3. CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA RURAL

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: tamaño de la tierra rural		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Tamaño de la tierra rural, expresada como tamaño de los predios en hectáreas (ha)

DEFINICIÓN

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.

Para efectos de la zonificación, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural. (IGAC, 2016).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Los costos de producción están asociados a la economía de escala, los cuales a su vez, tienen una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

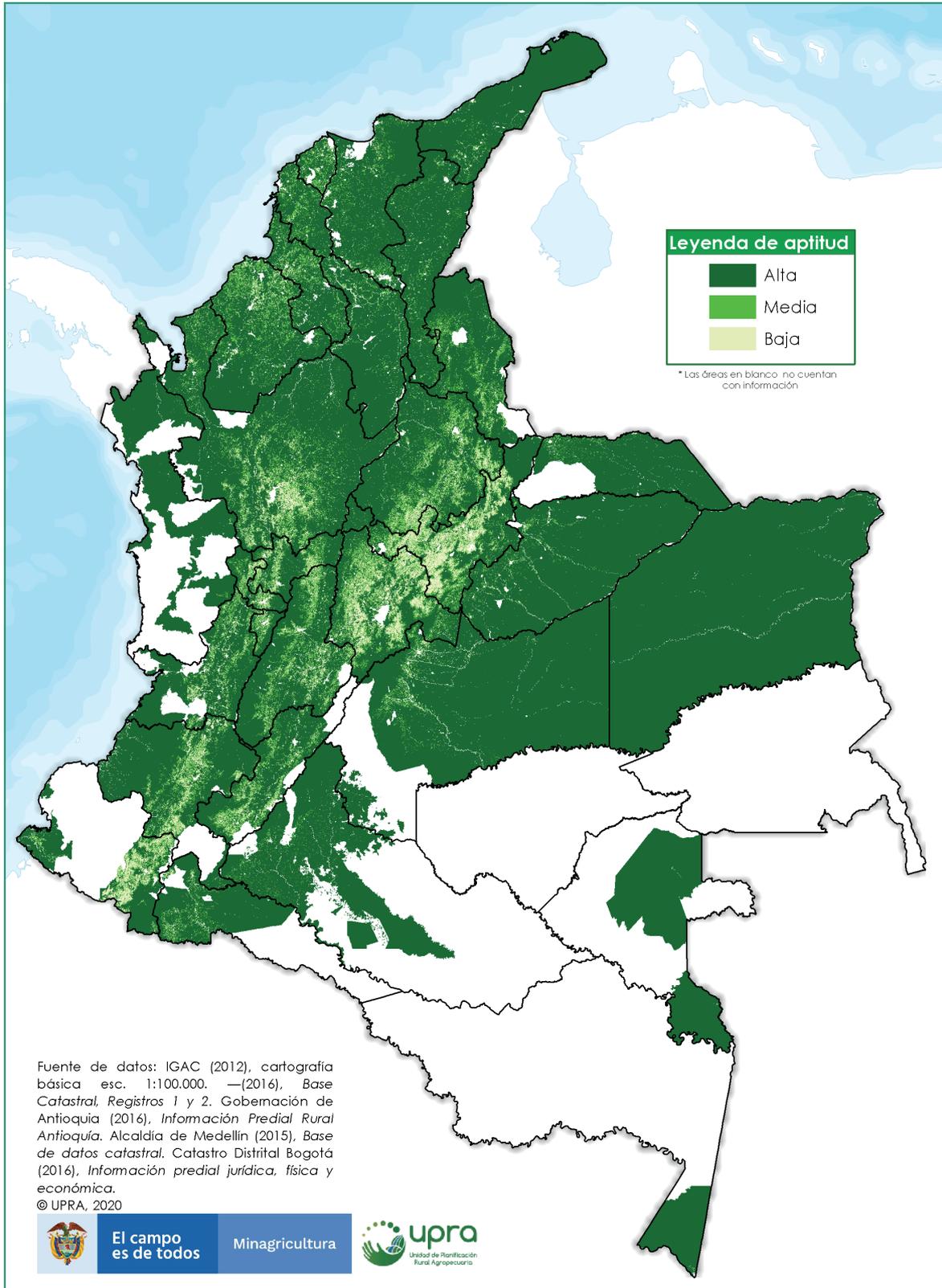
Debido a que el criterio comprende solo una variable, las categorías de aptitud de los municipios, son equivalentes a las categorías de la variable.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud	Hectáreas
Alta (A1)	> 20
Media (A2)	5-20
Baja (A3)	< 5

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- .. (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*. Bogotá: IGAC.
- Gobernación de Antioquia. (2016), *Información Predial Rural Antioquía*.
- Alcaldía de Medellín (2015). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá (2016). *Información predial jurídica, física y económica*.

3.3.1. Variable tamaño tipo de los predios rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: tamaño de la tierra rural		
VARIABLE: tamaño tipo de los predios rurales	UNIDAD DE MEDIDA: hectárea	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Superficie de terreno que se expresa en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio del cultivo y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.

Para efectos de la zonificación, se considera el tamaño de los predios en hectáreas, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural (IGAC, 2016).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en los costos de producción, los cuales impactan la competitividad del cultivo. Los costos de producción están asociados a la economía de escala, la cual a su vez tiene una estrecha relación con el tamaño de la unidad de producción.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos adoptados para la espacialización de los valores de la variable se clasificaron de acuerdo al grado de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Hectáreas
Alta (A1)	> 20
Media (A2)	5-20
Baja (A3)	< 5

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La fuente de información para la medición de la variable es la base predial del IGAC, vigencia 2014 y actualización 2016; 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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000,

IGAC. 2016. Base predial, registros 1 y 2, vigencia 2016.

2. Precisiones de la información.

Para la definición del tamaño tipo de los predios rurales a nivel municipal, se tuvieron en cuenta únicamente los predios con destino económico agropecuario, los cuales representan el 81,89 % de la base total del predial municipal de 2016 y el 90,29 % del área total registrada en el catastro.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron teniendo en cuenta la información de los técnicos de Fedearroz que explican que el área óptima para el cultivo de secano es de 20 hectáreas.

4. Clasificación de los municipios por categoría de aptitud.

El tamaño de los predios rurales se definió teniendo en cuenta lo anterior, de tal manera que los rangos de aptitud establecidos para tal fin son los siguientes:

Aptitud alta (A1): mayor a 20 hectáreas.

Aptitud media (A2): entre 5 y 20 hectáreas, teniendo en cuenta los productores de la zona del bajo Cauca que son productores de arroz con tamaños más bajos.

Aptitud alta (A1): menor a 5 hectáreas, límite definido por los técnicos dado que el TUT -arroz secano mecanizado- es un sistema en el que se limitan las labores de mecanización.

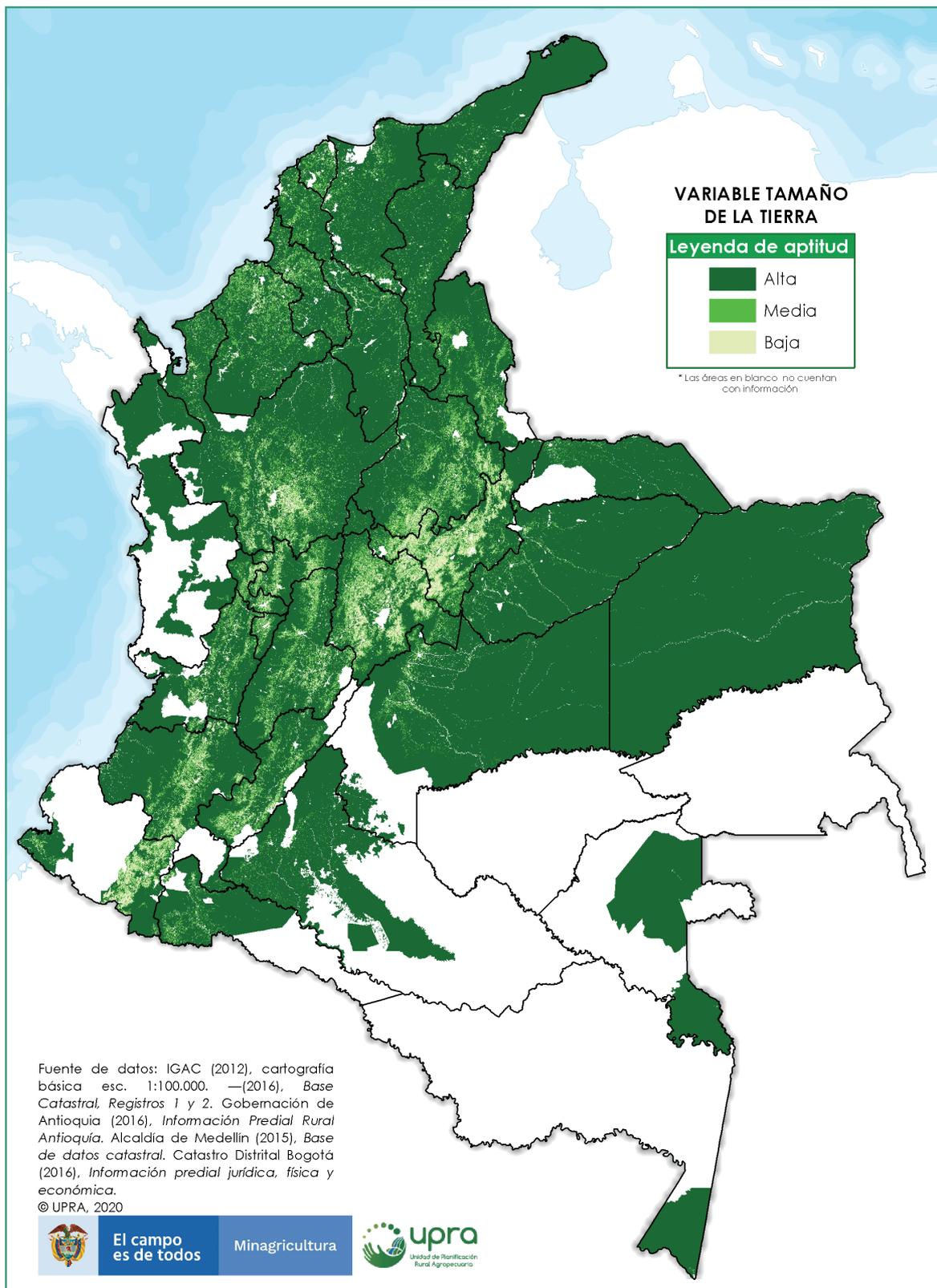
Aptitud	Hectáreas
Alta (A1)	> 20
Media (A2)	5-20
Baja (A3)	< 5

Unidad de análisis

Hectárea

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO TAMAÑO DE LA TIERRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- _ (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*. Bogotá: IGAC.
- Gobernación de Antioquia. (2016). *Información Predial Rural Antioquía*.
- Alcaldía de Medellín. (2015). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2016). *Información predial jurídica, física y económica*.

3.4. CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO: infraestructura y logística		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Cercanía a centros de servicios, expresada en tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de servicios más cercano, con la máscara de existencia de cultivos de arroz seco mecanizado.
- Cercanía a puertos marítimos, expresado como tiempo de desplazamiento en horas (calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto marítimo más cercano).
- Cercanía a puertos fluviales, expresada en tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el puerto fluvial más cercano.
- Existencia de cultivos, expresada en número de puntos georreferenciados en el censo nacional arrocero 2016 para el cultivo de arroz seco mecanizado, calculados con densidad de Kernel.
- Interconexión eléctrica, expresada como índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE).
- Presencia de entidades bancarias, expresada en número de entidades bancarias en el municipio.
- Cercanía a centros de transformación, expresada en tiempo de desplazamiento en horas, calculado con base en la isócrona desde un punto en el territorio hasta el centro de transformación (molino) más cercano, diferenciándolos según tamaño.

DEFINICIÓN

Conjunto de bienes y servicios necesarios para la movilidad del aparato productivo.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Indica a los agentes económicos las condiciones de movilidad, el acceso a centros de servicios, potencial de operaciones de comercio exterior (importación de insumos), la facilidad para realizar transacciones financieras, la existencia de cultivos de arroz seco mecanizado, la disponibilidad de energía eléctrica y la cercanía a molinos, que pueden limitar o promover la competitividad de la cadena en la interacción con los mercados, tanto nacionales como internacionales.

Existe una relación directa entre la infraestructura y logística, y la aptitud del municipio: los municipios con mayores facilidades para la movilidad del aparato productivo, ofrecen mejores condiciones para que la cadena productiva se desarrolle en forma eficiente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La selección de los centros de servicios se realiza con base en las proyecciones de la población, realizadas por el DANE para el año 2014, estimadas a partir del censo del año 2005.

Para la presencia de entidades bancarias, no se incorporan compañías de financiamiento, cooperativas y demás entidades financieras distintas a los bancos que ayudan también a agilizar los movimientos financieros y que ofrecen servicios de crédito, dado que no en todos los municipios del país hay presencia de dichas organizaciones.

Para la variable existencia de cultivos, la fuente de información usada fue la del censo nacional arrocero 2016.

Para la interconexión eléctrica, la estimación del número de viviendas se realiza a partir del índice de habitantes por vivienda con base en la proyección de la población realizadas por el DANE para 2013, estimadas a partir del censo del año 2005.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), con el concepto de 12 expertos entre los cuales participaron miembros de Fedearroz, condensada en la matriz de comparaciones pareadas de siete variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Existencia de cultivos	Cercanía a centros de transformación	Cercanía centros de servicios	Presencia de entidades bancarias	Interconexión eléctrica	Cercanía a puertos fluviales	Cercanía a puertos marítimos
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Existencia de cultivos	1						
	Cercanía a centros de transformación	1/3	1					
	Cercanía a centros de servicios	1/3	1/5	1				
	Presencia de entidades bancarias	1/5	1/5	1/3	1			
	Interconexión eléctrica	1/7	1/5	1/3	1/3	1		
	Cercanía a puertos fluviales	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1	
	Cercanía a puertos marítimos	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/5	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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				

Con base en el software PriEst (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios, según categorías de aptitud (A1, A2, A3) y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1=3; A2=2 y A3=1.

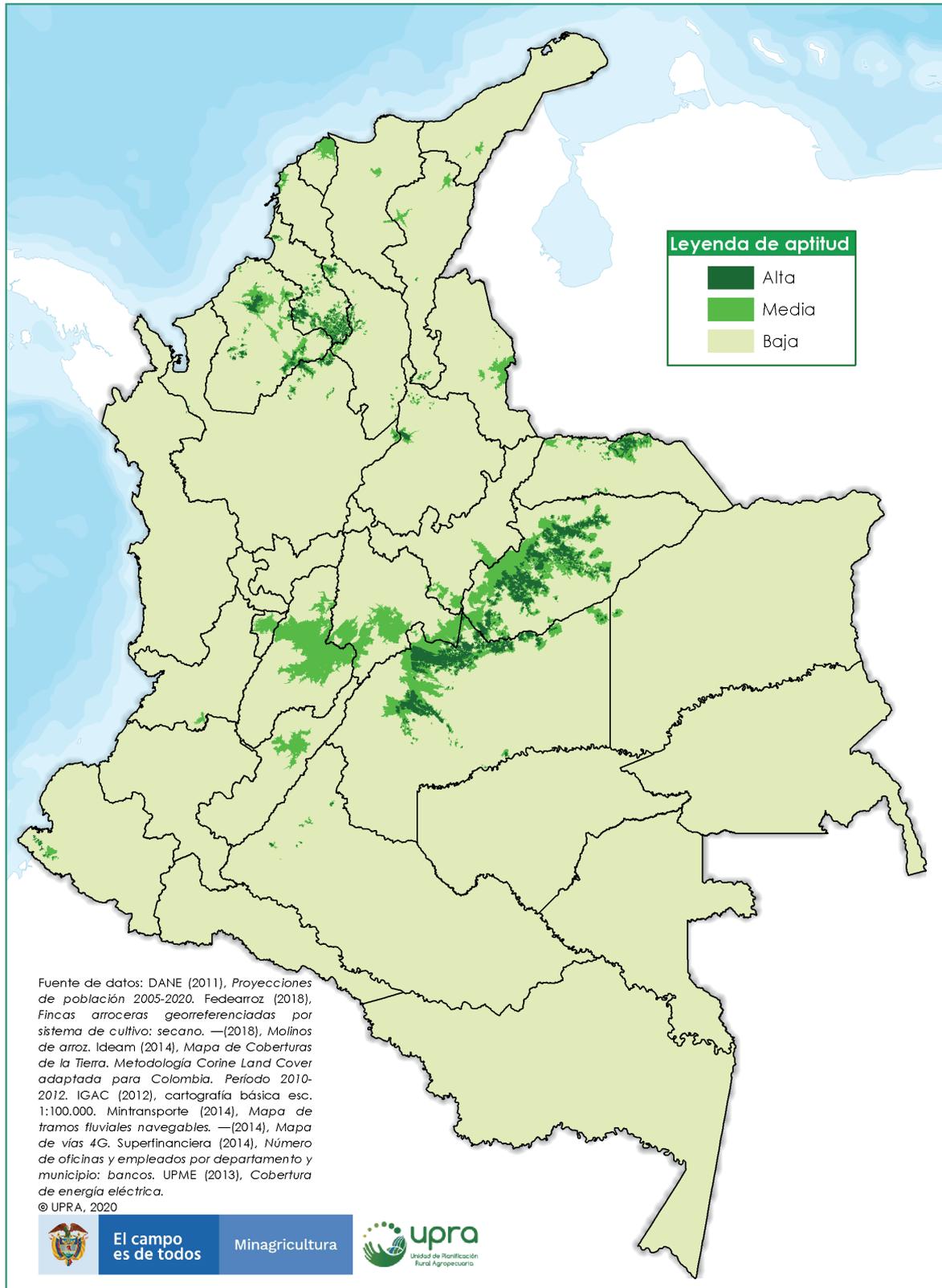
Criterio	Variables	Ponderación (%)
Infraestructura y logística	Existencia de cultivos	37,3
	Cercanía a centros de transformación	28,0
	Cercanía a centros de servicios	14,2
	Presencia de entidades bancarias	9,6
	Interconexión eléctrica	6,7
	Cercanía a puertos fluviales	2,6
	Cercanía a puertos marítimos	1,6
Total, ponderación		100,0 %

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta	Media	Baja
Cercanía a centros de servicios	Tiempo de desplazamiento, delimitados por la variable existencia de cultivos (horas)	≤ 1	1-2	> 2
Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento (horas)	≤ 4	4-8	> 8
Cercanía a puertos fluviales	Tiempo de desplazamiento (horas)	≤ 3	3-6	> 6
Cercanía a centros de transformación	Tiempo de desplazamiento, por tamaño del molino (horas)	Desplazamiento < 2 horas de molinos grandes, < 1 hora molinos medianos y $< 0,5$ horas de molinos pequeños	Desplazamiento entre 2 y 4 horas molinos grandes, entre 1 y 2 horas molinos medianos y entre 0,5 y 1 horas molinos pequeños	Desplazamiento > 4 horas de molinos grandes, > 2 horas de molinos medianos y > 1 hora de molinos pequeños
Existencia de cultivos	Predios georreferenciados censo 2016	Predios sembrados, georreferenciados por Fedearroz a 2016	Predios vecinos a los georreferenciados por Fedearroz a 2016	Resto de predios
Interconexión eléctrica	Índice de competitividad (IC)	$\geq 0,900$	0,80 - 0,90	$< 0,800$
	Índice de cobertura del servicio de energía eléctrica (ICEE)	$\geq 90 \%$	80 % - 90 %	$< 80 \%$
Presencia de entidades bancarias	Número de entidades bancarias en el municipio	> 3	1-3	Sin entidad bancaria

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE y Fedearroz. (2016) *Censo nacional arrocero*. Bogotá: Fedearroz.
- Fedearroz. (2016). *Ubicación de los molinos de arroz por tamaño en Colombia*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*.
- _ . (2014). *Información portuaria*.
- Superintendencia Financiera de Colombia (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio: bancos*.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (UPME). (2012). *Metodología para la estimación del índice de cobertura del servicio de energía eléctrica – ICEE*. Recuperado de: http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Anexo3_MetodologiaCalculoCoberturaEE_2012.pdf
- _ . (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013*. Recuperado de: <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturaDelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>

3.4.1. Variable cercanía a centros de servicios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
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 sus oportunidades de contacto e interacción.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de servicios que están en las zonas donde se siembra arroz seco mecanizado en el país.

Centros de servicios: áreas donde normalmente existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo. Para la zonificación comprenden los municipios que cuentan con población superior a 40.000 habitantes.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la competitividad para el desarrollo de un cultivo al facilitar la movilidad del aparato productivo. La cercanía en términos de transporte, viene determinada como una consecuencia de la oferta y estado de las redes de transporte vial y fluvial.

Cuando la red de transporte considerada es suficiente y se encuentra en buen estado, los tiempos de recorrido hasta los centros de servicios serán menores; por tanto, los municipios serán más competitivos en comparación con aquellos que disponen de una red en mal estado, escasa o inexistente.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hacia los centros de servicios, alta (A1); media (A2) y baja (A3):

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 1
Media (A2)	1-2
Baja (A3)	> 2

Se identificaron 246 centros de servicios. Los más importantes del país son Bogotá, Medellín y Cali. La región andina muestra mayor aptitud. Las regiones como la Orinoquía y la Amazonía tienen menor aptitud.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La selección de los centros de servicios se realiza con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2014 estimada a partir del censo de población de 2005.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2011. Proyecciones de población municipales por área.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para 2014, adicionalmente, se coloca la información de la máscara de existencia de cultivos de arroz secano mecanizado.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Aunque se define que los centros de servicios están ubicados en los municipios con población mayor de 40.000 habitantes, no se tienen en cuenta aquellas poblaciones que están fuera del área de influencia de las zonas donde se siembra arroz seco mecanizado en el país.

4. Clasificación por aptitud.

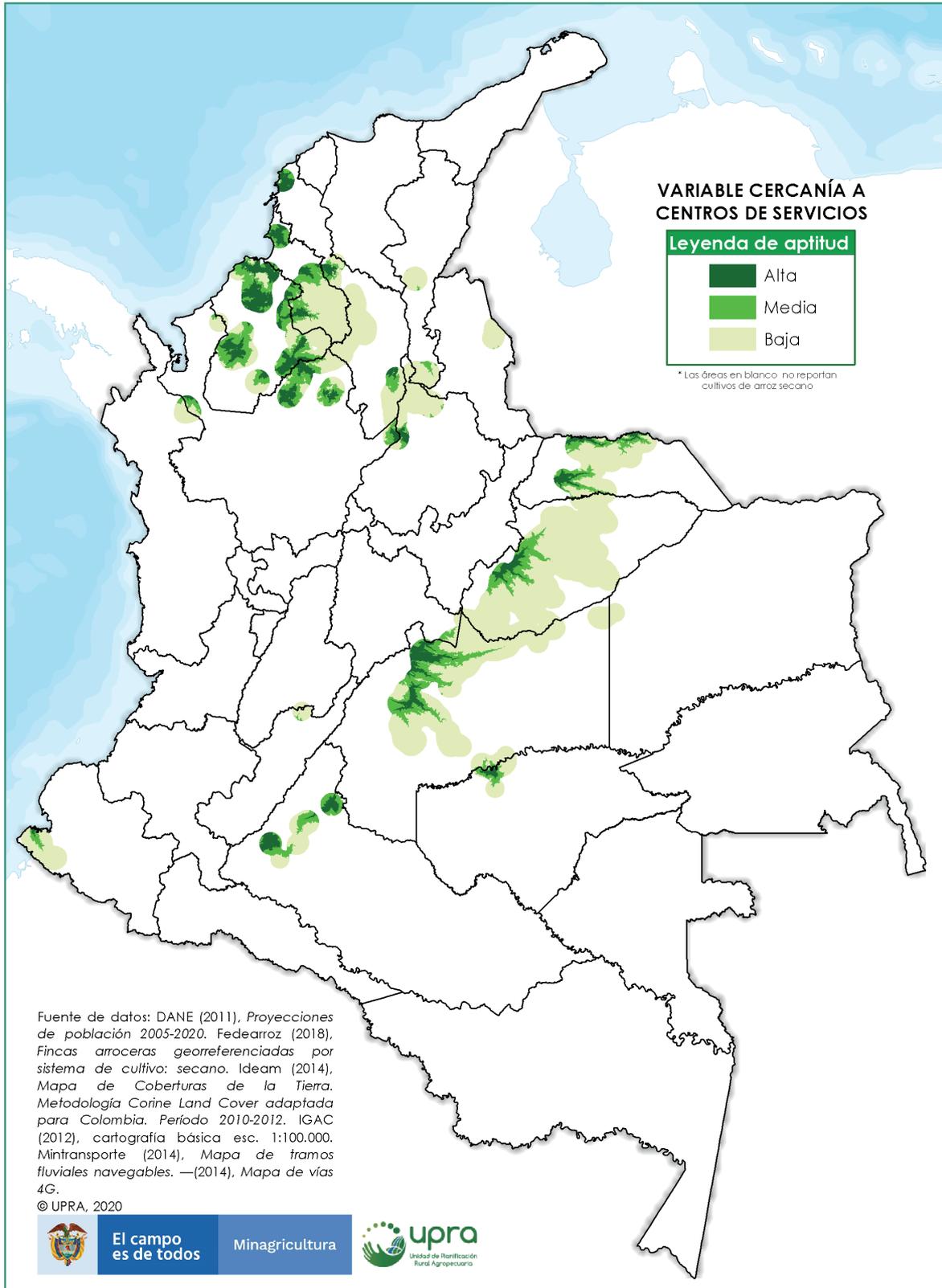
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento hasta los centros de servicios. Centros de servicios a menos de una hora, implica que se requiere de menos de medio día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Centros de servicios entre una y dos horas, implica que se requiere de hasta un mediodía para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen. Centros de servicios a más de dos horas implica que se requiere de todo un día para acceder a los servicios y regresar al lugar de origen.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
 CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2011), Proyecciones de población 2005-2020. Bogotá: DANE
- Fedearroz. (2016). Censo nacional arrocero. Bogotá: Fedearroz.
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Período 2010-2012. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte

3.4.2. Variable cercanía a puertos marítimos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
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. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo hasta los puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional, en particular la importación de insumos para el cultivo tales como fertilizantes, agroquímicos, maquinaria.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos marítimos.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de comercio internacional que beneficien la competitividad de la cadena. Sintetiza las oportunidades de interacción de los municipios con los puertos marítimos. Sitios más cercanos a los puertos marítimos, tendrán mayor aptitud para interactuar en modelos de mercado internacional. En el cultivo de arroz, se utilizan muchos insumos importados y los fletes en el

traslado de los insumos, impactan el precio final. Por lo tanto, estar más cerca a los puertos, puede llegar a influir en un precio más bajo del producto importado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo al tiempo de desplazamiento hasta los puertos marítimos, alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 4
Media (A2)	4-8
Baja (A3)	> 8

La región Caribe muestra la mayor aptitud por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. Regiones como la orinoquía y la amazonia, tienen el menor grado de aptitud frente a su cercanía a los puertos marítimos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

Mintransporte. 2014. Información portuaria.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables a 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La localización de los puertos marítimos son los puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. La información de la localización de dichos puertos corresponde a 2014.

4. Clasificación por aptitud.

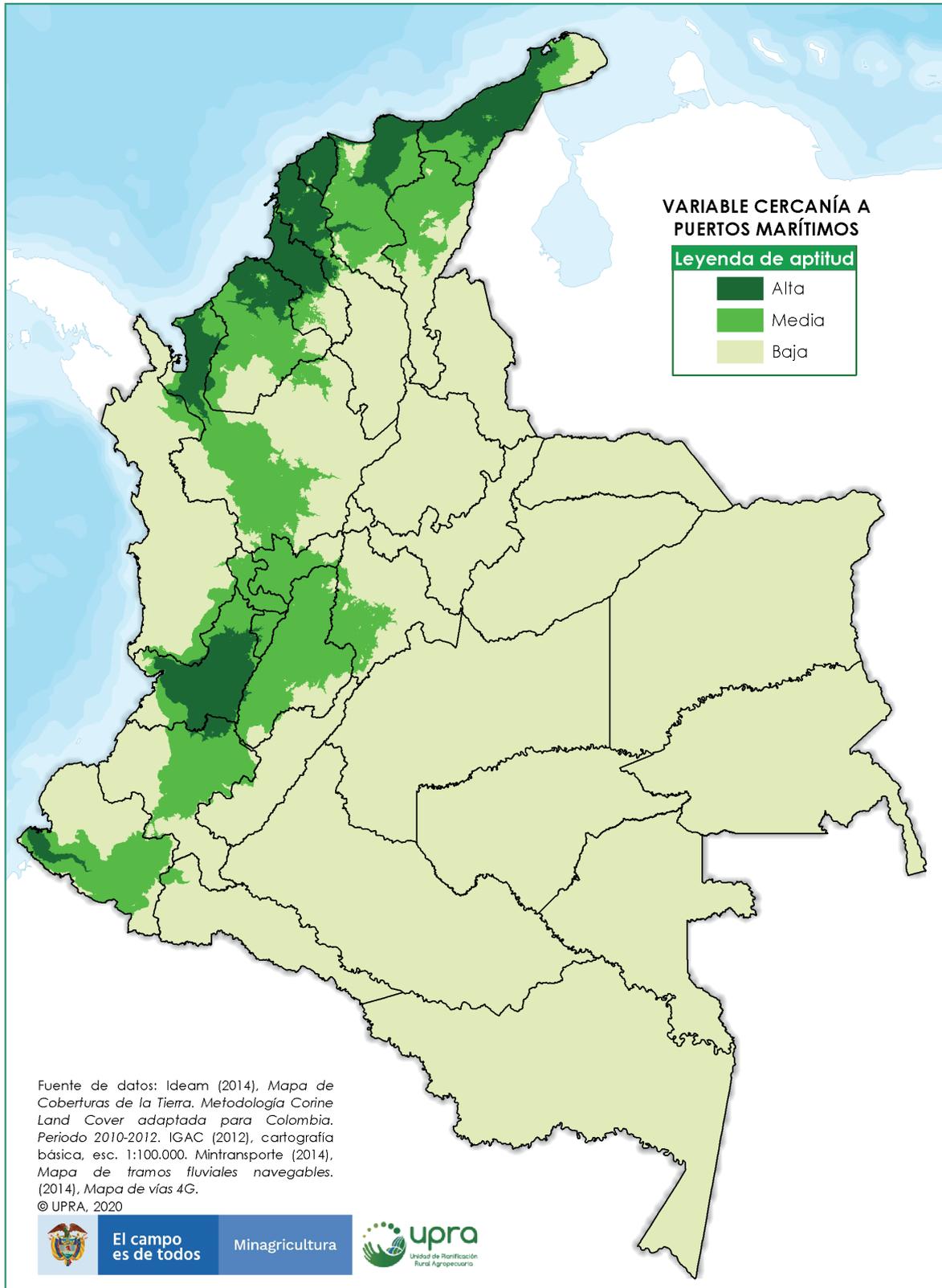
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento hasta los puertos marítimos. Puertos marítimos a menos de cuatro horas implica que se disponga de hasta medio día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Para aquellos ubicados a más de cuatro y menos de ocho horas, se debe disponer de hasta un día para el desplazamiento hasta acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Puertos marítimos a más de ocho horas implica la necesidad de disponer de más de un día para desplazamiento para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales y navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- ... (2014). *Información portuaria*. Bogotá: Mintransporte.

3.4.3. Variable cercanía a puertos fluviales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
VARIABLE: cercanía a puertos fluviales		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 fluvial) desde otros puntos en el territorio. Sintetiza las facilidades de desplazamiento del aparato productivo.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los puertos fluviales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la competitividad para el desarrollo de un cultivo frente a las alternativas de movilidad y acceso tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios como para la comercialización. Un municipio que cuente con puertos fluviales es más competitivo, dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional a la terrestre, que puede incidir positivamente en los costos de transporte de carga.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta los puertos fluviales, así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 3
Media (A2)	3-6
Baja (A3)	> 6

La región andina y caribe muestran la mayor aptitud por su cercanía a los tramos navegables del río Magdalena.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se identificaron limitantes para la evaluación de esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental,

Mintransporte. 2014. Información portuaria, Mapa de tramos fluviales navegables.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres y sus pendientes dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La localización de los puertos fluviales son los puntos de referencia a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado. La información sobre la localización de los puertos corresponde a 2014.

4. Clasificación por aptitud.

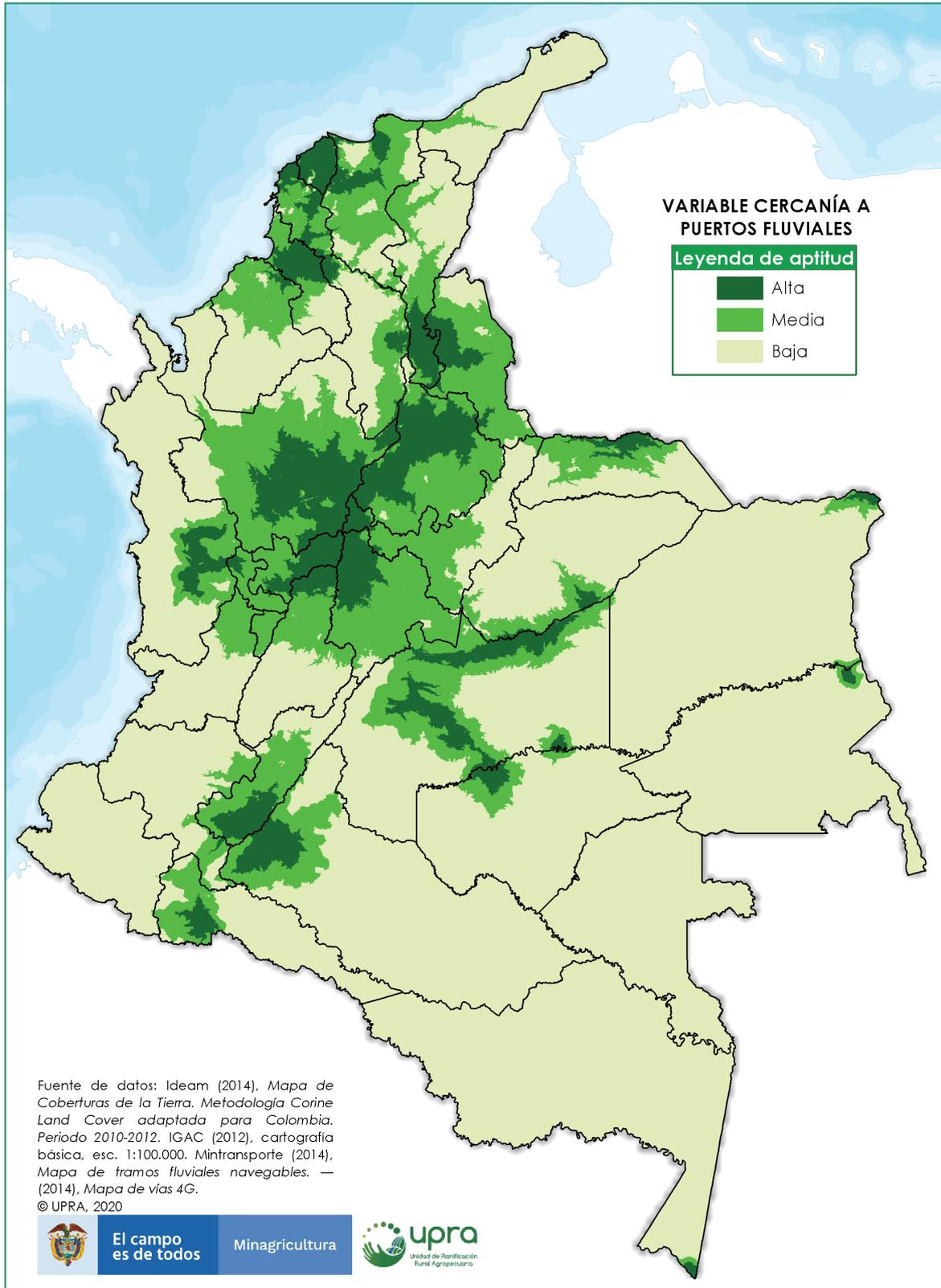
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los puertos fluviales. Puertos fluviales a menos de tres horas implica que se requiere de menos de medio día para desplazarse a ellos como medio de entrada para emplear la red fluvial. Puertos fluviales a más de tres y menos de seis horas implica que se requiere de hasta un día para desplazarse a ellos y emplear la red fluvial de transporte. Centros de servicios a más de seis horas implica que se requiere de más de un día para desplazarse a ellos y emplear la red fluvial de transporte.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- ... (2014). *Información portuaria*. Bogotá: Mintransporte.

3.4.4 Variable existencia de cultivos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
VARIABLE: existencia de cultivos		UNIDAD DE MEDIDA: predios georreferenciados
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Predios sembrados con arroz secano mecanizado georreferenciados en el censo nacional arrocero de 2016.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la presencia de núcleos arroceros en donde existe infraestructura productiva y logística especializada para la cadena de arroz, en particular, para el sistema de secano que es aquel que depende del régimen de lluvias.

Existe una relación directa entre la existencia de cultivos de arroz y la aptitud de las zonas arroceras. En este sentido, se considera la existencia de cultivos a partir de los predios georreferenciados que cultivaron arroz, en el sistema de secano mecanizado con base en la encuesta realizada a cada predio del censo nacional arrocero realizado en el año 2016.

Zonas con cultivos de arroz se asocian a una mayor oferta de mano de obra calificada para el desarrollo de labores culturales del cultivo, una mejor oferta de servicios relacionados a la cadena de producción (ej. transporte especializado para el producto, reparación de maquinaria y equipos, venta de insumos) y una mayor cercanía a los molinos, entre otras.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Predios georreferenciados censo 2016
Alta (A1)	Predios sembrados, georreferenciados por Fedearroz a 2016
Media (A2)	Predios vecinos a los georreferenciados por Fedearroz a 2016
Baja (A3)	Resto de predios

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

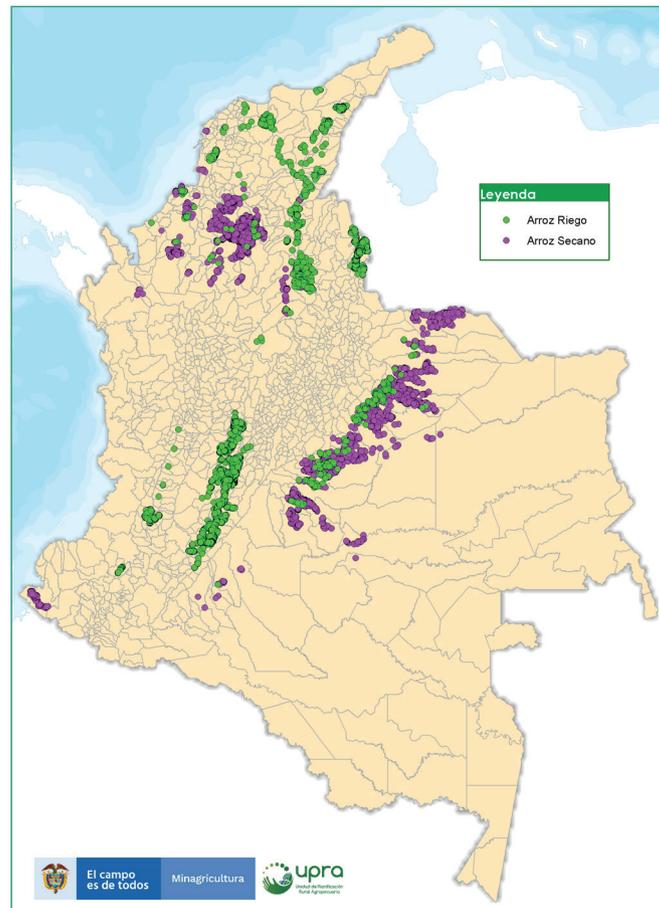
En la fuente de información usada, se encuentran zonas sin registro de área sembrada en secano mecanizado, entre ellos se encuentran los predios que sembraron arroz en el sistema de riego y en el sistema de secano manual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Fedearroz. 2016. Censo de predios que siembran arroz secano mecanizado.

Georreferenciación de puntos sobre predios que sembraron arroz, sistema riego y secano, Colombia, 2016.



Fuente: Fedearroz. (2016).

2. Precisión de la información.

Para medir la existencia de cultivos se toma la información reportada por la Federación, a partir del censo realizado por DANE y Fedearroz en 2016.

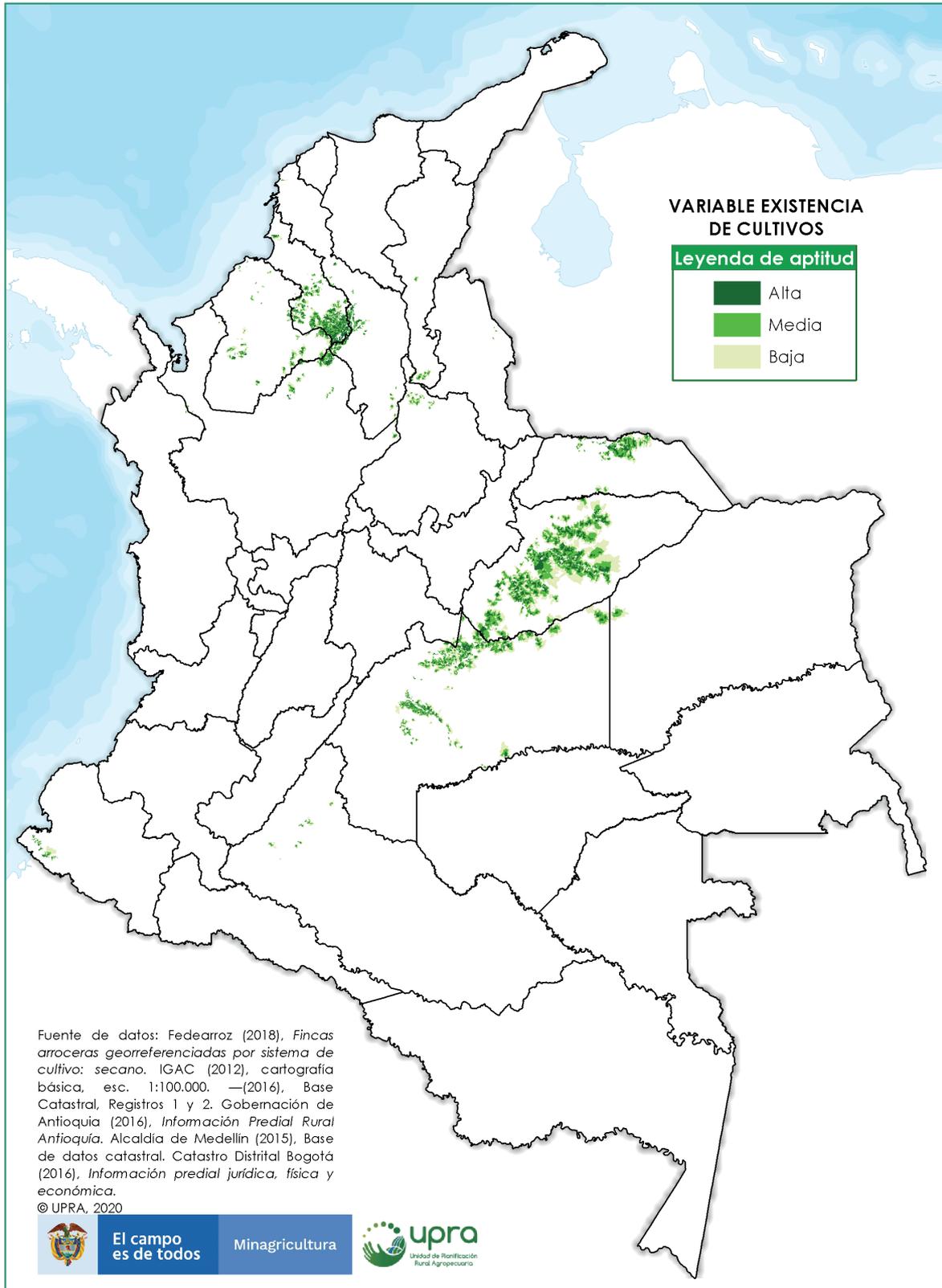
- Los cortes de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3) corresponden a los siguientes rangos:
- Aptitud alta (A1): Predios georreferenciados
- Aptitud media (A2): Predios vecinos
- Aptitud baja (A3): Resto.

Unidad de análisis

Predios georreferenciados

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
 CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE y Fedearroz. (2016). Censo nacional arrocero. Bogotá: Fedearroz.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.3.4.5 Variable interconexión eléctrica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
VARIABLE: interconexión eléctrica		UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje Índice de cobertura del servicio de energía eléctrica
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: plantas y equipos de generación, red de interconexión, redes regionales e interregionales de transmisión, redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios (artículo 11, Ley 143 de 1994).

La Unidad de Planeación Minero Energética (2012), precisa las siguientes definiciones:

ICEE: relación entre los usuarios de energía eléctrica y las viviendas.

Usuario del servicio de energía eléctrica: persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a las condiciones del municipio para acceder y utilizar (en los procesos operativos y los asociados a la administración del cultivo) maquinaria, equipos, tecnologías de información y comunicación que requieren energía eléctrica. La posibilidad de uso de la energía eléctrica, contribuye a una mayor productividad y competitividad en especial para el eslabón industrial de la cadena arrocera, que requiere de la energía para la operación de secamiento de arroz, trilla y pulimento, entre otros.

Existe una relación directa entre el nivel de interconexión eléctrica y la aptitud del municipio. Municipios donde se registran altos niveles de interconexión eléctrica están asociados a mayor desarrollo comercial e industrial, lo cual constituye una ventaja competitiva ya que el productor puede aprovechar de manera más eficiente la infraestructura para desplegar una logística más apropiada en el desarrollo de todas las actividades de la cadena productiva arrocerá.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con la categoría de aptitud, alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Índice de competitividad (IC), índice de cobertura del servicio de energía eléctrica en el municipio
Alta (A1)	IC \geq 0,900 \geq 90 %
Media (A2)	IC: 0,80 - 0,90 80 % - 90 %
Baja (A3)	IC $<$ 0,80 $<$ 80 %

En consideración a los estadígrafos de la variable se establece que el promedio de ICEE para los 1122 municipios en 2013 era de 90,7 %, con una mediana de 96,8 %. La región andina registra los mayores ICEE, mientras que regiones como la amazonia y la orinoquia, presentan la menor cobertura del servicio de energía eléctrica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La estimación del número de viviendas se realiza a partir del índice de habitantes por vivienda con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2013, estimada a partir del censo del año 2005.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Unidad de planeación minero energética, cobertura de energía eléctrica 2013.

2. Precisiones de la información.

La UPME identifica tres ICEE para cada municipio. ICEE para cabecera municipal, ICEE resto e ICEE total. Se toma como referencia para el cálculo del índice de competitividad, el ICEE total.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se excluyen cinco registros de la base de datos de la información fuente que no corresponden a la clasificación de municipios del DANE: Belén de Bajirá (Chocó); Acaricuara, Villa Fátima (Vaupés), y Santa Rita y San José de Ocune (Vichada).

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El IC es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tiene el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible de un cultivo.

Se calcula como el valor absoluto de:

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

Donde:

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

MIN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MAX: 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.

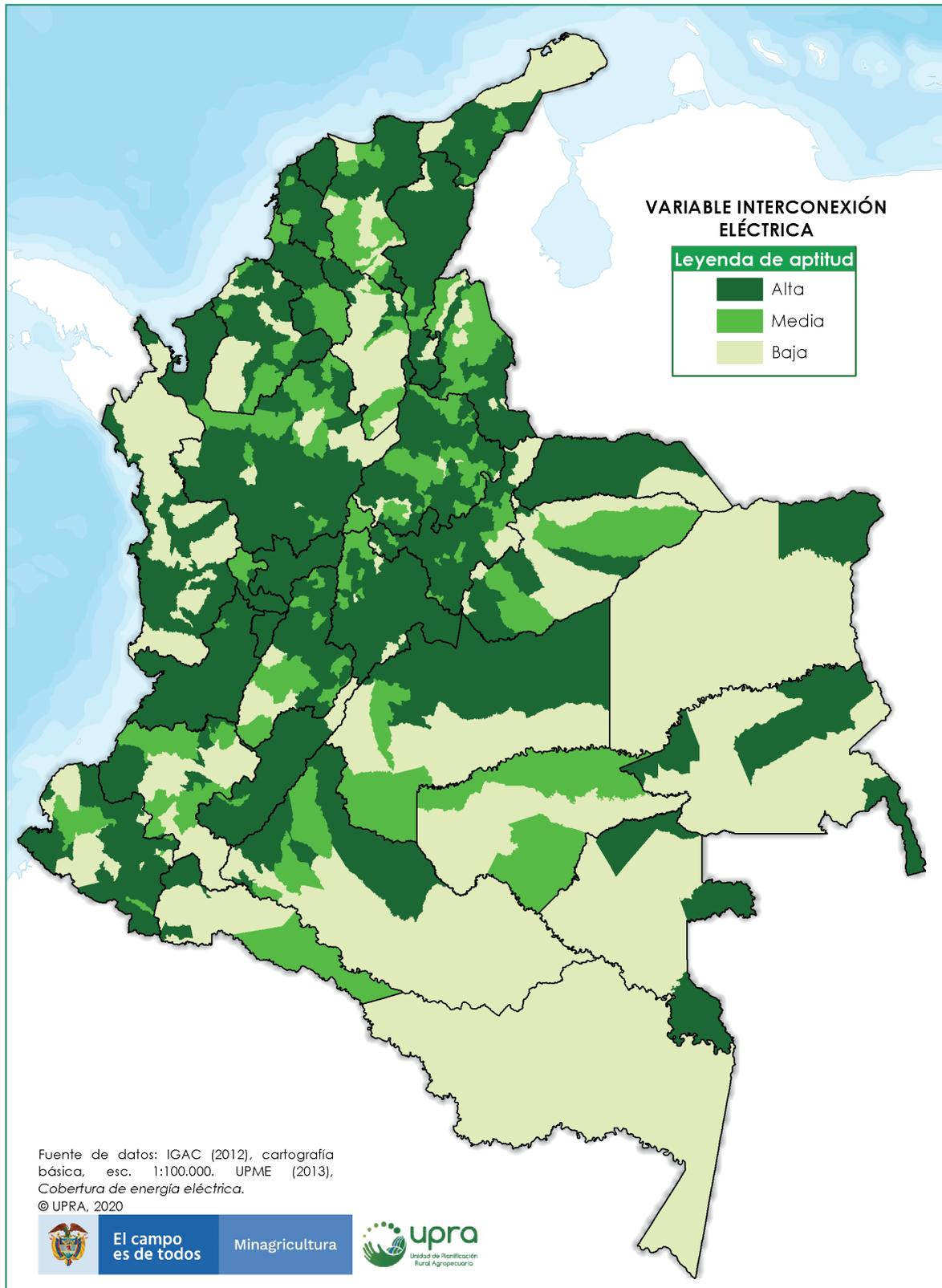
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en la dispersión del ICEE. Para analizar los datos se elabora el histograma de distribución y se calculan los estadígrafos como apoyo para definir los puntos de corte.

Unidad de análisis

Porcentaje Índice de cobertura del servicio de energía eléctrica

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UPME. (2012). *Metodología para la estimación del índice de cobertura del servicio de energía eléctrica – ICEE*. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/Documents/Libro_PIEC.pdf
- _ (2015). *Cobertura de energía eléctrica a 2013*. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>.

3.4.5 Variable presencia de entidades bancarias

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
VARIABLE: interconexión eléctrica		UNIDAD DE MEDIDA: número de entidades bancarias en el municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Existencia de establecimientos bancarios cuya función principal es la captación de recursos en cuenta corriente bancaria, así como también la captación de otros depósitos a la vista o a término, con el objeto primordial de realizar operaciones activas de crédito (artículo 2.2. del Decreto 663 de 1993).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a las condiciones del municipio para acceder y utilizar diferentes canales para realizar movimientos financieros, que son indispensables en los procesos productivos del cultivo de arroz.

La probabilidad de contar con los servicios que ofrecen las entidades bancarias, incide en la reducción de costos de transacción, en el incremento de la seguridad en las transacciones y facilita el acceso a recursos financieros propios o al crédito.

Existe una relación directa entre el número de entidades bancarias y la aptitud del municipio. Municipios que presenten mayor número de entidades bancarias, serán más competitivos; se presume que hay una mayor posibilidad de acceder a créditos agropecuarios.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN

Los rangos para la espacialización de las variables se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud, alta (A1); media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Número de entidades bancarias en el municipio
Alta (A1)	> 3
Media (A2)	1-3
Baja (A3)	Sin entidad bancaria

El número de entidades bancarias más alto es el de Bogotá, D. C., con 21 entidades, y en Cali y Barranquilla, con 20 entidades, respectivamente. En 921 municipios del país existen menos de tres entidades bancarias, de los cuales 632 municipios tienen entre una y dos entidades y 289 municipios no cuentan con entidad bancaria.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se incorporan compañías de financiamiento, cooperativas y demás entidades financieras distintas a los bancos, que ayudan también a agilizar los movimientos financieros y que ofrecen servicios de crédito, dado que no en todos los municipios del país hay presencia de dichas organizaciones.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Superintendencia Financiera de Colombia. 2014. Número de oficinas y empleados por departamento y municipios: bancos.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización se toma como referente el número de entidades bancarias existentes en el municipio; los municipios que no tienen entidades bancarias, se ubican en la categoría de aptitud baja (A3).

3. Clasificación de los municipios por aptitud.

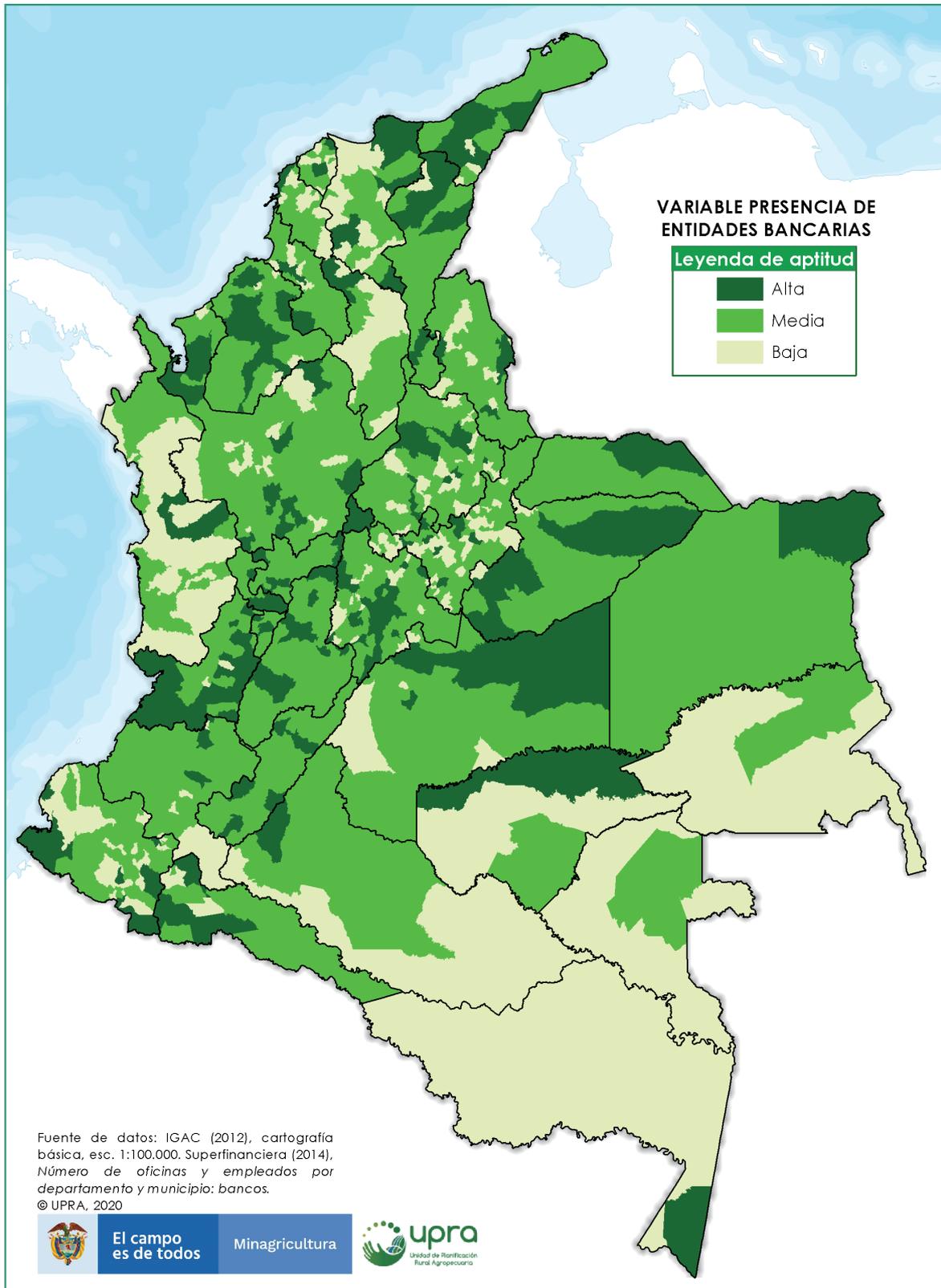
Los puntos de corte para establecer las categorías de aptitud se definen así: aptitud alta (A1), municipios donde tienen presencia más de tres entidades bancarias, ya que muestran una mayor capacidad para acceder a los recursos financieros requeridos por el sector para el cultivo; con aptitud media (A2), municipios donde hay entre una y tres entidades bancarias, y con aptitud baja (A3), municipios sin entidades bancarias, de los cuales existen 289 en el país.

Unidad de análisis

Número de entidades bancarias en el municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2014). *Número de oficinas y empleados por departamento y municipio – Bancos*. Recuperado de: <<https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10084297>>
- Decreto 663 de 1993. *Estatuto Orgánico del Sistema Financiero. Parte I - Descripción Básica de las entidades sometidas a vigilancia de la Superintendencia Bancaria*. Recuperado de: <<https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=15488>>.

3.4.6 Variable cercanía a centros de transformación

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura y logístico		
VARIABLE: cercanía a centros de transformación		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 centros de transformación del arroz paddy verde (molino), desde un punto del territorio donde se cultiva el grano.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta los centros de transformación (molinos) del arroz, teniendo en cuenta la diferenciación en el tamaño del molino.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la comercialización de la producción agrícola. Zonas más cercanas a molinos, cuentan con mayores oportunidades y costos más competitivos para vender el arroz cosechado paddy verde y realizar valor agregado para la transformación en paddy seco, o en arroz blanco.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta la planta de transformación, así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento, de acuerdo al tamaño del molino (horas)
Alta (A1)	Desplazamiento < 2 horas de molinos grandes, < 1 hora molinos medianos y < 0,5 horas de molinos pequeños.
Media (A2)	Desplazamiento entre 2 y 4 horas molinos grandes, entre 1 y 2 horas molinos medianos y entre 0,5 y 1 horas molinos pequeños
Baja (A3)	Desplazamiento > 4 horas de molinos grandes, > 2 horas de molinos medianos y > 1 horas de molinos pequeños

De acuerdo con la información suministrada por Fedearroz, basado en la cuota de fomento arrocero y con cálculos de la subgerencia financiera, para 2015 Colombia contaba con 141 molinos de arroz, ubicados en 44 municipios de 16 departamentos. El departamento que más molinos tiene es Tolima (30), seguido por el departamento de Meta (26) y Norte de Santander (12).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El tamaño de los molinos se clasifica de acuerdo con el volumen captado. Igualmente, molinos que quedan en regiones donde se siembra arroz riego, como son Tolima, Valle del Cauca, Huila y Cesar, entre otros, en épocas de sobreoferta de arroz, se abastecen del arroz producido de las siembras de secano. Por tal razón, no se coloca máscara que filtre los molinos porque muchos compran arroz en el sistema de riego y en el de secano, según la época del año.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

Fedearroz. 2016. Cuota de fomento arrocero. Tamaño de molinos.

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 que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

La localización de los centros de transformación de arroz, se realiza teniendo en cuenta la ubicación del municipio del molino reportado por Fedearroz, y para su ubicación se toman la zona urbana correspondiente. A su vez, se diferencian los tamaños del molino así: capacidad de almacenamiento, molinos grandes cuando pueden almacenar más de 30.000 t; molinos medianos con almacenamiento entre 15.000 y 30.000 t y molinos pequeños, menos de 15.000 t.

La diferenciación del tamaño de los molinos busca darle un mayor radio de influencia a aquellos molinos que son grandes frente a los molinos pequeños; se busca aumentar por la vía de la isócrona el radio de cobertura de un molino grande frente a uno pequeño.

4. Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta los centros de transformación y el tamaño de los molinos, así:

Aptitud alta (A1): desplazamiento menor a 2 horas de molinos grandes, 1 hora molinos medianos, y 0,5 horas de molinos pequeños.

Aptitud media (A2): desplazamiento entre 2 y 4 horas molinos grandes, entre 1 y 2 horas molinos medianos, y entre 0,5 horas y 1 hora molinos pequeños.

Aptitud baja (A3): desplazamiento mayor de 4 horas de molinos grandes, mayor de 2 horas de molinos medianos, y mayor de 1 hora de molinos pequeños.

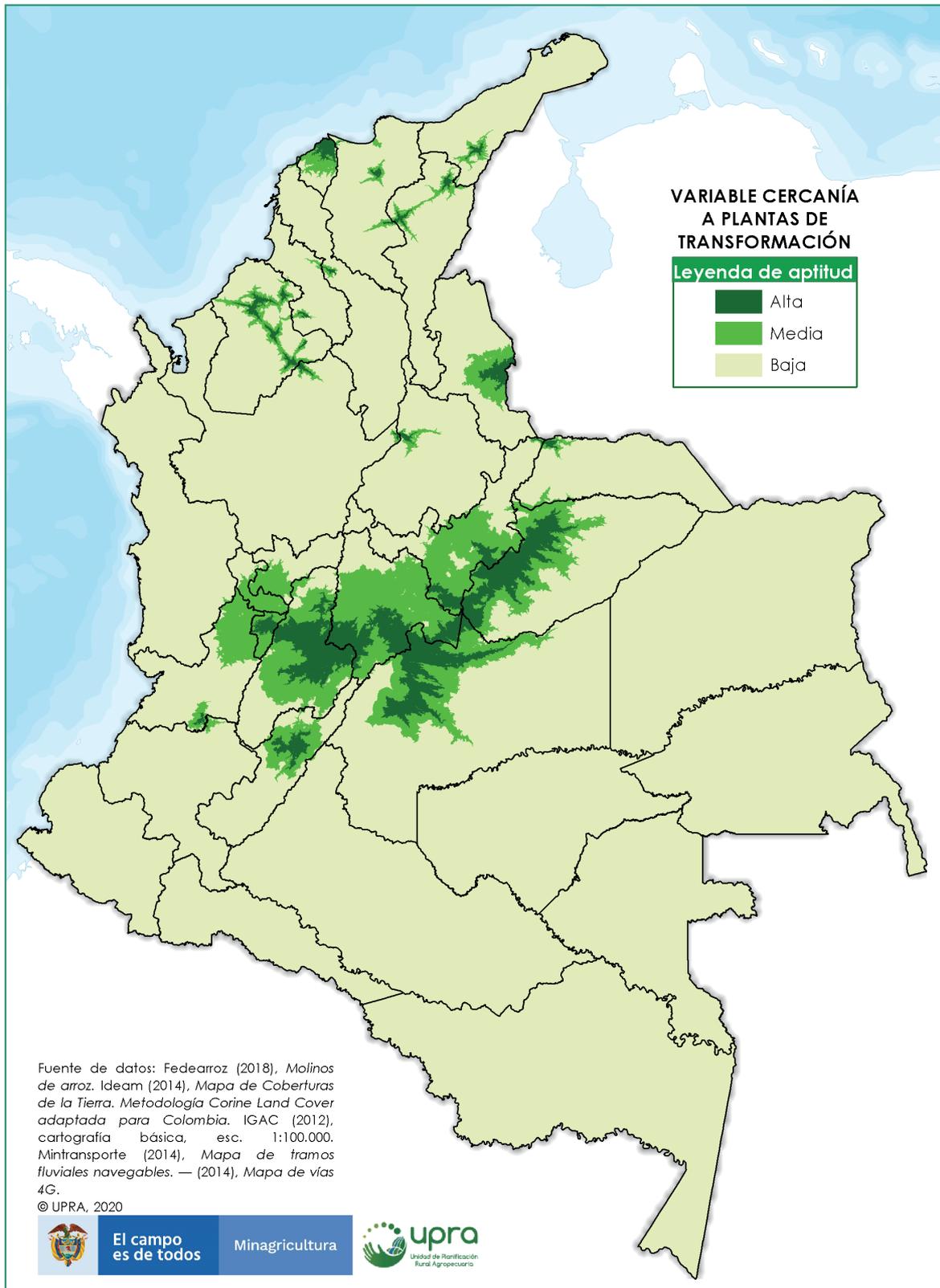
Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fedearroz. (2016). *Molinos de arroz en Colombia, según tamaño*. Bogotá: Fedearroz.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*. Bogotá: Mintransporte.

3.5. CRITERIO DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO: disponibilidad de mano de obra		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Población rural en edad de trabajar (PET_{20-64}), expresada como número de personas.
- Oferta educativa, expresada como tiempo de desplazamiento en horas, según el número de programas agrícolas en el municipio.
- Cercanía a centros petroleros, expresada como tiempo de desplazamiento en horas.

DEFINICIÓN

Identifica condiciones que afectan, positiva o negativamente, la disponibilidad de mano de obra para las necesidades del sector arrocero.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Genera información sobre el potencial de la oferta laboral de un municipio en función de la disponibilidad de mano de obra, las habilidades para asimilación y transferencia de conocimientos y las posibilidades de acceder a programas de formación académica para su capacitación. Estos elementos hacen posible operar un sistema productivo y orientarlo a la productividad y la competitividad.

Permite a los agentes económicos proyectar y dimensionar la permanencia del capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, factores que determinan la competitividad de un cultivo en el nivel municipal y sectorial.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los algoritmos utilizados para la estimación de los tiempos de desplazamiento, metodología de isócronas, no incluyen los costos y frecuencia de servicios de transporte, los cuales también inciden en la movilidad de la mano de obra a nivel municipal.

La información disponible para determinar la población en edad de trabajar (PET), corresponde al censo general de población y vivienda del DANE (2005) vigente, lo que no permite conocer la dinámica demográfica actual, en las zonas rurales de los municipios.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (Analytics Hierarchy Process), calificado con expertos y con los técnicos de Fedearroz, condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄ rural)	Oferta educativa	Cercanía a centros petroleros
IDISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA	Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄ rural)	1		
	Oferta educativa	1/3	1	
	Cercanía a centros petroleros	1/3	1/5	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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			

Teniendo en cuenta el software PriEst (Priority Estimation Tool), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios, según categorías de aptitud (A1, A2, A3) y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1=3; A2=2 y A3=1.

Criterio	Variables	Ponderación (%)
Disponibilidad de mano de obra	Población en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄ rural)	61,7
	Oferta educativa	29,7
	Cercanía a centros petroleros	8,6
TOTAL PONDERACIÓN		100,0

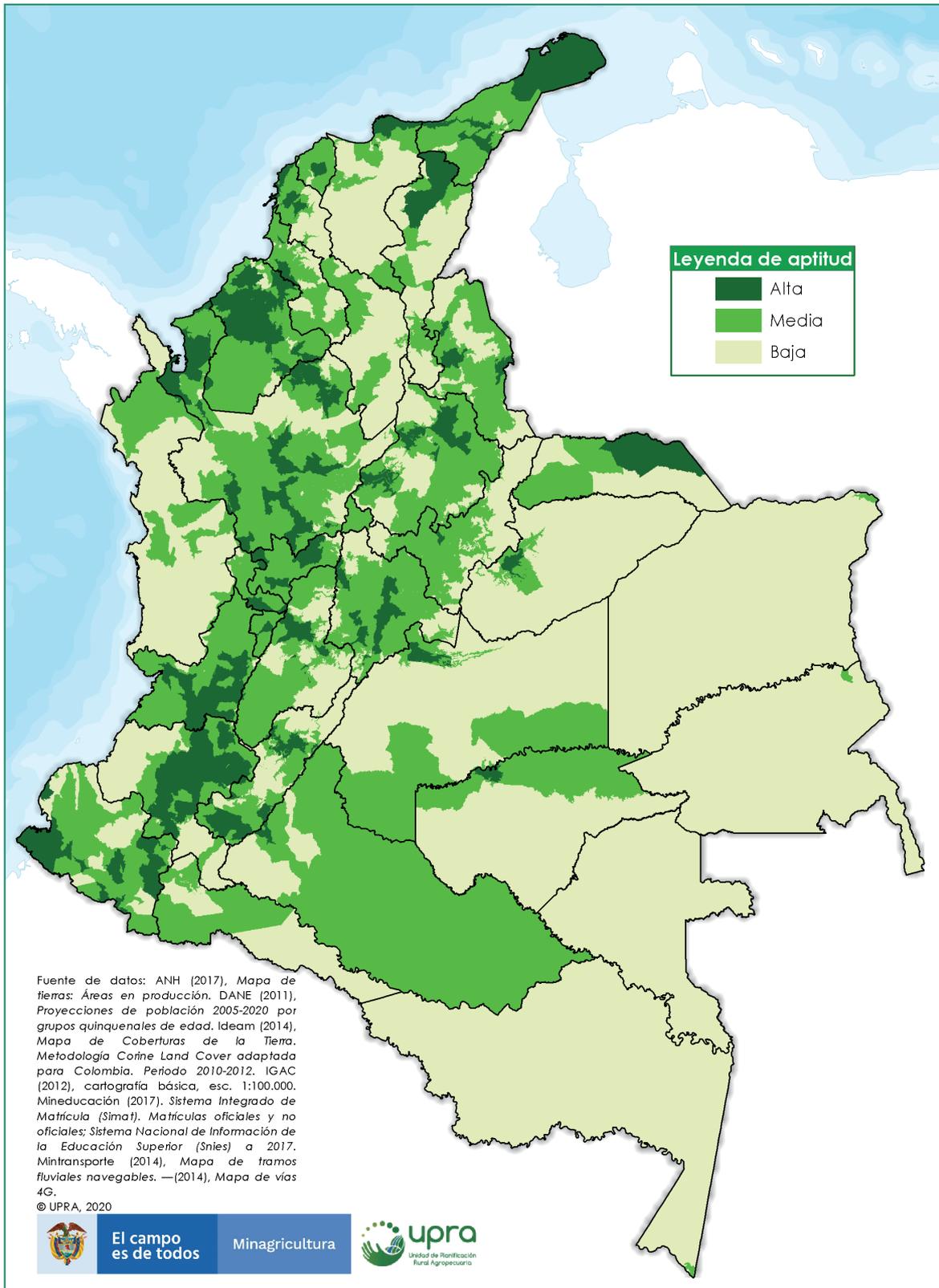
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Cercanía a centros petroleros	Tiempo de desplazamiento (horas)	> 1	0,5-1	< 0,5
Población rural en edad de trabajar (PET20-64)	Número de personas	> 34.261	8353-34.261	< 8353
Oferta educativa	Tiempo de desplazamiento, según número de programas agrícolas (horas)	Desplazamiento < 2 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas y desplazamiento < 1 hora de cabeceras municipales entre 1 y 10 programas	Desplazamiento entre 2 y 3 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas o desplazamiento entre 1 y 2 horas a cabeceras municipales entre 1 y 10 programas	Desplazamiento > 3 horas de cabeceras con más de 11 programas y > 2 horas a cabeceras entre 1 y 10 programas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2011). “Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total área 1985-2020”. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls>
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación. (2017). *Programas de educación superior a 2017*. Sistema de Información Nacional de Educación Superior SNIES. Bogotá: Mineducación
- DNP. (2018). Portal Terridata. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/>. Bogotá: DNP.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (SENA) (2017). “Programas de formación en porcicultura a 2017”. Servicio Nacional de Aprendizaje. Bogotá: SENA.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD): <https://directorio.unad.edu.co/se-des-a-nivel-nacional-e-internacional>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (ANH) 2016. Bogotá: ANH
- Minminas. (2014). Recuperado de: <https://www.minminas.gov.co/.../02.../c9f5867b-4c93-4203-9b5c-889d6c0ddb8>.
- Plan Nacional de Desarrollo 2018 “Todo por un nuevo país”.

3.5.1 Variable población rural en edad de trabajar (PET₂₀₋₆₄)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: económico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: población rural en edad de trabajar (PET ₂₀₋₆₄)	UNIDAD DE MEDIDA: número de entidades bancarias en el municipio	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Personas de las zonas rurales entre los 20 y 64 años edad a partir de la cual se consideran que están en capacidad de trabajar, de acuerdo con las series de población estimadas por el DANE (2011) para 2017. Debido a la disponibilidad de información etaria por lustros de edades, se decide asociar el rango de edad para trabajar de los 20 a los 64 años.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Existe una relación directamente proporcional entre la población rural en edad de trabajar y la aptitud del municipio. Municipios con una mayor PET_{20-64} rural, permite a los productores y agentes económicos mejores opciones en la disponibilidad de mano de obra (oferta laboral) que podría ser aprovechada para el desarrollo de las actividades propias del cultivo.

Se puede establecer una relación directa entre el número de personas de población rural en edad de trabajar y la aptitud del municipio, que debe ser matizada por los valores en nivel para determinar la verdadera capacidad de respuesta en el suministro de mano del territorio ante posibles iniciativas productivas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron siguiendo la metodología de agrupamientos de variables socioeconómicas específicamente el método de Danielius- Hoges

Aptitud	Número de personas
Alta (A1)	> 34.261
Media (A2)	8353-34.261
Baja (A3)	< 8353

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La vinculación de la población rural en edad de trabajar no se presenta en su totalidad, dado que una fracción de las personas 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 (régimenes especiales) o pueden recibir algún tipo de pensión por alguna discapacidad, entre otras razones, lo que implica que es una aproximación de la oferta de trabajo. Por otra parte, existe la posibilidad de que personas hayan sido calificadas como población urbana pero desarrollen actividades en las zonas rurales, por la manera como está disponible la información no se pueden diferenciar las actividades de la población urbana y por ende se trabaja la población rural.

Para el análisis de la variable un limitante es el supuesto que se hace respecto a que la población en edad de trabajar está distribuida dentro del total de la población municipal, de la misma manera tanto para el territorio rural como para el urbano. El anterior supuesto es el que permite estimar el porcentaje de población rural en edad de trabajar en cada municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2017. Proyecciones de población municipal, por grupos quinquenales de edad

DNP. 2018. Portal Terridata.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

2. Precisiones de la información.

La fuente para la estimación de la PET_{20-64} rural son las proyecciones de población de mediano plazo (2005-2020) del DANE. Sin embargo, debido a que la información de la PET está disponible únicamente por grupos quinquenales y para el conjunto municipal, se toma la información de los 13 rangos de población correspondientes a edades entre 20 y 64 años, tanto para hombres como para mujeres.

Se suman los 13 rangos quinquenales de población y se establece el total de población municipal en edad de trabajar al dividir dicho valor por el total de la población municipal y dicho porcentaje se aplica a la población rural del municipio calculada por el DANE.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para definir los rangos de aptitud se establecen unos puntos de corte definidos según la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indica la necesidad de utilizar el método de Danielius-Hogess.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Para clasificar la variable de población rural en edad de trabajar se hace un ordenamiento de la información municipal (número de habitantes rurales que están en ese grupo de edad 20-64 años) de mayor a menor.

Acto seguido, se aplica el método estadístico Dalenuis-Hodges, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares en entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clúster ($k = 2$).

El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera descendente.

2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (L \cdot 10, n)$.
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados. De acuerdo con:

$$\lim \inf C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k - 1) \cdot \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

$$\lim \sup C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k) \cdot \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase.
5. Obtener la raíz cuadrada de la frecuencia en cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_h} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{L} C_j$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella que presenta la mínima distancia a Q . Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes al límite inferior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al realizar la clasificación de esta última serie en tres agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Aptitud alta (A1): donde en número de personas rurales de la PET_{20-64} es mayor a 34.261.

Aptitud media (A2): donde en número de personas rurales de la PET_{20-64} entre 8.353 y 34.261.

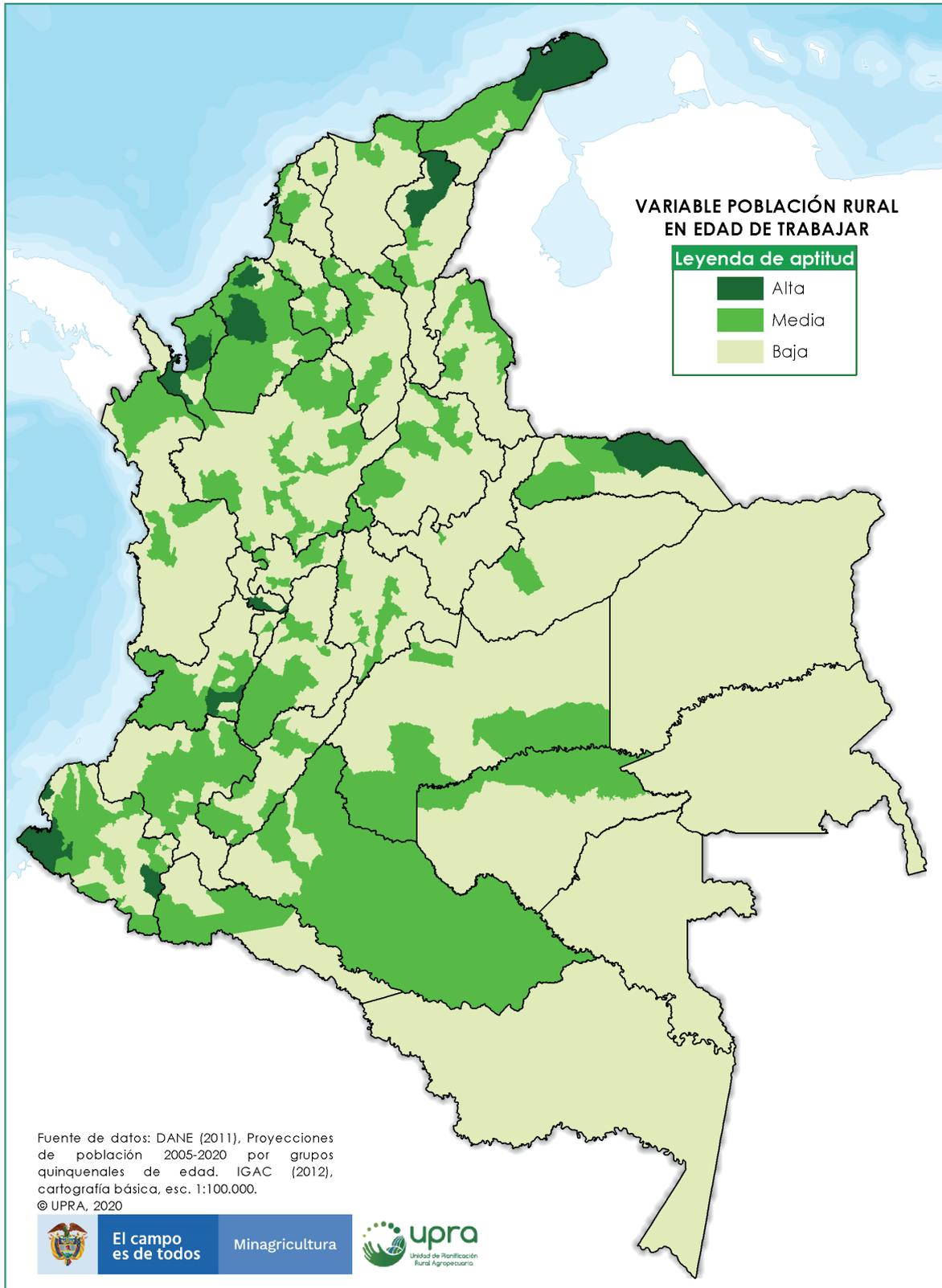
Aptitud baja (A3): donde en número de personas rurales de la PET_{20-64} es menor a 8.353.

Unidad de análisis

Número de personas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2011). *Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal total área 1985-2020*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls>
- DNP. (2018). Portal Terridata. Recuperado de: <<https://terridata.dnp.gov.co/#/>> Bogotá: DNP
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

3.5.2 Variable oferta educativa

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: oferta educativa		UNIDAD DE MEDIDA: número de entidades bancarias en el municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

La capacitación como parte de la educación, se define como el conjunto de actividades didácticas, orientadas a ampliar los conocimientos, habilidades y aptitudes de la persona que laboran en un oficio determinado (OCDE, 2009).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La capacitación es uno de los factores que más influye e incide en el avance y progreso de las personas y sociedades, el enriquecimiento de conocimientos, en la actualización de la tecnología, la información y la innovación, de los procesos propios de las labores agrícolas.

La capacitación representa especial importancia en la zonificación, toda vez que garantiza elevar las condiciones culturales de la población que se dedica a las labores propias del cultivo de arroz y a los futuros inversores, disponer de talento humano, con destrezas y/o conocimientos técnicos, tecnológicos o profesionales, en actividades del sector que, al vincularse a los procesos productivos, pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la cadena del arroz.

En consecuencia, en los municipios en donde existen mayor número de programas de formación académica con modalidad presencial, son más aptos por poseer mayor 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 proporcional a la oferta educativa a nivel técnico, tecnológico y profesional en áreas relacionadas a la agricultura.

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: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	Desplazamiento < 2 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas y desplazamiento < 1 hora de cabeceras municipales entre 1 y 10 programas
Media (A2)	Desplazamiento entre 2 y 3 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas o desplazamiento entre 1 y 2 horas a cabeceras municipales entre 1 y 10 programas
Baja (A3)	Desplazamiento > 3 horas de cabeceras municipales con más de 11 programas y > 2 horas a cabeceras municipales entre 1 y 10 programas

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados depende del número de programas registrados en el Mineducación, según cada municipio, no del número de graduados o egresados por municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Mineducación. 2015. Simat: matrículas oficiales y no oficiales (2014) y Snies, 2017.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

2. Precisiones de la información.

Número de programas académicos ofertados para cada municipio los cuales se identificaron a partir de los registros de educación superior. Entre los programas que se asignaron a cada municipio se tiene en cuenta la totalidad de programas relacionados a las áreas agrícolas con formación técnica, tecnológica, universitaria y especializaciones. Teniendo en cuenta solamente los programas que están activos para el año 2017.

Se construye una base de datos solamente con la información filtrada y sobre ella se calculan los agrupamientos, utilizando el método Dalenuis-Hodges.

El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera descendente
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (L*10, n)$.
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados. De acuerdo con:

$$\lim \inf C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k - 1) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

$$\lim \sup C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase
5. Obtener la raíz cuadrada de la frecuencia en cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_h} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{L} C_j$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella que presenta la mínima distancia a Q, Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes al límite inferior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al definir los municipios según la categoría, se les aplicó las isócronas.

La metodología de isócronas empleadas por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitables 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 (2017) de los programas agrícolas ofrecidos por los centros educativos, constituyéndose estos en los puntos de referencia para la construcción de isócronas.

4. Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento a los centros educativos de acuerdo al número de programas ofrecidos así:

Aptitud alta (A1): desplazamiento < 2 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas y desplazamiento < 1 hora de cabeceras municipales entre 1 y 10 programas.

Aptitud media (A2): desplazamiento entre 2 y 3 horas a cabeceras municipales con más de 11 programas o desplazamiento entre 1 y 2 horas a cabeceras municipales entre 1 y 10 programas.

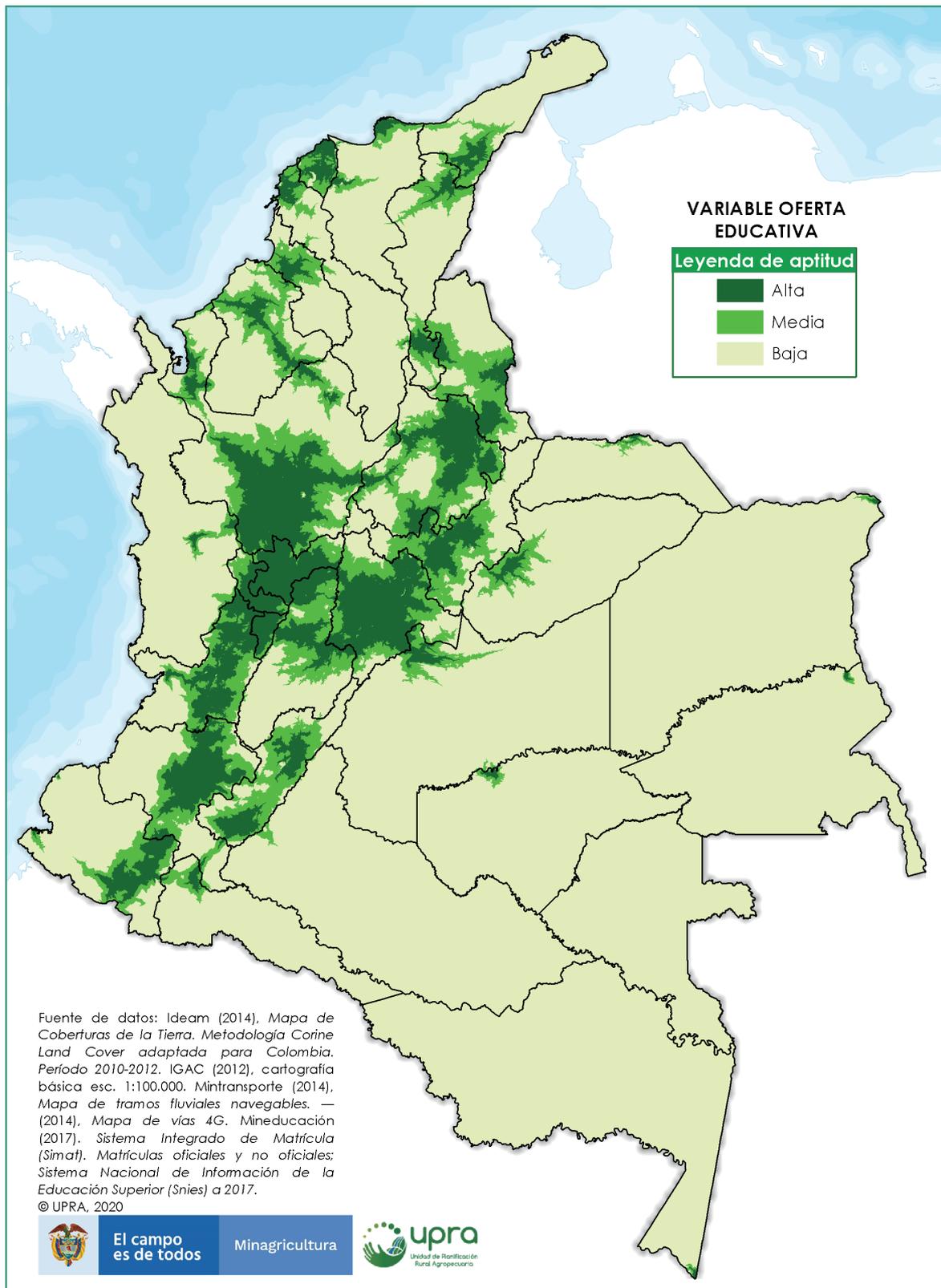
Aptitud baja (A3): desplazamiento > 3 horas de cabeceras con más de 11 programas y > 2 horas a cabeceras entre 1 y 10 programas.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas, según número de programas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mineducación (2017), Sistema Integrado de Matrícula (Simat). Matrículas oficiales y no oficiales, año 2014; Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) a 2017
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*. Vías 4G. Bogotá: Mintransporte.

3.5.3. Variable cercanía a centros petroleros

F

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: cercanía a centros petroleros		UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Áreas geográficas donde se llevan a cabo actividades de explotación, perforación de pozos profundos, explotación, acopio y transformación de crudos de petróleo.

El Decreto 1668 de 21 de octubre de 2016, en el artículo 91 de la Ley 136 de 1994, modificado por el artículo 29 de la Ley 1551 de 2012, dispone en el numeral 6 del literal f) que el alcalde de cada municipio certificará la residencia a aquellas personas que residen en el territorio del área de influencia de los proyectos de exploración y explotación petrolera, y que en caso de no encontrarse mano de obra no calificada en dicho territorio, se podrá contratar mano de obra de los territorios municipales vecinos, privilegiando de esta manera la contratación de mano de obra residente en los territorios del área de influencia de los mencionados proyectos.

Centro petrolero: área geográfica donde se lleva a cabo la perforación de pozos profundos para la explotación de yacimientos petrolíferos o refinerías de petróleo crudo.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La variable incide en la oferta de mano de obra directa para desarrollar actividades propias a la explotación petrolera y a los trabajos que se relacionan y derivan directamente de ella, y que

originan condiciones de remuneración y prestaciones sociales insostenibles para actividades agrícolas, en especial para arroz en los Llanos orientales.

Adicionalmente, la población vinculada a la industria también tiene una amplia capacidad de demanda de bienes y servicios, que requieren mano de obra local, la cual es ocupada en calidad de temporal y/o periódico de la población rural, con vocación, conocimientos y experiencia en cultivos de arroz.

Este fenómeno laboral, además es determinante en la toma de decisiones de los inversionistas, en cuanto a la seguridad de la disponibilidad de mano de necesaria para el desarrollo de actividades productivas del sector arrocero.

En consecuencia, la presencia de centros petroleros incide en el desarrollo de actividades productivas del sector arrocero, en razón a que afecta la disponibilidad de mano de obra necesaria en el territorio, dado que genera movimientos poblacionales temporales, recurrentes o permanentes hacia los centros petroleros.

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 centros petroleros:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	> 1
Media (A2)	0,5-1
Baja (A3)	< 0,5

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se identificaron limitantes para evaluar esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Agencia Nacional de Hidrocarburos. 2014. Áreas en producción y exploración.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

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 que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles transitable todo el año

Tipo 2: sin Pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se toma la información más reciente de la Agencia Nacional de Hidrocarburos sobre las áreas en producción y exploración, constituyéndose estos en los puntos de referencia para la construcción de isócronas.

4. Clasificación por aptitud.

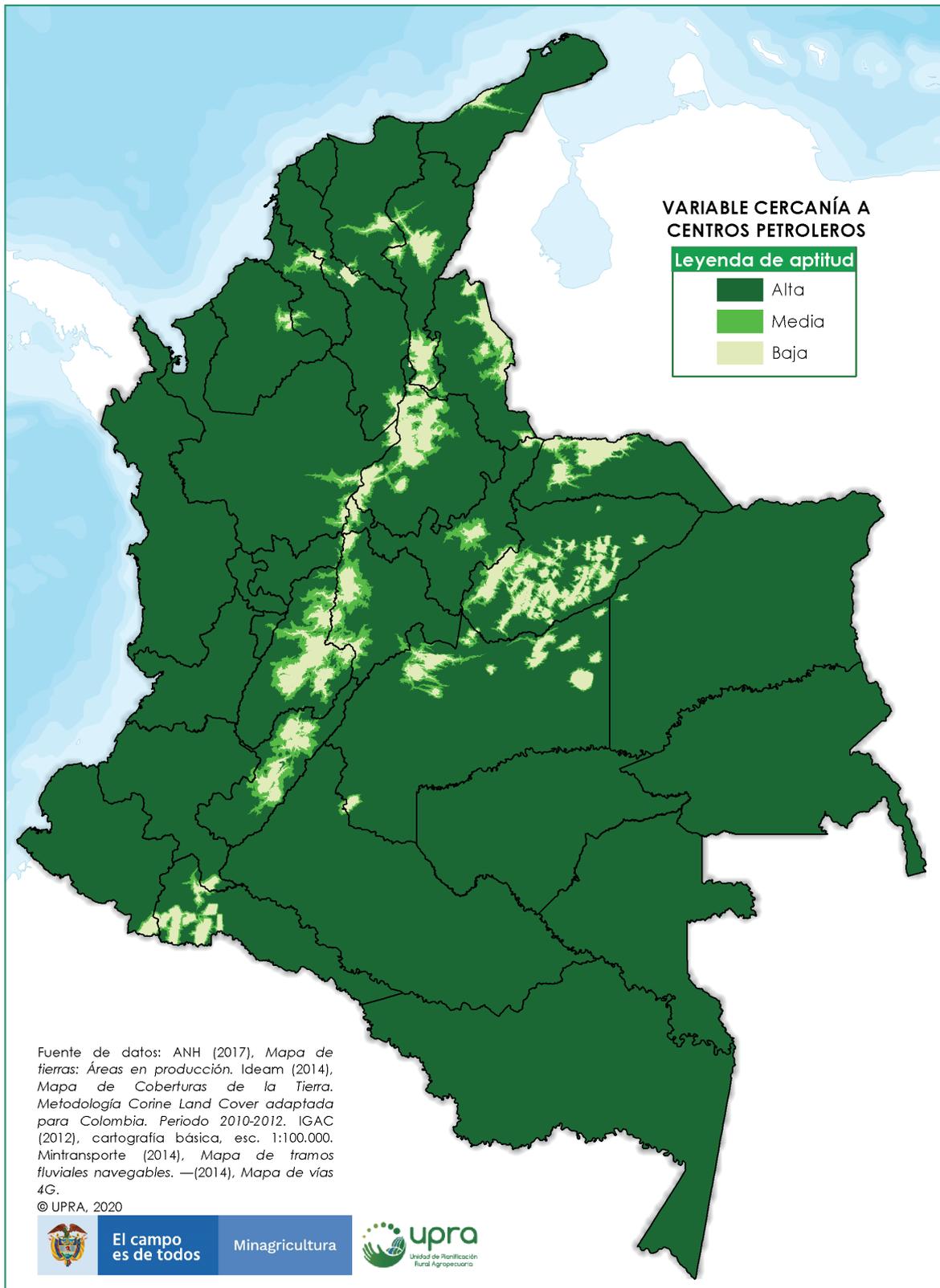
Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento de la mano de obra hasta los centros petroleros. Mano de obra ubicada a tiempos de viaje largos tendrían un mayor incentivo para desplazarse de las actividades agropecuarias, y no hasta las actividades petroleras.

Unidad de análisis

Tiempo en desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (ANH). (2014). Áreas en producción y exploración. Bogotá: ANH
- ... (2014). Áreas en producción y exploración. Bogotá: ANH.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minminas. (2012). Hidrocarburos. Memorias al Congreso de la Republica. Recuperado de: <<https://www.minminas.gov.co/.../02.../c9f5867b-4c93-4203-9b5c-889d6c0ddbfb8>>
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*. Bogotá: Mintransporte.
- **Mintrabajo. (2016). Decreto 1668.** *Medidas especiales con el propósito de facilitar y fortalecer la contratación de mano de obra local en los municipios en los que se desarrollen proyectos de exploración y producción de hidrocarburos*. Bogotá: Mintrabajo.

3.6. CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: seguridad ciudadana		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Homicidios rurales, expresado en número de homicidios por cada 1000 habitantes por municipio.
- Secuestros rurales, expresado en número de secuestros por cada 1000 habitantes por municipio.
- Extorsiones rurales, expresado en número de extorsiones por cada 1000 habitantes por municipio.

DEFINICIÓN

Situación donde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2009).

La seguridad ciudadana produce un efecto de confianza, entendida como ausencia de peligro y daños a la vida y a la integridad física y psicológica y a la pérdida parcial y/o total de la libertad

y del patrimonio de un individuo y/o de un grupo poblacional, determinada por situaciones adversas originadas por las personas.

Para la zonificación de aptitud se consideran la extorsión, el secuestro y el homicidio, como los delitos más repetitivos y que han azotado a los habitantes de zonas rurales en Colombia.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Las condiciones de seguridad en el área rural han sido limitantes para la inversión en proyectos productivos, por lo cual una caracterización de la seguridad ciudadana a nivel municipal, representa particular importancia para orientar a los inversionistas privados y las políticas públicas del sector agropecuario, direccionada hacia una posible etapa de posconflicto.

En las zonas donde han existido fenómenos delictivos de manera reiterada, se ven afectadas la productividad, la seguridad y la integridad física, psicológica, vida, honra y bienes de las poblaciones asentadas, quienes soportan acciones ligadas al secuestro, boleteo, extorsiones, desplazamiento y homicidios, entre otras. Estas acciones delictivas generan un ambiente de desconfianza y ausencia de inversión en proyectos productivos que mejoren la calidad de vida, empleo y oportunidades de los pobladores rurales.

Como consecuencia, entre más frecuente sea la presentación de estos flagelos, menor será la aptitud de la zona.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En las fuentes de información consultadas para las variables de secuestro, extorsión y homicidios, se encontraron municipios sin registros para las variables analizadas. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

Las variables de homicidios, extorsiones y secuestros que se construyeron con las series de tiempo rurales 2013-2017 por lo que se recomienda para próximos ejercicios o actualización del presente, contar con una serie de tiempo más amplia, también con desagregación para la zona rural.

La información usada se caracteriza por estar en constante actualización, lo que puede generar cambios en la serie cronológica analizada.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a partir de la sumatoria de las variables que lo componen, calificando por el más limitante. Las variables califican los municipios según categorías de aptitud (A1, A2, A3). Para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

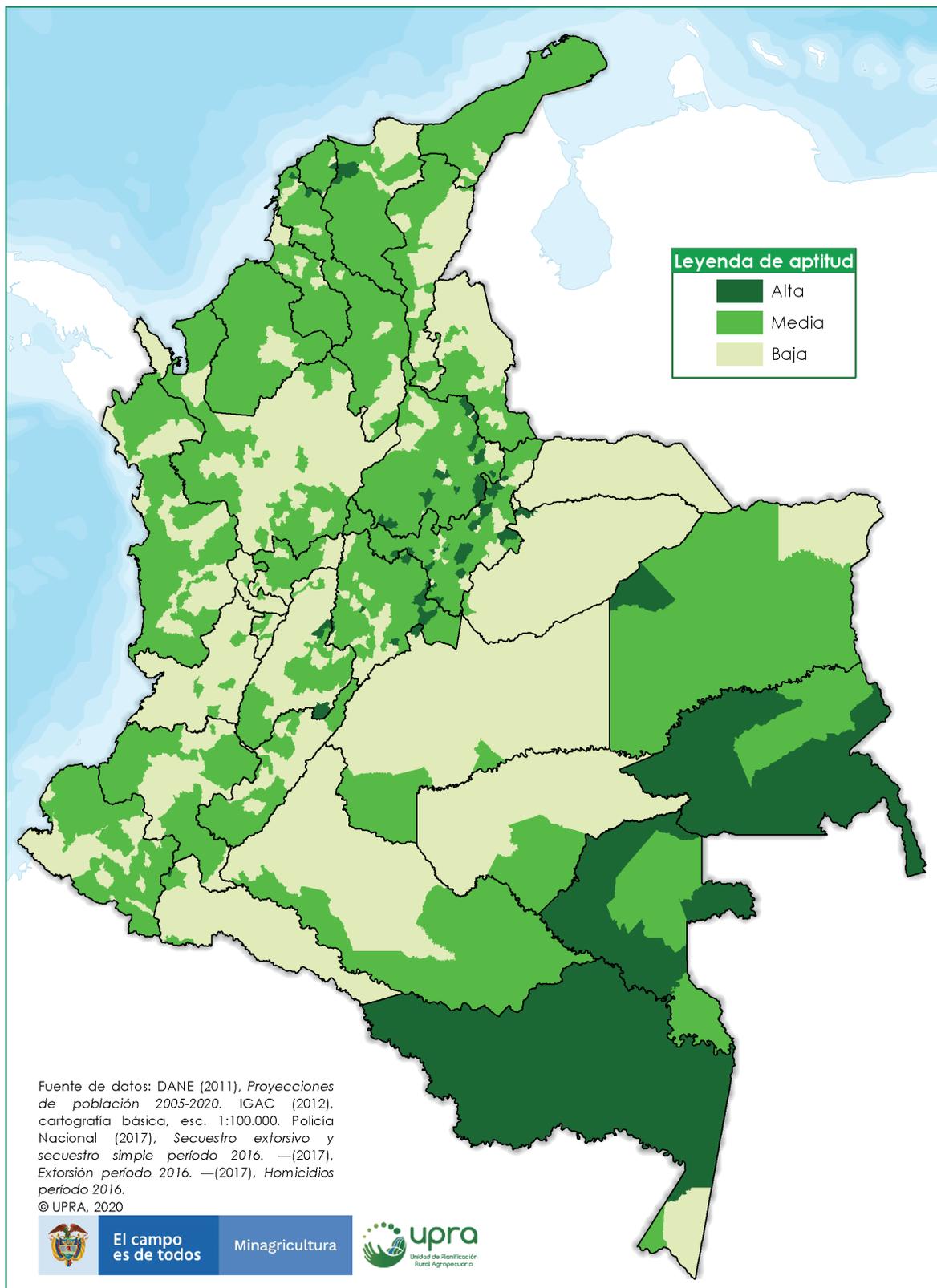
Mediante un árbol de decisión por el más limitante.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Homicidios rurales	Número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin homicidios rurales	< 2,026	≥ 2,026
Extorsiones rurales	Número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin extorsiones rurales	< 0,56	≥ 0,56
Secuestros rurales	Número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin secuestros rurales	< 0,3108	≥ 0,3108

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*.
- Código Penal Colombiano (2000). LEY 599 DE 2000, Artículos 241,242 y 243. Recuperado de: <http://leyes.co/codigo_penal.htm>
- DANE. (2011), Proyecciones de población 2005-2020.
- IGAC. (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Policía Nacional de Colombia. (2018), Extorsión período 2013-2017.
- _ . (2018), Homicidios periodo 2013-2017.
- _ . (2018), Secuestro extorsivo y secuestro simple período 2013-2017.

3.6.1 Variable homicidios rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: seguridad ciudadana		
VARIABLE: homicidios rurales		UNIDAD DE MEDIDA: número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes por municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

La palabra homicidio deriva del vocablo latino homicidium y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. (Comportamiento del Homicidio_Colombia 2013). El homicidio se puede definir como “Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendida (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional (culpabilidad)”. (Homicidio_Colombia 2008).

El homicidio, además de un hecho violento, es un delito que se tipifica en el Código Penal (Ley 599 de 2000) a partir de tres elementos característicos o paradigmas: tipicidad, antijuridicidad y culpabilidad. Existen dos categorías que permiten identificar este delito en cuanto a la conducta punible del agresor: el dolo y la culpa. (Comportamiento del Homicidio_Colombia 2013)

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La espacialización de la variable muestra la ocurrencia de esta actividad violenta en un período de tiempo específico, en los municipios del país, de allí su importancia ya constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores, para tratar de proyectar el comportamiento de delito a nivel municipal. Pudiendo así, con el análisis de esta variable, contribuir a la formulación de lineamientos de políticas desde el sector lechero o a tomar las medidas de mitigación respectivas desde los productores o posibles inversores.

A su vez contribuye al sector identificando las zonas del país donde estadísticamente se ha presentado el delito en mayor o menor número y de esta manera ubicar actividad comercial y productiva con el menor riesgo.

La aptitud competitiva de un municipio es inversa a la presencia del delito. A mayor número de homicidios rurales, menor es la aptitud del municipio.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En las fuentes de información consultadas para la variable homicidios, cuenta con municipios sin registros. Por lo que estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Información de homicidios: Mindefensa. Policía Nacional. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. Casos de homicidios en zona rural registrados por la Policía Nacional, período del 01 de enero al 31 de diciembre para los años 2013 a 2017.

Información población: DANE. Población rural. Proyección censo nacional de población y vivienda, período histórico 2013-2017.

Información geográfica para generación del mapa: IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

2. Precisiones de la información.

Se analizó el número de homicidios en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de homicidios en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el índice de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma:

- A partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zona rural para el período 2013-2017 (remitidas por la Policía Nacional), se realizó la sumatoria de los cinco años.
- Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2005-2020), que se encuentran discriminadas entre cabecera y resto, se extrajo la información de resto asociándola a la población rural y se promedió para los años 2013-2017.
- Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de homicidios rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Para clasificar la variable de homicidios luego de la construcción del índice de homicidios por cada 1000 habitantes, que combina la información para los cinco años de la serie, se dividió la serie en dos grupos: i. el primero, con los municipios que no registraron homicidios y, el segundo, ii. los municipios que tenían uno o más casos de homicidios registrados.

Acto seguido, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, se les asignó aptitud alta (A1) para la zonificación de arroz seco y, para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico Dalenius-Hodges, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares en entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clúster ($k = 2$).

El método Dalenius-Hodges aplica en el caso de una sola variable y consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. El método presentan los siguientes pasos:

- Ordenar las observaciones de manera descendente
- Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (L*10, n)$.
- Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados. De acuerdo con:

$$\lim \inf C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k - 1) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

$$\lim \sup C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

- A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase
- Obtener la raíz cuadrada de la frecuencia en cada clase.

6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{fh} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{L} C_j$$

Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella que presenta la mínima distancia a Q. Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes al límite inferior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de media aptitud (A2) al grupo de municipios con el menor número de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales y, al grupo restante, con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

Los rangos de aptitud son:

Aptitud alta (A1): municipios donde no se ha reportado el delito.

Aptitud media (A2): municipios resultados del primer clúster, donde se han reportado menos de 2,026 homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales.

Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 2,026 homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo a las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

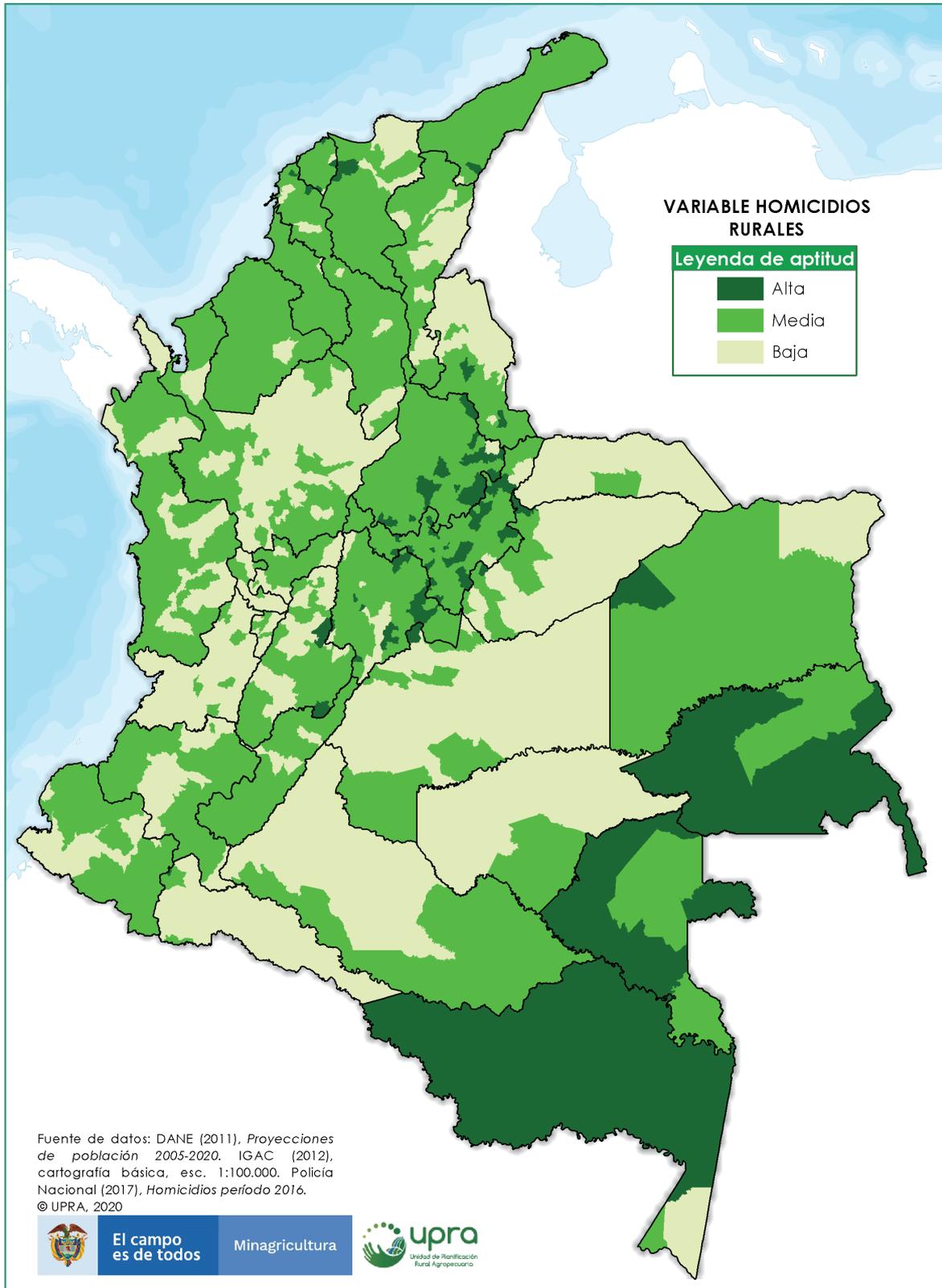
Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Homicidios rurales	Número de homicidios por cada 1000 habitantes por municipio	Sin homicidios	< 2,026	≥ 2,026

Unidad de análisis

Número de homicidios por cada 1000 habitantes por municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2011), Proyecciones de población 2005-2020. Bogotá: DANE.
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Policía Nacional de Colombia. (2018), Homicidios período 2013-2017.

3.6.2 Variable extorsiones rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: seguridad ciudadana		
VARIABLE: extorsiones rurales		UNIDAD DE MEDIDA: número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes por municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto jurídico o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial (Senado de La República de Colombia, 2000, pág. Art. 244).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Indica la vulnerabilidad y/o posible riesgo tanto de la población como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de extorsión, lo cual atenta contra la seguridad y el patrimonio de las personas, poniendo en riesgo las dinámicas económicas y sociales de la población especialmente de aquellas que contribuyen al progreso y mejoramiento en la calidad de vida.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En las fuentes de información consultadas para la variable extorsiones, cuenta con municipios sin registros. Por lo que estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Información de extorsiones: Mindefensa. Policía Nacional. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. Casos de extorsiones en zona rural registrados por la Policía Nacional, período del 1° de enero al 31 de diciembre para los años 2013 a 2017.

Información población: DANE. Período histórico 2013-2017. Población rural. Proyección censo nacional de población y vivienda.

Información geográfica para generación del mapa: IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

2. Precisiones de la información.

- Se analizó el número de secuestros en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de extorsiones en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el índice de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma:

- a. A partir de las series históricas del número de extorsiones registradas en la zona rural para el período 2013-2017 (remitidas por la Policía Nacional), se realizó la sumatoria de los cinco años.
- b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2005-2020), que se encuentran discriminadas entre cabecera y resto; se extrajo la información de resto, asociándola a la población rural y se promedió para los años 2013-2017.
- c. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de extorsiones rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Para clasificar la variable de extorsiones luego de la construcción del índice de extorsiones por cada 1000 habitantes que combina la información para los cinco años de la serie, se dividió la serie en dos grupos: i. el primero, con los municipios que no registraron casos de extorsiones y, el segundo, ii. los municipios que tenían uno o más casos de extorsiones registrados.

Acto seguido, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados se les asignó aptitud alta (A1) para la zonificación de arroz seco y, para el segundo grupo, se aplicó el

método estadístico Dalenius-Hodges, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares en entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clúster ($k = 2$).

El método Dalenius-Hodges aplica en el caso de una sola variable y consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. El método presenta los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera descendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (L*10, n)$.
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados. De acuerdo con:

$$\lim \inf C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k - 1) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

$$\lim \sup C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k) * \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase.
5. Obtener la raíz cuadrada de la frecuencia en cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_h} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{L} C_j$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase, de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella que presenta la mínima distancia a Q, Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes al límite inferior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de media aptitud (A2) al grupo de municipios con el menor número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales y, al grupo restante, con el mayor número de delitos por 1000 habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

Los rangos de aptitud son:

Aptitud alta (A1): municipios donde no se ha reportado el delito.

Aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster; donde se han reportado menos de 0,56 extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales.

Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,56 extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo a las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

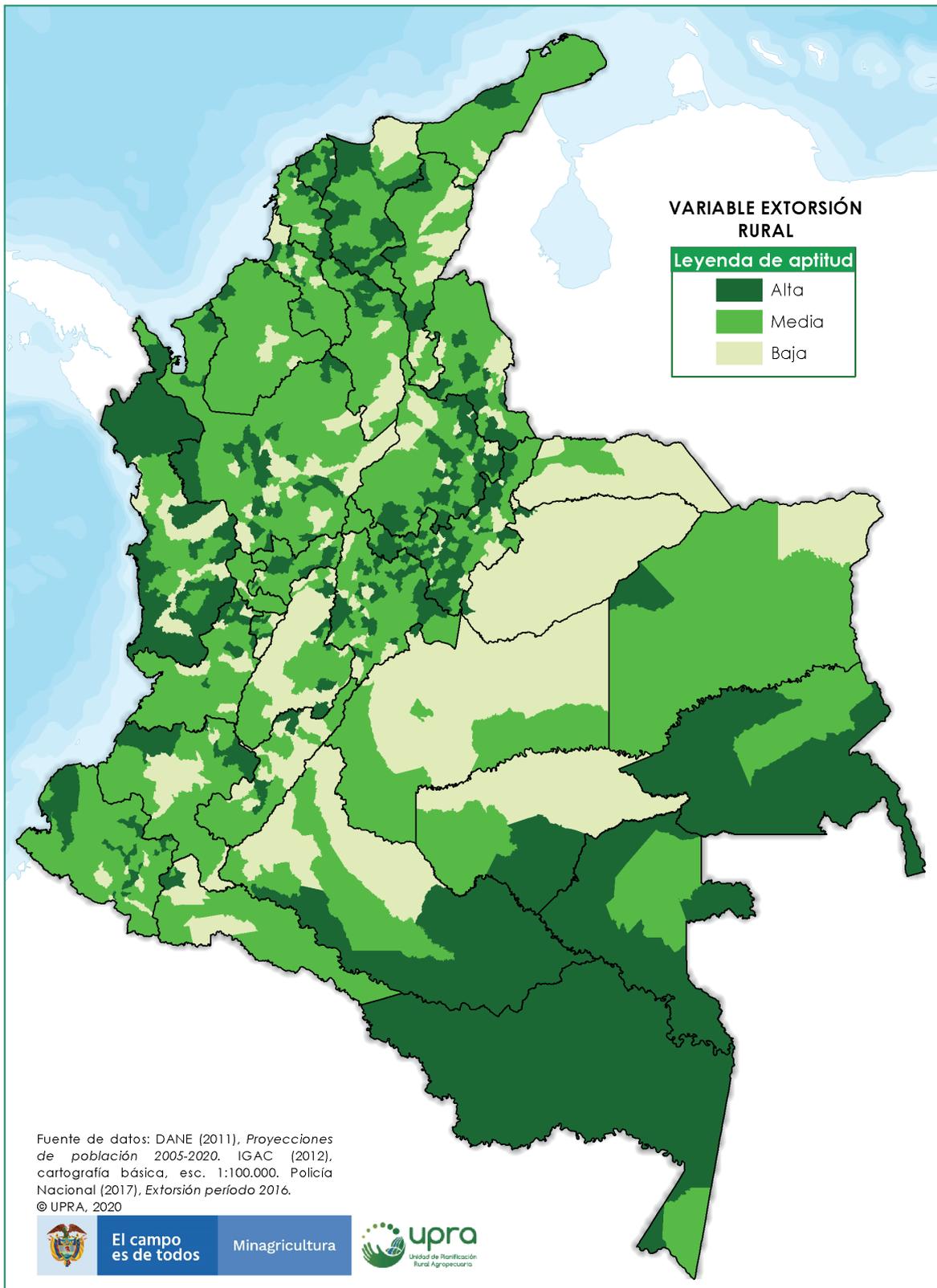
Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Extorsiones rurales	Número de extorsiones por cada 1000 habitantes por municipio	Sin extorsiones	< 0,56	≥ 0,56

Unidad de análisis

Número de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes por municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2011). Proyecciones de población 2005-2020. Bogotá: DANE.
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Policía Nacional (2018). Extorsión periodo 2013-2017.

3.6.3 Variable secuestros rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: seguridad ciudadana		
VARIABLE: secuestros rurales		UNIDAD DE MEDIDA: número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes por municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada; o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo” (Ley 599 de 2000, 2000, p. Art.168)

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La producción en el sector rural, se ha visto especialmente afectada por el conflicto interno, que ha traído consigo toda clase de delitos contra los derechos humanos, entre ellos el secuestro, razón por la cual, la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad y/o posible riesgo tanto de la población como de los potenciales inversores ubicada en las zonas de alta posibilidad de amenaza de secuestro, lo cual atenta contra la seguridad y la integridad de la población, y la interrupción de las redes sociales y las dinámicas productivas establecidas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En las fuentes de información consultadas para la variable secuestros, cuenta con municipios sin registros. Por lo que estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Información de secuestros: Mindefensa. Policía Nacional. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. Casos de secuestros en zona rural registrados por la Policía Nacional, período del 1° de enero al 31 de diciembre para los años 2013 a 2017.

Información población: DANE. 2011. Población rural. Proyección del censo nacional de población y vivienda, período histórico 2013-2017.

Información geográfica para generación del mapa: IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

2. Precisiones de la información.

- Se analizó el número de secuestros en zona rural ocurridos en cada municipio a partir de los registros de la Policía Nacional.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de secuestros en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el índice de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma:

- a. A partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2013-2017 (remitidas por la Policía Nacional), se realizó la sumatoria de los cinco años.
- b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2005-2020), que se encuentran discriminadas entre cabecera y resto, se extrajo la información de resto asociándola a la población rural y se promedió para los años 2013-2017.
- c. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de secuestros rurales sobre el número promedio de habitantes en zona rural y se proyectó como índice por cada 1000 habitantes.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

- Para clasificar la variable de secuestros luego de la construcción del índice de secuestros por cada 1000 habitantes, que combina la información para los cinco años de la serie, se dividió la serie en dos grupos: i. el primero con los municipios que no registraron secuestro y el segundo ii. Los municipios que tenían uno o más casos de secuestros registrados.
- Acto seguido, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados se les asignó aptitud alta (A1) para la zonificación de arroz secano mecanizado y, para el segundo

grupo, se aplicó el método estadístico Dalenius-Hodges, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos; para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios, se calcularon dos clústeres ($k = 2$).

- El método Dalenius-Hodges aplica en el caso de una sola variable y consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. El método presenta los siguientes pasos:
 1. Ordenar las observaciones de manera descendente
 2. Agrupar las observaciones en J clases, donde $J = \min (L \cdot 10, n)$.
 3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados. De acuerdo con:

$$\lim \inf C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k - 1) \cdot \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

$$\lim \sup C_k = \min \{x_{(j)}\} + (k) \cdot \frac{\max \{x_{(j)}\} - \min \{x_{(j)}\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase.
5. Obtener la raíz cuadrada de la frecuencia en cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_h} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{L} C_j$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

$$Q, 2Q, \dots, (h-1) Q$$

Si el valor de Q queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella que presenta la mínima distancia a Q, Los límites de los h estratos conformados son los correspondientes al límite inferior de las clases comprendidas en cada estrato.

Al realizar la clasificación de esta última serie en dos agrupaciones, se le asignó la calificación de aptitud media (A2) al grupo de municipios con el menor número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales y al grupo restante con el mayor número de delitos por habitantes, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

Los rangos de aptitud son:

Aptitud alta (A1): municipios donde no se ha reportado el delito.

Aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster, donde se han reportado menos de 0,3108 secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales.

Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,3108 secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Secuestros rurales	Número de secuestros por cada 1000 habitantes	Municipios sin secuestros	< 0,3108	≥ 0,3108

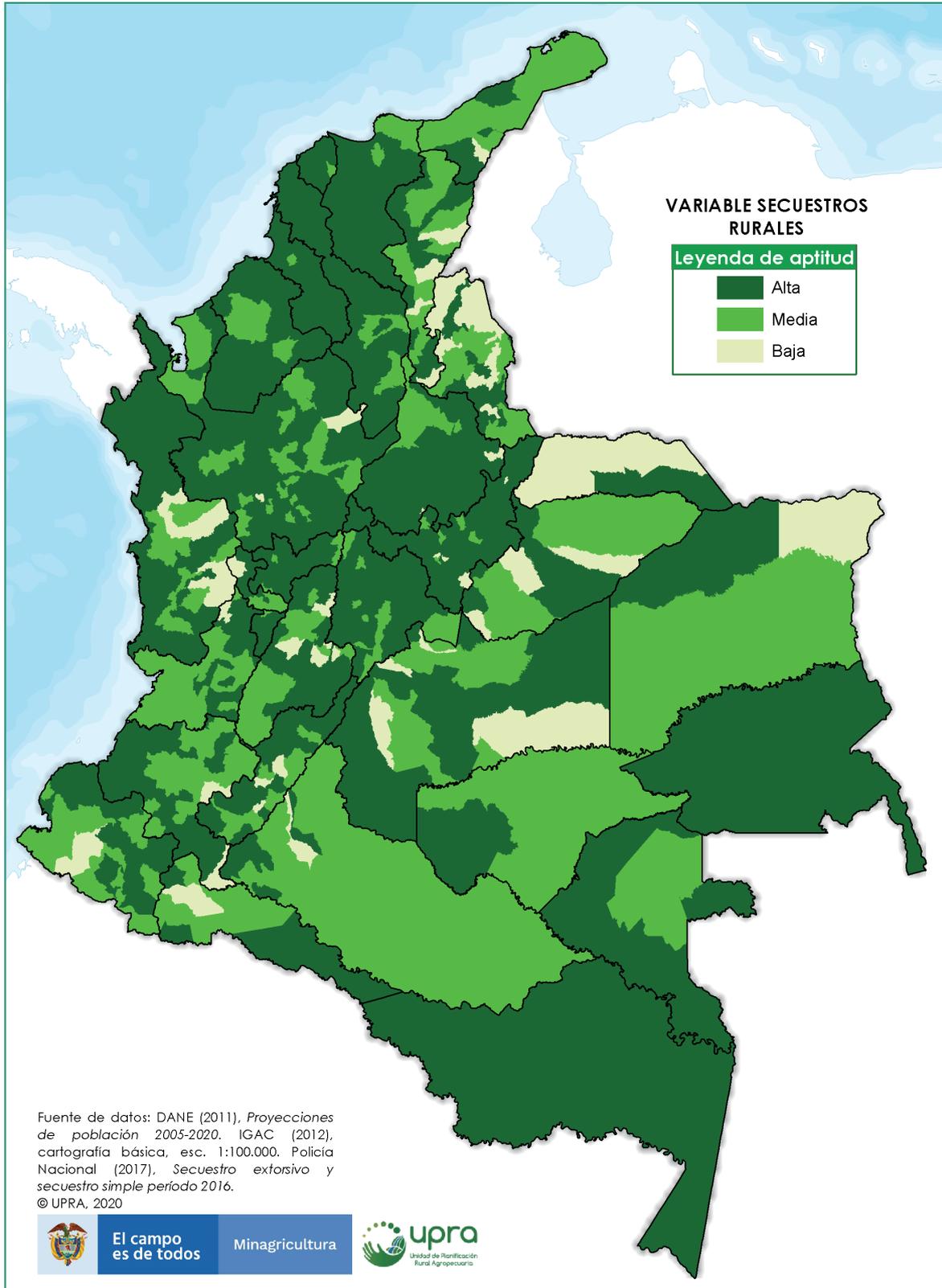
Unidad de análisis

Número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes por municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE (2011). Proyecciones de población 2005-2020. Bogotá: DANE.
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Policía Nacional (2018), Secuestro extorsivo y secuestro simple período 2013-2017.
- ONU. (2006). Estudio de la ONU sobre la Violencia contra los Niños (UNVC por sus siglas en inglés. Recuperado de: <<http://www.unviolencestudy.org/spanish/index.h>>
- Ley 986 de (2005). sobre “Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada”.

3.7. CRITERIO INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Desempeño fiscal, expresado como IC, calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.
- Cercanía al SENA, expresado como tiempo de desplazamiento en horas.
- Cercanía al ICA, expresado como tiempo de desplazamiento en horas.
- Cercanía a Agrosavia, expresado como tiempo de desplazamiento en horas.
- Extensión y asistencia técnica sectorial, expresada en número de puntos, calculados con densidad de Kernel.
- Cercanía al gremio, expresado como tiempo de desplazamiento en horas.

DEFINICIÓN

Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva agropecuaria, cuyo apoyo conduce a la competitividad.

Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector arrocero.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como su articulación con organizaciones de productores, que facilitan el desarrollo y soporte del sector arrocero en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional y asociatividad favorecen el acceso a los avances de investigación, manejo el cultivo, 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, proyectos productivos, entre otros, ofrecería mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. Municipios con presencia institucional o con una sede institucional cercana, se consideran más competitivos.

En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad del cultivo de arroz.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La presencia de SENA se calcula con base en isócronas debido a que es la cercanía la que determina el acceso a los servicios que presta, pues su función operativa es ofertar formación a través de sus sedes, mientras que el ICA y Agrosavia son entidades que prestan su servicio por demanda y su presencia es indispensable para acceder a ellos. La información utilizada para la variable cercanía a gremios proviene de Fedearroz y puede variar en el corto plazo, según las actualizaciones periódicas que se realicen.

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable de desempeño fiscal.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de seis variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Cercanía al gremio	Extensión y asistencia técnica	Cercanía al ICA	Cercanía a Agrosavia	Cercanía al SENA	Desempeño fiscal
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Cercanía al gremio	1					
	Extensión y asistencia técnica	1/3	1				
	Cercanía al ICA	1/3	1/5	1			
	Cercanía a Agrosavia	1/5	1/5	1/3	1		
	Cercanía al SENA	1/5	1/7	1/5	1/3	1	
	Desempeño fiscal	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1

La escala de importancia dentro del proceso AHP tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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				

Con base en el software PriEst (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios, según categorías de aptitud (A1, A2, A3) y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: A1 = 3; A2 = 2 y A3 = 1.

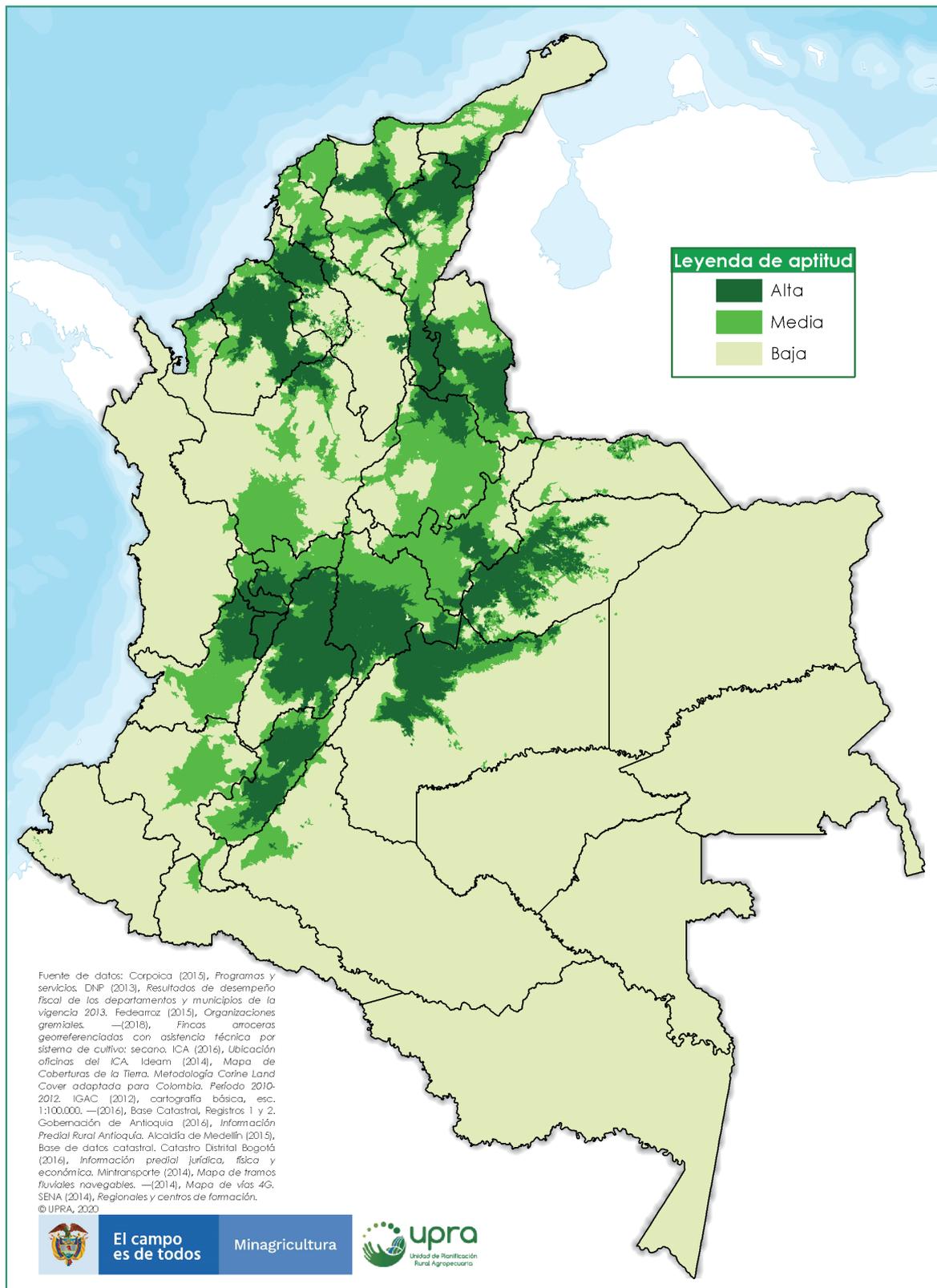
Criterio	Variables	Ponderación (%)
INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA	Cercanía al gremio	38,3
	Extensión y asistencia técnica	30,6
	Cercanía al ICA	14,7
	Cercanía a Agrosavia	8,6
	Cercanía al SENA	5,2
	Desempeño Fiscal	2,6
TOTAL PONDERACIÓN		100,0

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

VARIABLES	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Desempeño fiscal	Índice de competitividad (IC), calculado con base en el promedio anual 2009-2013 del índice de desempeño fiscal en el municipio.	$\geq 0,655$	0,4764-0,655	$\leq 0,476$
		70,02-90,73	60,00-70,02	3,23-60,00
Cercanía al SENA	Tiempo de desplazamiento (horas)	≤ 2	2-5	> 5
Cercanía al ICA	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 2	2-4	> 4
Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 2	2-4	> 4
Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento a las seccionales de Fedearroz (horas)	< 3	3-6	> 6
Extensión y asistencia técnica sectorial	Predios georreferenciados con asistencia técnica referenciada por Fedearroz en 2016	Predios con respuesta positiva	-	Predios con respuesta negativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2018). *Centros Agrosavia*. Recuperado de: <<http://www.agrosavia.co/menu/nc/>>.
- DNP. (2013). *Desempeño fiscal de los departamentos y municipios*. Recuperado de: <<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>>
- Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersonal. (2015). *Eventos Minas Antipersonal en Colombia*. Recuperado de: <http://www.accioncontraminas.gov.co/estadisticas/Paginas/Bitacora-de-victimas.aspx>
- Fedearroz. (2016). Censo nacional arrocero en Colombia. Bogotá: Fedearroz
- ICA (2016). Ubicación oficinas del ICA
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Márquez, G. (2003). *Sociedad Geográfica de Colombia*. Recuperado de: 2015, de <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf>
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*.
- SENA. (2014). *Regionales y centros de formación*. Recuperado de: <www.sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/Paginas/Regionales-y-Centros-de-Formacion.aspx>.
- Unidad de Víctimas. (2015). *Unidad para la atención y reparación integral a las víctimas*. Recuperado de: <<http://vgv.unidadvictimas.gov.co:8080/uvictimas/#>>
- Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas. (2014). Recuperado de: http://rni.unidadvictimas.gov.co/sites/default/files/Documentos/LIBRO%20IRV%202010%20-%202014_0.pdf

3.7.1. Variable desempeño fiscal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: desempeño fiscal	UNIDAD DE MEDIDA: número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes por municipio	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Medición global del resultado fiscal anual alcanzado por cada municipio, a partir de la agregación de indicadores de gestión financiera como la autofinanciación de los gastos de funcionamiento, el respaldo del servicio de la deuda, la dependencia de las transferencias de la Nación y las regalías (SGR), la generación de recursos propios, la magnitud de la inversión y capacidad de ahorro.

El DNP (2013) define estos indicadores así:

- Autofinanciación de los gastos de funcionamiento: mide la proporción de los recursos de libre destinación asignados al pago de nómina y gastos generales de operación de la administración central de los municipios.
- Respaldo del servicio de la deuda: es la proporción de los ingresos disponibles que están respaldando el servicio de la deuda.
- Dependencia de las transferencias de la nación y las regalías (SGR): mide la importancia de estos recursos en relación con el total de fuentes de financiación del municipio.
- Generación de recursos propios: refleja el peso relativo de los ingresos tributarios en el total de ingresos corrientes; evidencia el esfuerzo fiscal de las entidades territoriales para generar rentas tributarias propias.
- Magnitud de la inversión: permite cuantificar el grado de inversión que hace la entidad territorial respecto del gasto total. Entiéndase como inversión la formación bruta de capital fijo y la social.
- Capacidad de ahorro: medida de la solvencia que tienen los municipios para generar excedentes propios que se destinen a inversión, complementariamente al uso de transferencias de la nación y las regalías.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la sostenibilidad financiera del municipio, lo cual tiene un impacto sobre la oferta institucional. Municipios con mayores índices de desempeño fiscal tienen mayores posibilidades de inversión en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales y proyectos productivos, entre otros, lo cual favorece la competitividad del cultivo.

Existe una relación directa entre el desempeño fiscal y la aptitud del municipio.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasifican de acuerdo a las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Índice de desempeño fiscal en el municipio
Alta (A1)	$IC \geq 0,655$
	70,02-90,73
Media (A2)	IC: 0,476-0,655
	60,00-70,02
Baja (A3)	$IC \leq 0,476$
	33,23-60,00

En consideración a los estadígrafos de la variable para el período de análisis, del total de los municipios evaluados (1101), el 21 % se clasifican como solventes y sostenibles; el 62 % como vulnerables, y el 17 % deterioro y riesgo. Ejemplos de estos municipios por categoría son: en la primera categoría, Rionegro (Antioquia), Monterrey (Casanare) y Nobsa (Boyacá); en la segunda categoría Zetaquirá (Boyacá), Pacho (Cundinamarca) y Santo Domingo (Antioquia); y, en la tercera Contadero (Nariño), río Iró (Chocó) y Albania (Caquetá).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Para los municipios de los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía y San Andrés no hay reporte de la variable de desempeño fiscal. Estos municipios son agrupados en la categoría de aptitud baja (A3), en consideración a su baja actividad fiscal con relación a los recursos del sistema general de participación del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DNP. Desempeño fiscal, 2009-2013.

2. Precisiones de la información.

El índice de desempeño fiscal (IDF) expresa el estado actual de los municipios con relación a la responsabilidad en el manejo de las decisiones financieras. Este indicador clasifica los municipios según su nivel de desempeño, así: solvente, $IDF \geq 80$; sostenible, $IDF \geq 70$ y < 80 , vulnerable, $IDF \geq 60$ y < 70 ; riesgo, $IDF \geq 40$ y < 60 , y deterioro, $IDF < 40$.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calcula el promedio anual del índice de desempeño fiscal por municipio para los años 2009 a 2013.

4. Cálculo del indicador de la medición de la competitividad y rangos.

El IC es un valor numérico que compara las capacidades (expresadas en variables) de los municipios que tiene el potencial comercial para generar el desarrollo sostenible.

Se calcula como el valor absoluto de:

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

Donde:

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

MIN: valor mínimo existente de la variable en los municipios del país.

MAX: 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.

De acuerdo con la clasificación de los municipios mediante el Índice de desempeño fiscal (IDF), estos se agruparon dentro de tres categorías de aptitud así: aptitud alta (solvente y sostenible), aptitud media (vulnerable) y aptitud marginal (deterioro y riesgo).

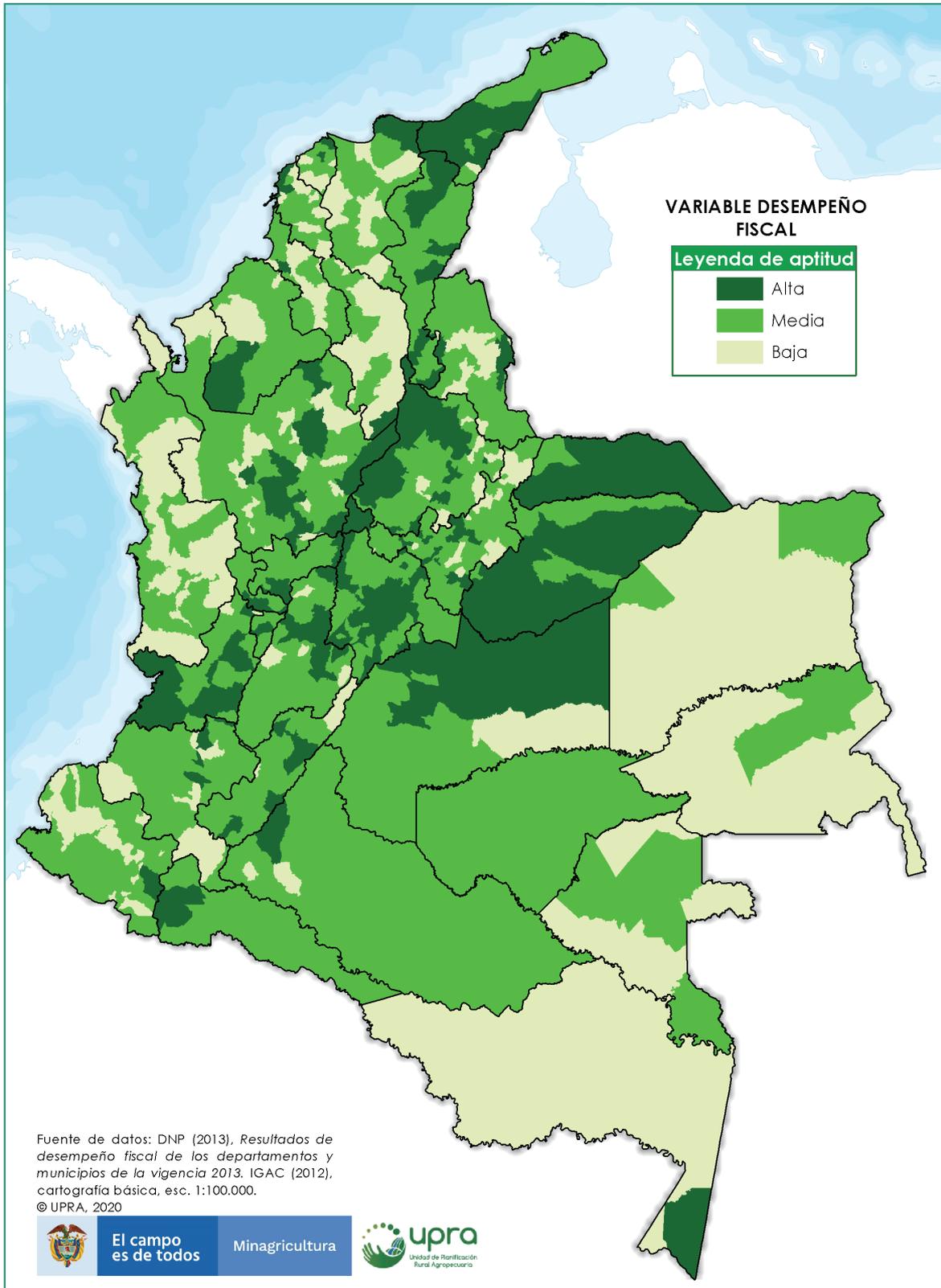
Unidad de análisis

Índice de desempeño fiscal en el municipio

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2013). *Resultados de desempeño fiscal de los departamentos y municipios de la vigencia 2013*. Recuperado de: <<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/desempeno-fiscal.aspx>>.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

3.7.2. Variable cercanía al SENA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: cercanía al SENA		UNIDAD DE MEDIDA: número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes por municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio un centro del SENA, que ofrecen programas de formación profesional integral para la incorporación y el desarrollo de personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país (SENA, 2013).

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 la sede del SENA más cercana.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta educativa del Estado para la transferencia de conocimientos, capacitación o formación profesional, orientados al desarrollo y fortalecimiento de habilidades y competencias de la mano de obra asociada a la cadena productiva de arroz.

Áreas geográficas más cercanas a centros de formación del Sena tienen mayor probabilidad de brindar acceso a formación técnica y tecnológica a quienes participan en el desarrollo de la cadena productiva del arroz y, por lo tanto, se consideran más competitivas.

El personal capacitado tendrá un mejor desempeño en el desarrollo de las actividades requeridas por la cadena productiva, lo cual se traduce en un aumento de la competitividad del cultivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasifican de acuerdo con el tiempo de desplazamiento hasta la sede del SENA más cercana: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 2
Media (A2)	2-5
Baja (A3)	> 5

Los 71 centros de formación están ubicados principalmente en las capitales departamentales y otras ciudades principales del país. La región andina muestra mayor aptitud, mientras que regiones como la orinoquía y amazonia tienen menor aptitud.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se conocen limitaciones para la evaluación de esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.

SENA. 2014. Regionales y centros de formación.

2. Precisiones de la información.

Para la espacialización se toma como referente la existencia de centros de formación del SENA en los municipios.

La metodología de isócronas empleada por la UPRA, involucra todos los tipos de vías terrestres y las pendientes de las mismas, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isócronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.

Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.

Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Clasificación por aptitud:

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento en horas hasta los centros del SENA.

Se definen tres categorías de aptitud: áreas geográficas de los municipios con centros de formación SENA, que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo, se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas de los municipios que se encuentran entre dos y cinco horas de los centros de formación del SENA, se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cinco horas de distancia de los centros de formación del SENA, se clasificaron en aptitud baja (A3).

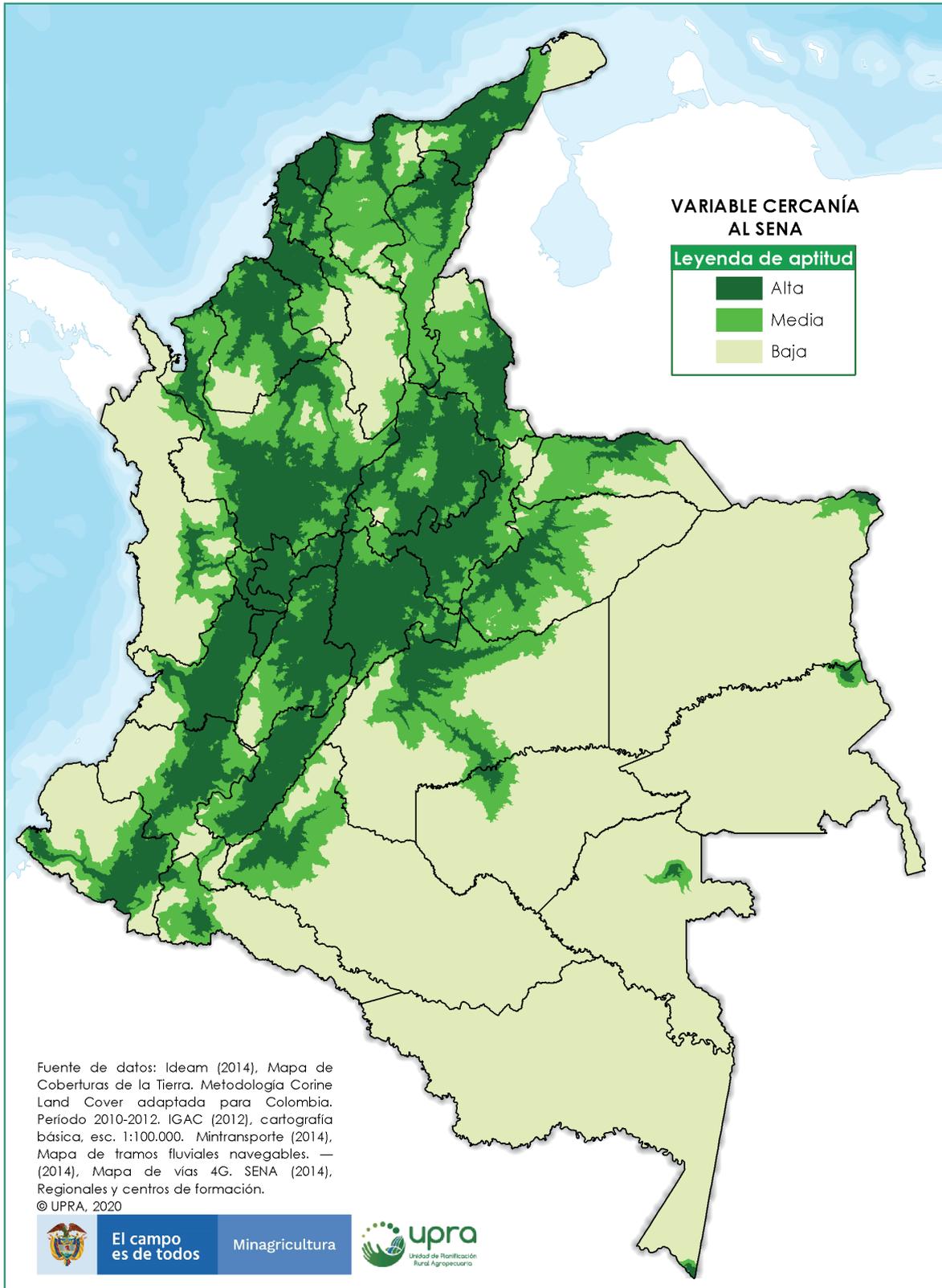
Estas áreas geográficas, aunque distantes y de difícil acceso a los centros de formación SENA, se encuentran dentro de la cobertura de la institución.

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
 CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables y mapa de vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- SENA. (2014). *Regionales y centros de formación*. Recuperado de: <www.sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/Paginas/Regionales-y-Centros-de-Formacion.aspx>. Bogotá: SENA

3.7.3. Variable cercanía al ICA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: cercanía al ICA		UNIDAD DE MEDIDA: número de secuestros rurales por cada 1000 habitantes por municipio
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio un centro del ICA, entidad oficial cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.

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 la sede del ICA más cercana.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional de asesoría, vigilancia, control y manejo fitosanitario para mejorar las condiciones de productividad, calidad e inocuidad de la producción agropecuaria, en particular en comercial de arroz seco mecanizado.

Municipios con presencia de sedes del ICA tienen mayor probabilidad de brindar acceso a asesoría técnica fitosanitaria a quienes participan en el desarrollo de la cadena productiva del arroz y, por lo tanto, se consideran más competitivos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo a las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 2
Media (A2)	2-4
Baja (A3)	> 4

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. 2016. Directorio por seccionales.

2. Precisión de la información.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucró todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables existentes 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. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isócronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la cabecera municipal donde se encuentran las sedes del ICA, dado que no se cuenta con la georreferenciación respectiva de cada punto.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

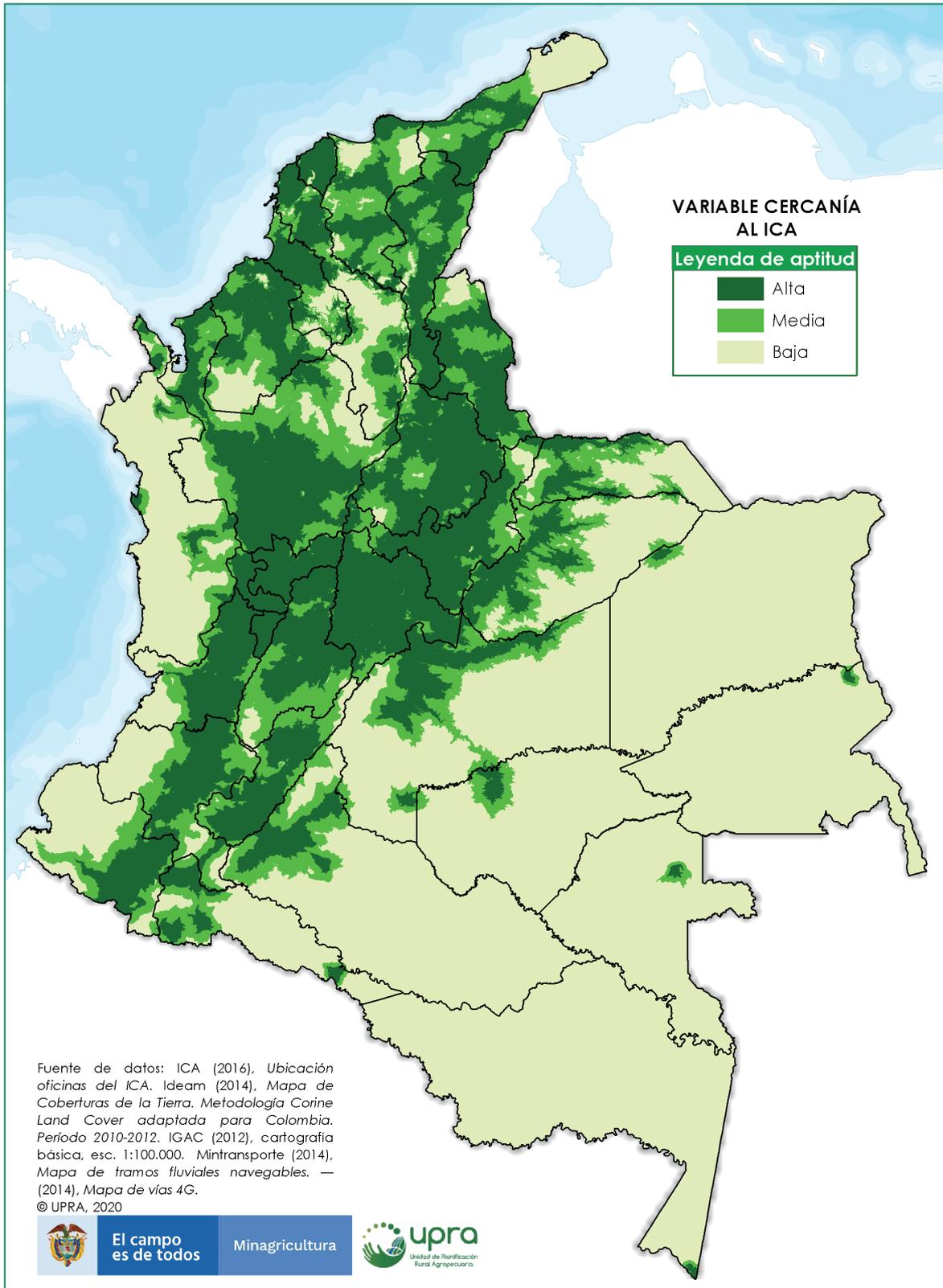
Se definen tres categorías de aptitud: áreas geográficas que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo, se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas que se encuentran entre dos y cuatro horas del ICA, se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas que se encuentran a más de cuatro horas de distancia del ICA, se clasificaron en aptitud baja (A3).

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2016). *Ubicación oficinas del ICA*. Bogotá: ICA
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Bogotá: Ideam
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.4. Variable cercanía a Agrosavia

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: cercanía a Agrosavia		UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio un centro de Agrosavia, entidad cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario.

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isócronas) hasta la sede de Agrosavia más cercana.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional asociada a la innovación y transferencia de conocimiento y tecnologías encaminadas a generar cambios tecnológicos y a mejorar la competitividad del cultivo de arroz.

Municipios con presencia de sedes de Agrosavia tienen mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para mejorar los procesos productivos del cultivo de arroz y, por lo tanto, se consideran más competitivos.

Productores con posibilidades de acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para el manejo de sus cultivos y, en general, a los servicios de la Corporación, pueden llegar a obtener mayores productividades, lo cual se traduce en cultivos más competitivo.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo a la categoría de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento en horas
Alta (A1)	≤ 2
Media (A2)	2-4
Baja (A3)	> 4

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.

Agrosavia. (2018). Centros Agrosavia.

2. Precisión de la información.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucró todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables existentes 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. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isócronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la cabecera municipal donde se encuentran las sedes de Agrosavia, dado que no se cuenta con la georreferenciación respectiva de cada punto.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Se definen tres categorías de aptitud: áreas geográficas de los municipios, que se encuentran a menos de dos horas de distancia del mismo, se consideran con aptitud alta (A1); áreas geográficas

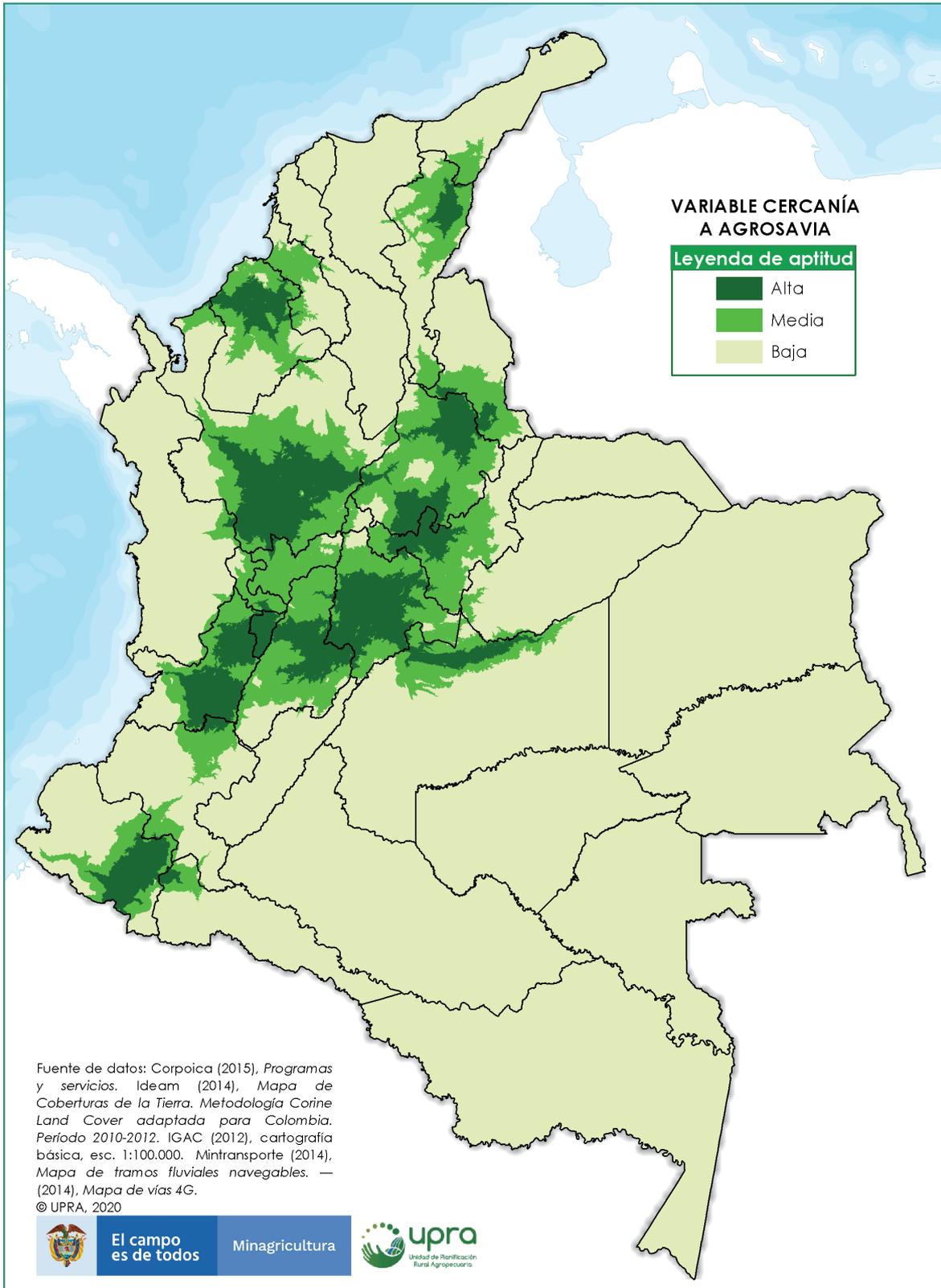
ficas de los municipios que se encuentran entre dos y cuatro horas de Agrosavia, se clasificaron en aptitud media (A2); áreas geográficas de los municipios que se encuentran a más de cuatro horas de distancia del Agrosavia, se clasificaron en aptitud baja (A3).

Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2018). *Centros Agrosavia*. Recuperado de: <<http://www.agrosavia.co/menu/nc/>>.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.5. Variable extensión y asistencia técnica sectorial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: extensión y asistencia técnica sectorial	UNIDAD DE MEDIDA: Predios georreferenciados	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Existencia de asistencia técnica sectorial dirigida a predios arroceros, de acuerdo con los registros del Censo nacional arrocero, realizado por Fedearroz, en el cual se contestó afirmativamente a la pregunta usted recibe asistencia técnica.

La asistencia técnica sectorial hace referencia a la prestación de servicios en los predios arroceros, dirigidos a orientar acciones para el incremento de la productividad y competitividad de la producción comercial en términos sanitarios, de producción y ambiental, entre otros.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la proximidad a ofertas de extensión y asistencia técnica sectorial, orientadas al incremento de la productividad y competitividad de los sistemas locales de producción. Los municipios con una mayor presencia de entidades que ofertan servicios de extensión y asistencia técnica agropecuaria, se consideran más competitivos.

Allí los agentes económicos tienen una mayor posibilidad de acceso a los conocimientos de las prácticas alternativas para mejorar los rendimientos de los procesos productivos de un cultivo a partir de la extensión de adelantos tecnológicos acordes con los requerimientos específicos de las cadenas productivas, del desarrollo de capacidades de gestión y administración de los sistemas productivos y, de 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 para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo a la categoría de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Pedios georreferenciados
Alta (A1)	Pedios con respuesta positiva
Media (A2)	-
Baja (A3)	Pedios con respuesta negativa

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se identificaron limitantes.

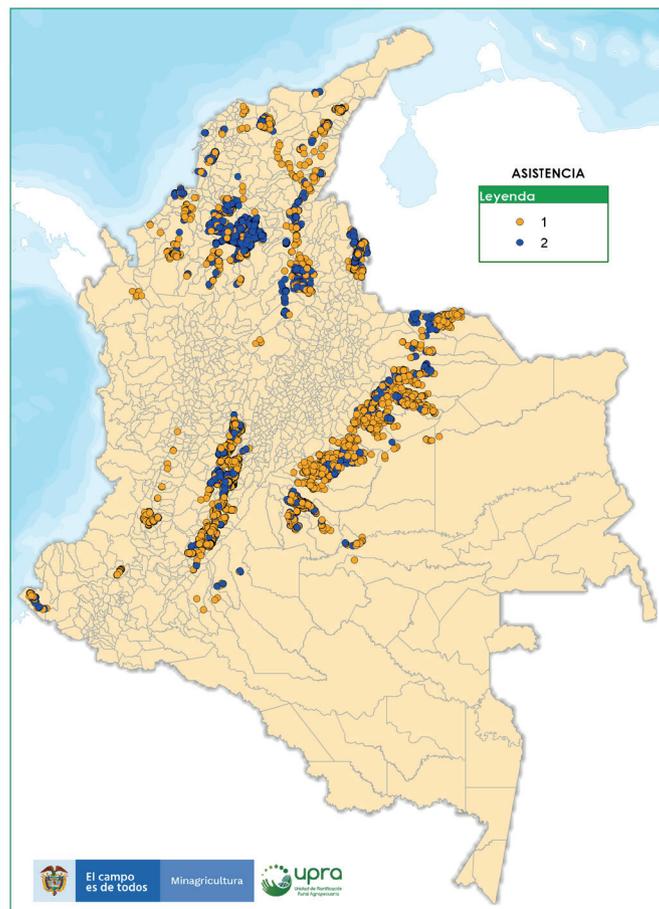
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Fedearroz. 2016. Censo nacional arrocero en Colombia.

Unidades productoras y área sembrada en arroz mecanizado, por asistencia técnica, Fedearroz aporta los puntos georreferenciados de las fincas arroceras que recibieron asistencia técnica.

Puntos georreferenciados de UPA arroceras que contestaron:



1. si recibieron asistencia técnica, 2. no recibieron asistencia técnica

Fuente: espacialización ejercicio propio con base en Fedearroz (2016).

2. Precisión de la información.

Para medir la asistencia técnica sectorial se toma la información reportada por Fedearroz. Se tienen en cuenta los puntos amarillos que se refieren a aquellas unidades de producción agrícola UPA, que sembraron arroz en el 2016 y contestaron afirmativamente a la pregunta ¿recibieron asistencia técnica? A su vez, se hace un filtro de las UPA que sembraron en el sistema de secano mecanizado.

3. Competitividad y rangos.

De acuerdo con la respuesta obtenida de los predios georreferenciados con cultivos de arroz secano que recibieron o no recibieron asistencia técnica, se obtienen los siguientes rangos de aptitud:

Aptitud alta (A1): predio con respuesta positiva

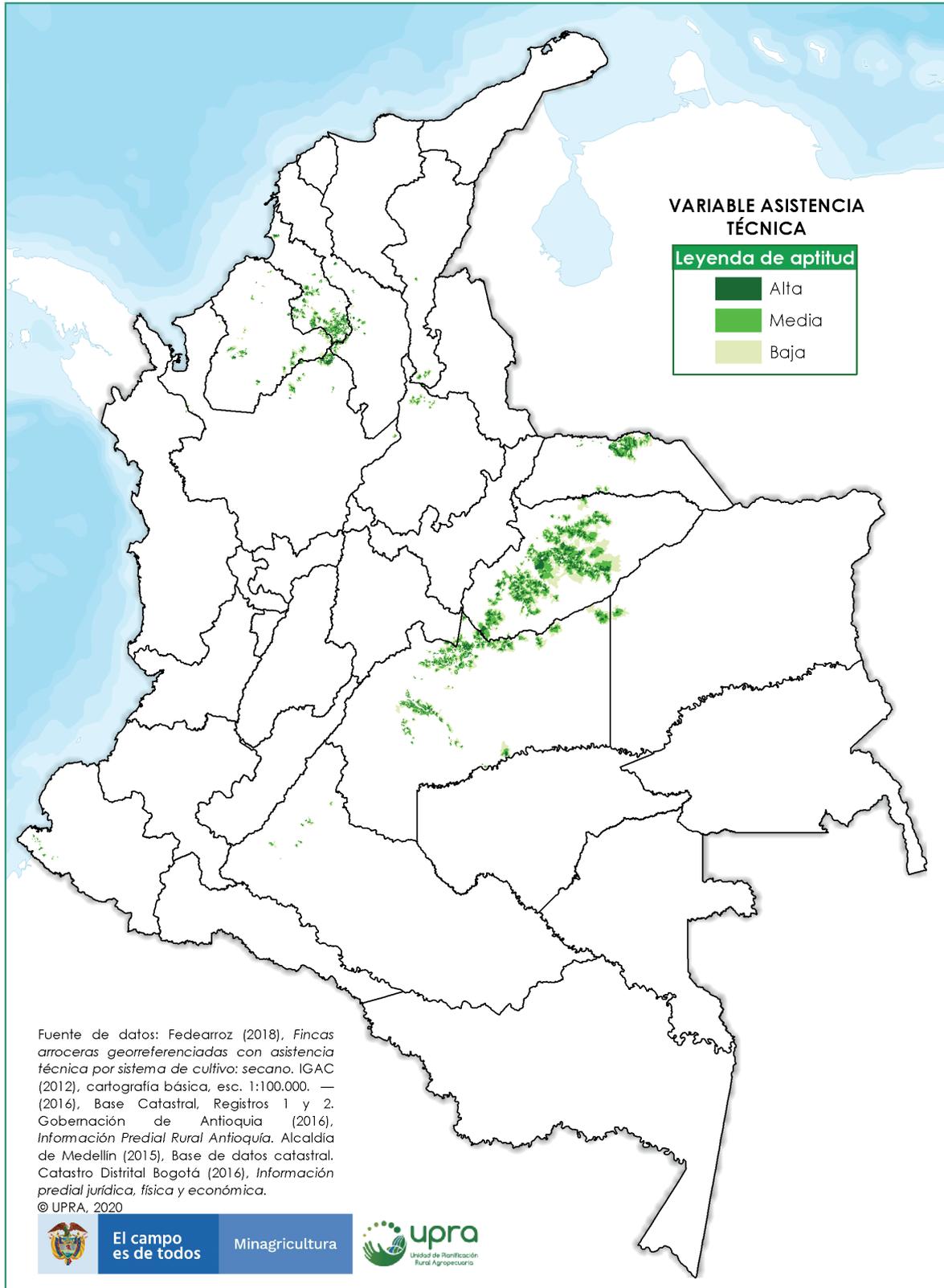
Aptitud baja (A3): predios con respuesta negativa.

Unidad de análisis

Predios georreferenciados

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ
CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fedearroz. (2016). *Censo nacional arrocero*. Bogotá: Fedearroz.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam. (2014), *Mapa de coberturas de la tierra*. Bogotá: Ideam

3.7.6. Variable cercanía al gremio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: institucionalidad y asociatividad		
VARIABLE: cercanía al gremio		UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio una seccional de Fedearroz.

Presencia e influencia de organizaciones gremiales o de base del sector, como un indicador próximo a la existencia de redes sociales, de asociación o de cohesión social, alrededor de proyectos de interés común.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto de la institucionalidad sectorial presente en el municipio.

La institucionalidad sectorial es un aspecto relevante en la toma de decisiones sobre el desarrollo de las actividades productivas ya que refleja la existencia de liderazgos, de cohesión social y la construcción de redes que articulan a los productores de base y facilitan su acceso a instancias que pueden disponer recursos para la implementación de proyectos productivos y el desarrollo del sector en un municipio.

Zonas con presencia de seccionales de Fedearroz tienen mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para mejorar los procesos productivos del cultivo de arroz y, por lo tanto, se consideran más competitivas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Aptitud	Tiempo de desplazamiento a las seccionales de Fedearroz (horas)
Alta (A1)	< 3
Media (A2)	3-6
Baja (A3)	> 6

Fedearroz hace presencia, a través de seccionales, en 19 municipios del país de 11 departamentos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se conocen limitantes para la evaluación de esta variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Fedearroz. 2017. Municipios con presencia de seccionales y municipios en área de influencia de Fedearroz.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucró todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de las mismas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables existentes 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. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isócronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la cabecera municipal donde se encuentran las seccionales de Fedearroz, dado que no se cuenta con la georreferenciación respectiva de cada punto.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Se definen tres categorías de aptitud:

Aptitud alta (A1): áreas geográficas que se encuentran a menos de tres horas de distancia de Fedearroz.

Aptitud media (A2): áreas geográficas que se encuentran entre tres y seis horas de las seccionales de Fedearroz.

Aptitud baja (A3): áreas geográficas que se encuentran a más de seis horas de distancia de las seccionales de Fedearroz.

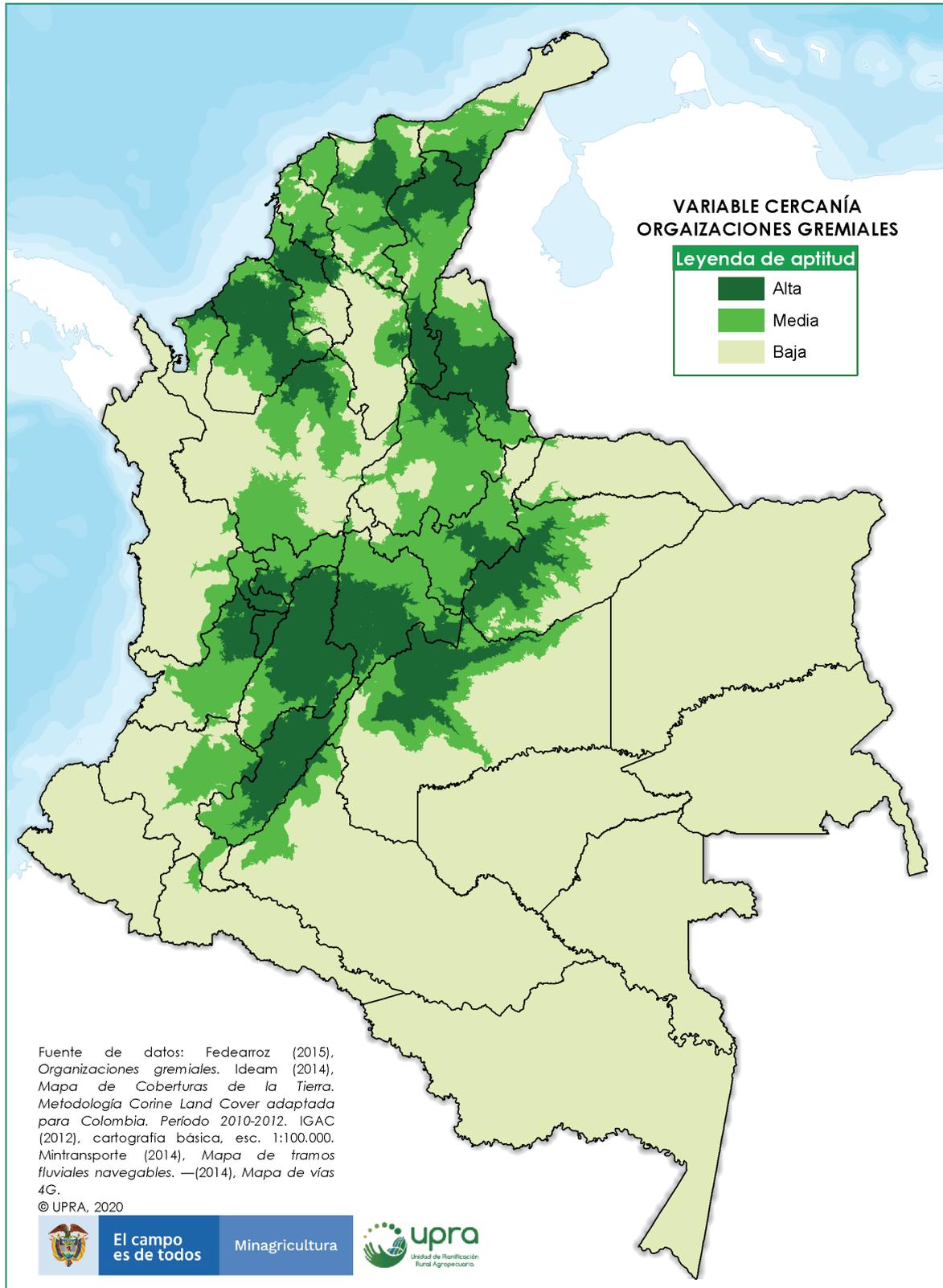
Unidad de análisis

Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO INSTITUCIONALIDAD



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fedearroz. (2017). *Municipios con presencia de seccionales y municipios en área de influencia de Fedearroz*. Bogotá: Fedearroz.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de los tramos fluviales navegables, vías 4G*. Bogotá: Mintransporte.
- Ideam (2014), *Mapa de Coberturas de la Tierra*. Bogotá: Ideam

3.8. CRITERIO CONDICIONES DE VIDA

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: condiciones de vida		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Índice de pobreza multidimensional (IPM), expresado como índice.

DEFINICIÓN

Refleja el grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones y permite determinar la naturaleza de la privación (de acuerdo con las cinco dimensiones seleccionadas) y la intensidad y profundidad de la misma. Este indicador permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria (DNP, 2011).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con menos personas en situación de pobreza multidimensional (que reflejan mejores tasas de alfabetismo, mayor acceso a servicios públicos y de salud, mejores condiciones de la vivienda, entre otros) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

La cantidad de personas en situación de pobreza multidimensional es inversa a la aptitud del municipio. Municipios con mayores IPM reflejan una menor incidencia de la competitividad de los procesos productivos desarrollados en el pasado.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

El IPM municipal fue calculado por el DNP con base en la información del censo general de población y vivienda de 2005.

El censo general de población y vivienda presentó omisiones censales superiores al 20 % en las zonas rurales de algunos municipios del país.

El cálculo del IPM desde el 2012 lo realiza el DANE, con base en la gran encuesta integrada de hogares, disponible solo a nivel nacional, departamental y grandes regiones.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IPM por municipio, calculado con base en el censo general de población y vivienda de 2005.

2. Precisiones de la información.

El procedimiento y la competencia para calcular el IPM en Colombia se definió y asignó a través del documento CONPES 150, de mayo 28 de 2012.

Las 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. Cálculo del quintil 8.

Se ordena la base de datos por el número de personas en situación de pobreza multidimensional, de menor a mayor, dividiendo el número de datos en ocho partes. Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión de los datos del IPM.

Se analizó la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calcularon la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia. De esta manera, se toma el primer percentil para aptitud alta (A1), percentiles segundo al cuarto para aptitud media (A2) y del quinto al octavo para aptitud baja (A3).

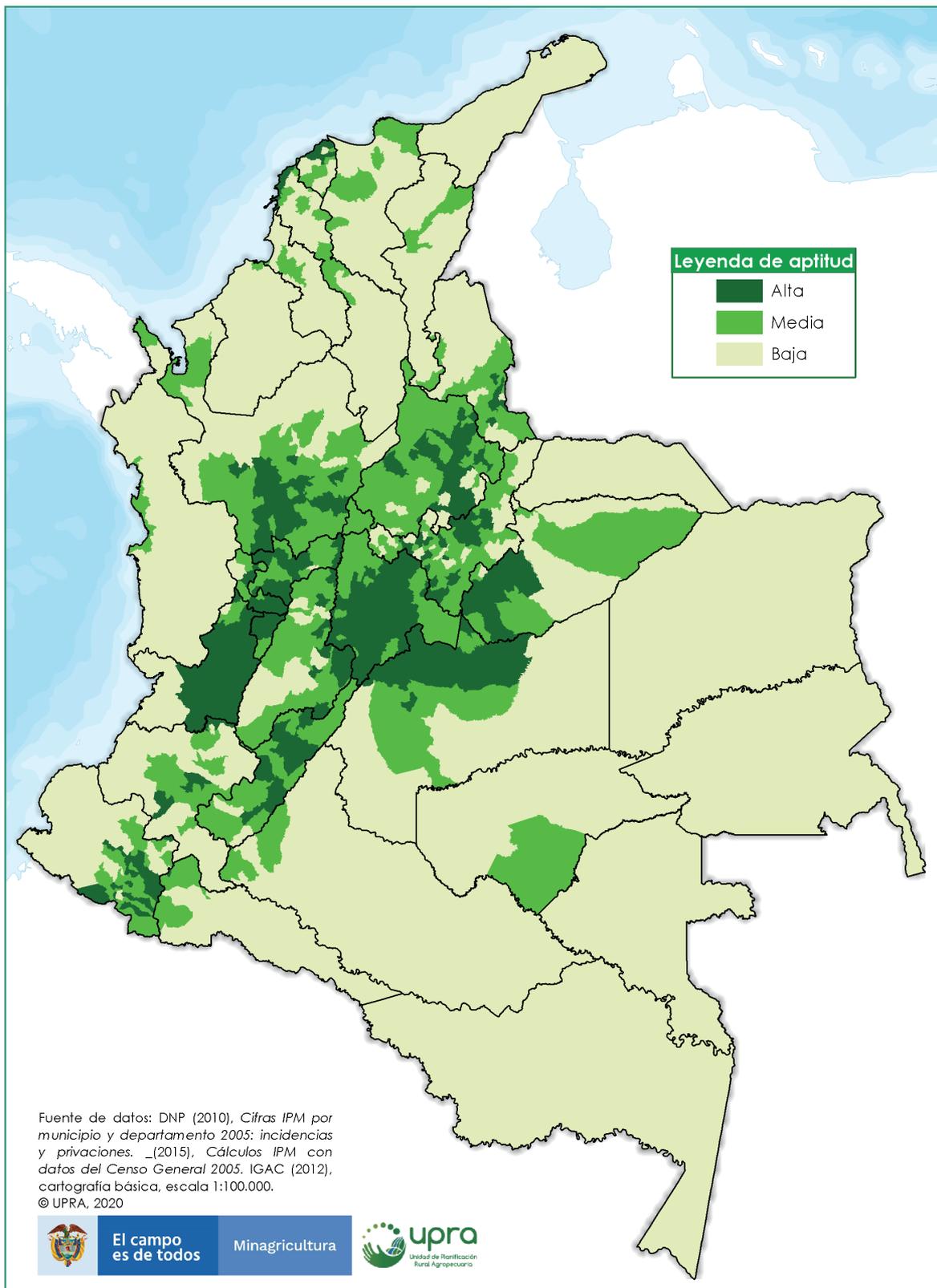
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Índice de pobreza multidimensional (IPM)
Alta (A1)	< 75,75 %
Media (A2)	75,75 % -87,34 %
Baja (A3)	> 87,34 %

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CRITERIO CONDICIONES DE VIDA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2010). *Promoción de la equidad y reducción de la pobreza*. 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>>
- IGAC (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

3.8.1. Variable índice de pobreza multidimensional (IPM)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: socioeconómico. SUBCOMPONENTE: social		
CRITERIO ASOCIADO: condiciones de vida		
Índice de pobreza multidimensional (IPM)	índice	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante	

DEFINICIÓN

Grado de privación de las personas en un conjunto de dimensiones. Es la combinación del porcentaje de personas consideradas pobres y de la proporción de dimensiones en las cuales los hogares son, en promedio, pobres (DNP, 2011).

Permite observar patrones de pobreza distintos a los de la pobreza monetaria al reflejar diversos conjuntos de privaciones. En Colombia, las cinco dimensiones que se utilizan para calcular el IPM son las condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, trabajo, salud y acceso a servicios públicos domiciliarios, y condiciones de la vivienda.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a las capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con menores IPM (que reflejan mejores tasas de alfabetismo, mayor acceso a servicios públicos y de salud, mejores condiciones de la vivienda, y otros) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y por tanto requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayores IPM reflejan una menor incidencia de la competitividad de los procesos productivos desarrollados en el pasado. El IPM es inversamente proporcional a la aptitud del municipio.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Aptitud	Índice de pobreza multidimensional (IPM)
Alta (A1)	< 75,75 %
Media (A2)	75,75 % -87,34 %
Baja (A3)	> 87,34 %

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El IPM municipal se calcula por el DNP con base en la información del Censo general de población y vivienda de 2005.

El 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 sólo a nivel nacional, departamental y grandes regiones

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DNP. 2010. Índice de pobreza multidimensional por municipio, calculado con base en el censo general de población y vivienda de 2005.

2. Precisiones de la información.

El procedimiento y la competencia para calcular el IPM en Colombia se define y asigna a través del documento CONPES 150, de mayo 28 de 2012.

Las 15 variables incorporadas en el cálculo del indicador son: bajo logro educativo, analfabetismo, inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, tasa de dependencia económica, empleo informal, sin aseguramiento en salud, barreras de acceso a servicio de salud, sin acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, pisos inadecuados, paredes exteriores inadecuadas y hacinamiento crítico.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se ordena la base de datos por el número de personas en situación de pobreza multidimensional, de menor a mayor, dividiendo el número de datos en ocho partes. Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la dispersión de los datos del IPM.

Se analizó la distribución de los datos a partir de la elaboración de histogramas, y se calcularon la mediana y el promedio nacional como estadígrafos de referencia. De ésta manera, se toma el primer percentil para aptitud alta (A1), percentiles segundo al cuarto para aptitud media (A2) y del quinto al octavo para aptitud baja (A3).

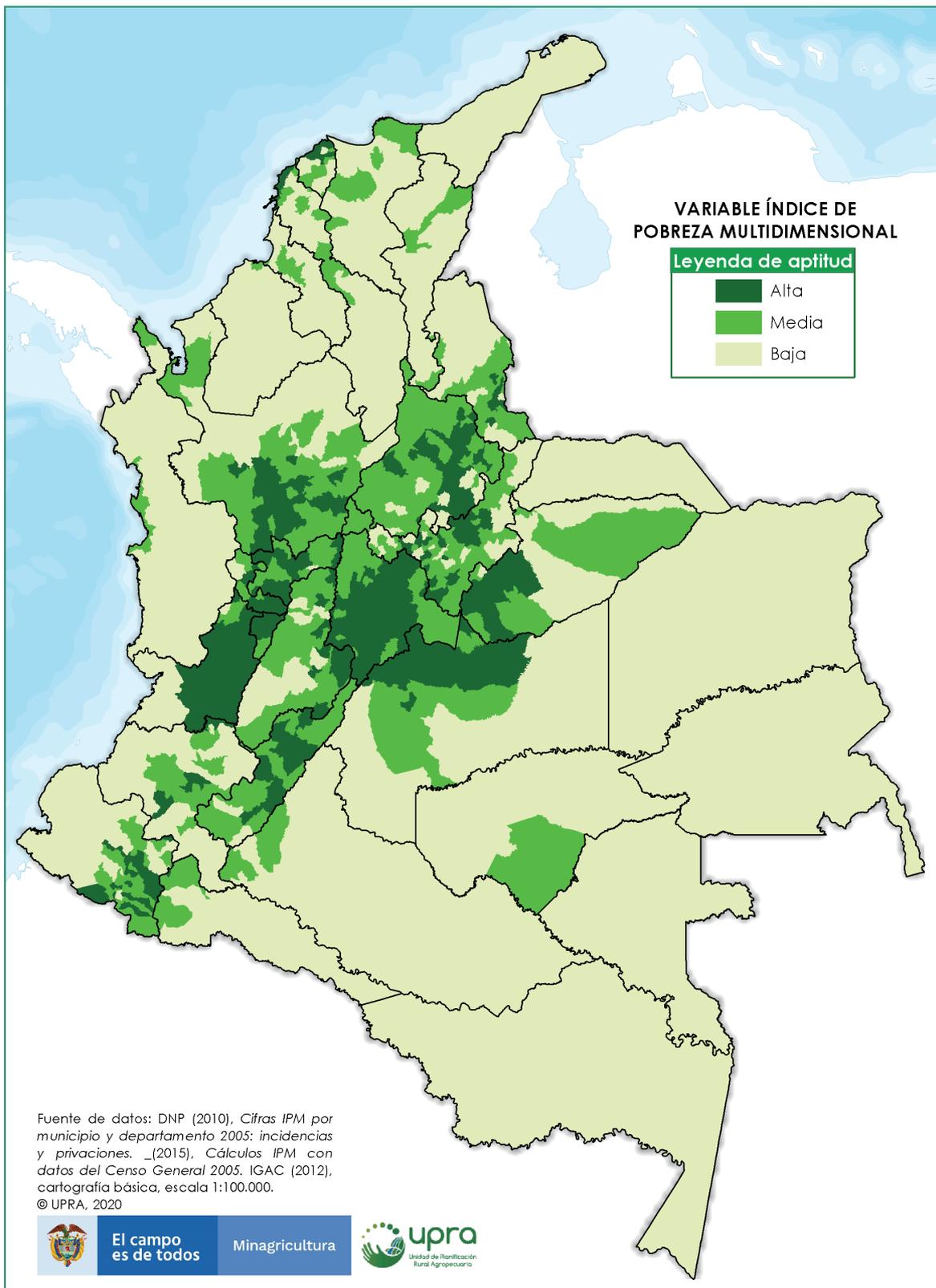
Unidad de análisis

Índice de pobreza multidimensional (IPM)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CRITERIO CONDICIONES DE VIDA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2010). *Promoción de la equidad y reducción de la pobreza*. 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>>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica*, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Bogotá: Ideam.

4. Fichas metodológicas de exclusiones legales

4.1. CRITERIO EXCLUSIONES LEGALES

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
COMPONENTE: socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- **Ecosistemas estratégicos:** corresponde a los polígonos de páramos.
- **Áreas protegidas:** corresponde a los polígonos de áreas del sistema de parques nacionales naturales, polígonos de parques naturales regionales y polígonos de reservas forestales protectoras, otras áreas protegidas locales y polígonos de zonas de preservación y recuperación para la preservación del Área de Manejo Especial de La Macarena (AMEM).
- **Áreas urbanas:** áreas conformadas por conjuntos de edificaciones y estructuras contiguas agrupadas en manzanas censales que por lo general cuentan con una dotación de servicios esenciales tales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, hospitales, colegios, entre otros. En esta categoría están incluidas las cabeceras municipales y los centros poblados (DANE, 2018).
- **Parques arqueológicos:** son áreas arqueológicas protegidas, declarados mediante una resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Icanh; ello permite realizar labores de conservación e investigación. La declaratoria de un polígono como área arqueológica protegida genera un marco de protección sobre el área marcada y el encargado de ejecutar el PMA cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (Icanh, 2018).
- **Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2ª de 1959, tipo A:** corresponde a los polígonos identificados como zonas tipo A de las zonas de Reserva Forestal Nacional.

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 na-

cionales naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras, zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM), áreas urbanas (ciudades capitales y centros poblados), los parques arqueológicos y reservas forestales nacionales, tipo A.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite determinar dónde se puede y no se puede desarrollar actividad productiva agrícola, dados los mandatos legales vigentes.

Las consideraciones legales para la exclusión de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

Ecosistemas estratégicos (páramos): en lo referente a los ecosistemas de páramo, el Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van en detrimento de estos. 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 explica que el Minambiente, el Minagricultura y el Minminas están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en vigencia de la Ley 1450 de 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 las áreas delimitadas como páramos no se podrán adelantar actividades agropecuarias, ni de exploración o explotación de recursos naturales no renovables, ni construcción de refinerías de hidrocarburos. El MADS delimitará las áreas de páramos al interior del área de referencia definida en la cartografía generada por el IAVH, a escala 1:100.000 o 1:25.000. En esta área, la autoridad ambiental regional deberá elaborar los estudios técnicos que permitan caracterizar el contexto ambiental, social y económico, de conformidad con los términos de referencia expedidos por el MADS. Al interior de dicha área, el MADS deberá delimitar el área de páramo, con base en criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos (Ley 1753 de 2015, art. 173).

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, que reglamenta el SINAP, que incluye las figuras de parques nacionales naturales, área natural única, reservas naturales, santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora, y vía parque.

Parques naturales regionales: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la

estructura, la composición y la función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para 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.

Otras áreas protegidas locales: de acuerdo con el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de Cormacarena de 2012, se establecen como exclusiones las siguientes áreas: bosques de galería, rondas de caño y ríos secundarios buffer de 30 m, rondas principales buffer de 100 m, Parque Municipal Yucao, Reserva Natural del Alto de Menegua y microcuencas que surten acueductos.

Zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM: de acuerdo con el Decreto 1989 de 1989 «*Por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena, la Reserva Sierra de la Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales*». Entre su zonificación se definen zonas para la preservación y recuperación para la preservación en los Distritos de Manejo Integrado que hacen parte del AMEM. Las zonas identificadas como exclusiones son: a) Recuperación para la preservación, b) Recuperación para la preservación norte, c) Vertiente oriental y d) Recuperación para la preservación sur. Se detallan los siguientes polígonos de zonificaciones:

DMI Macarena Norte

- Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de preservación.
- Zona de recuperación para la preservación: áreas de uso de preservación y áreas de uso de restauración.

DMI Losada-Perdido

Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de preservación.

Cabecera municipal: área geográfica que está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por acuerdos del Concejo municipal. Corresponde al lugar donde se ubica la sede administrativa de un municipio.

Centro poblado: concentración mínima de veinte viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área resto municipal o en un área no municipalizada (corregimiento depar-

tamental). Contempla los núcleos de población de los corregimientos municipales, inspecciones de policía y caseríos.

Parques arqueológicos: el Decreto 833 de 2002 establece que el patrimonio arqueológico amerita una primordial protección del Estado tendiente a su conservación, cuidado, rehabilitación y divulgación, y a evitar su alto grado de vulnerabilidad, en especial teniendo en consideración que el territorio colombiano, en su totalidad, comporta un potencial espacio de riqueza arqueológica; por lo tanto, cualquier actividad productiva es incompatible con estas zonas. Estas áreas de exclusión legal incluyen solamente los parques arqueológicos.

Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2ª de 1959, zonas tipo A: las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2ª de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de Los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonia.

La zonificación adelantada por el MADS en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Las zonas tipo A son aquellas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Cada uno de los factores evaluados, presenta limitantes por sus características y elementos particulares, que imposibilitan generalizar este aspecto.

En lo referente a los ecosistemas estratégicos, las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos; abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelanta el MADS con el IAVH.

Respecto a las áreas protegidas la principal limitante para analizar las áreas protegidas se refiere a su dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. Sobre este aspecto, es necesario resaltar que dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura «Zonas de protección y desarrollo de los recursos» (tanto de carácter regional como nacional), en las cuales queda implícito que, en el futuro, una parte de estas áreas será elevada a la categoría área protegida, lo cual implica que cambia de condicionante a exclusión legal. Lo anterior implica la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las exclusiones incluyan las nuevas áreas protegidas.

No se contemplan Parques Arqueológicos que han sido declarados, pero carecen de espacialización cartográfica por parte del Icanh. El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud, no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de verificación ante la pretensión de implementar desarrollos productivos en zonas donde existan áreas de interés arqueológico.

Las resoluciones que zonifican las Zonas de Reserva Forestal Nacional establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, por lo tanto, la información que proviene de este insumo deberá ser actualizada, en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

VALOR DE PONDERACIÓN DEL CRITERIO

No aplica.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

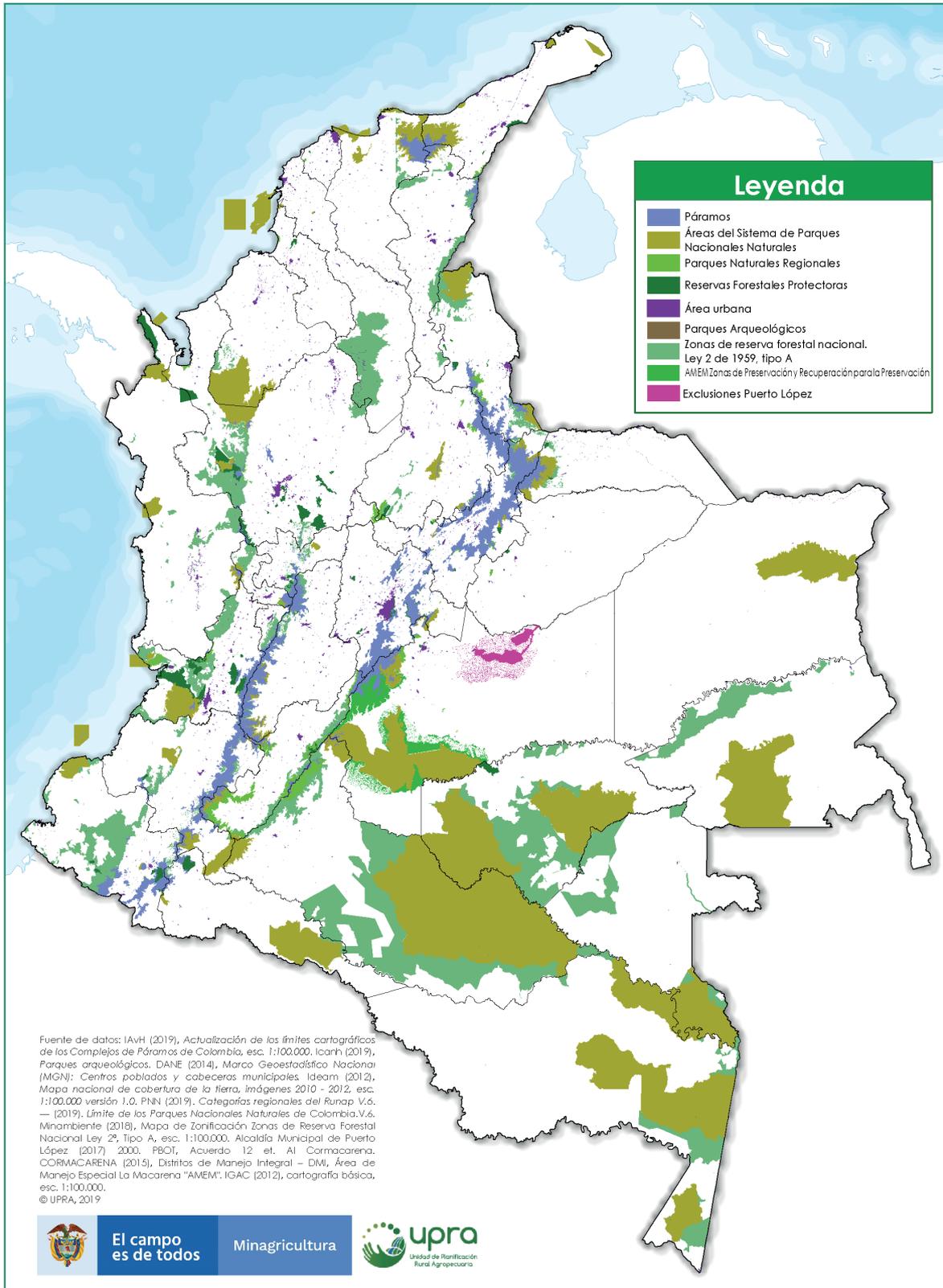
De forma general, la metodología de evaluación se fundamenta en un análisis profundo de las normas vigentes. Para generar la información espacial, se parte de las capas oficiales que contienen la información espacial actualizada de las áreas de páramo, las áreas protegidas, los parques arqueológicos, las áreas urbanas y las zonas de reserva forestal nacional tipo A. Una vez identificadas las variables presentes en la zona de estudio, se genera un mapa que identifique las variables evaluadas, la cuales serán sujeto de exclusión.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

No aplica, por tratarse de una exclusión legal.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ EXCLUSIONES LEGALES



El campo es de todos

Minagricultura



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López (2017). *PBOT, Acuerdo 12 et al. Cormacarena.*
- Cormacarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado – DMI. Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM).*
- DANE. (2014). *Marco Geodésico Nacional (MGN): centros poblados y cabeceras municipales.*
- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*
- Icanh. (2019). *Parques arqueológicos.*
- Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*
- Minambiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000.*
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6*
- __. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*

4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos)

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
VARIABLE: ecosistemas estratégicos (Páramos)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Los ecosistemas estratégicos juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales, ecológicos o de otra índole; son prestadores 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 considera como ecosistemas estratégicos los páramos, por lo cual estas áreas deberán ser excluidas; las consideraciones legales para la exclusión están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

El Consejo de Estado indica en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agraria que se desarrollan en estos ecosistemas y que van su detrimento. 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 vigor 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 (IAVH), hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, art. 202, parágrafo 1).

De acuerdo con la Resolución MADS 886 de 2018 *«Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones»*, se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación a las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 al interior de estas áreas, mediante el diseño de los programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias, la capacitación y puesta en marcha de estos programas a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la Agencia Nacional de Desarrollo Rural (ADR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades adscritas y vinculadas.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo de arroz seco mecanizado, los ecosistemas estratégicos juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos; no solo son áreas de importancia natural, sino que cumplen otras funciones importantes para la sociedad a través de la prestación de bienes y servicios ecológicos fundamentales para el hombre, por lo que constituyen el máximo nivel de restricción al uso.

VALOR DE EXCLUSIÓN

No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

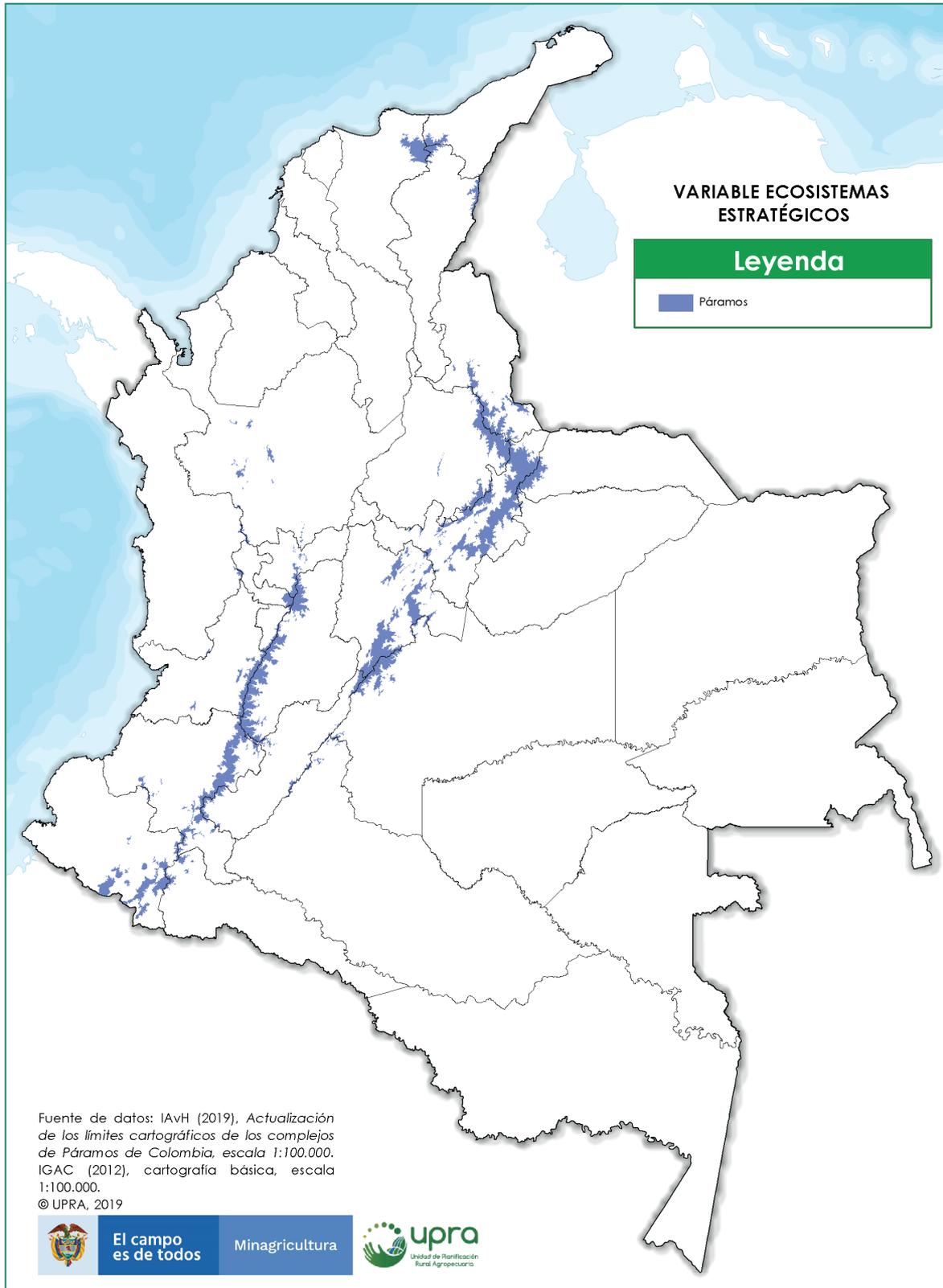
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN

Las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos; abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelanta el MADS con el IAVH.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

EXCLUSIONES LEGALES



Unidad de análisis

Polígonos de páramos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

4.1.2. Variable áreas protegidas

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: 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:

Áreas del 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, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, 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. 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. Uso: 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. Uso: 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.

Zonas de preservación y restauración para la preservación del AMEM: de acuerdo con el Decreto 1989 de 1989, «*Por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena, la Reserva Sierra de la Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales*», entre su zonificación se definen zonas para la preservación y recuperación para la preservación en los Distritos de Manejo Integrado que hacen parte del AMEM. Se consideran exclusiones:

DMI Macarena Norte

- Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de preservación.
- Zona de recuperación para la preservación: áreas de uso de preservación y áreas de uso de restauración.

DMI Losada-Perdido

Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de preservación.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo de arroz seco mecanizado, 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

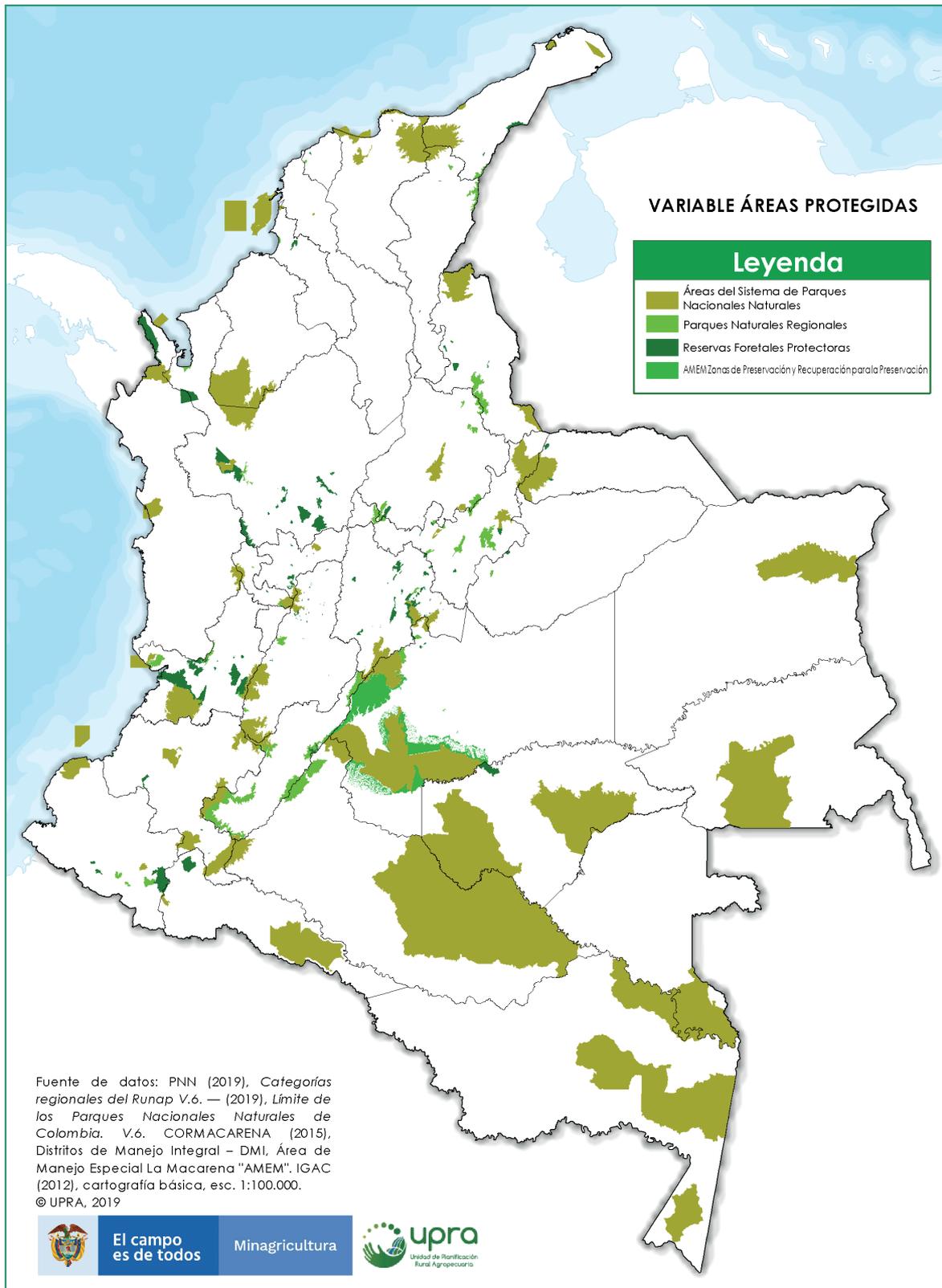
No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando nuevas áreas. Sobre este aspecto, es necesario resaltar que dentro de los criterios condicionantes se evalúa la figura «*Zonas de protección y desarrollo de los recursos*» (tanto de carácter regional como nacional), en las cuales queda implícito que, en el futuro, es posible que una parte de estas pueda convertirse en un área protegida, lo cual implica que cambia de condicionante a exclusión legal. Lo anterior implica la necesidad de mantener actualizada la información cartográfica para que las exclusiones incluyan las nuevas áreas protegidas que se van creando.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ EXCLUSIONES LEGALES



Unidad de análisis

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, polígonos de Parques Nacionales Regionales y polígonos de las Reservas Forestales Protectoras.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6.*
- .. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*

4.1.3. Otras áreas protegidas locales

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
VARIABLE: otras áreas protegidas locales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta exclusión legal corresponden a:

Otras áreas protegidas locales: de acuerdo con el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de Cormacarena de 2012, se establecen como exclusiones las siguientes áreas: bosques de galería, rondas de caño y ríos secundarios buffer de 30 m, rondas principales buffer de 100 m, Parque Municipal Yucao, Reserva Natural del Alto de Menegua y microcuencas que surten acueductos.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud del cultivo de arroz seco mecanizado, 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

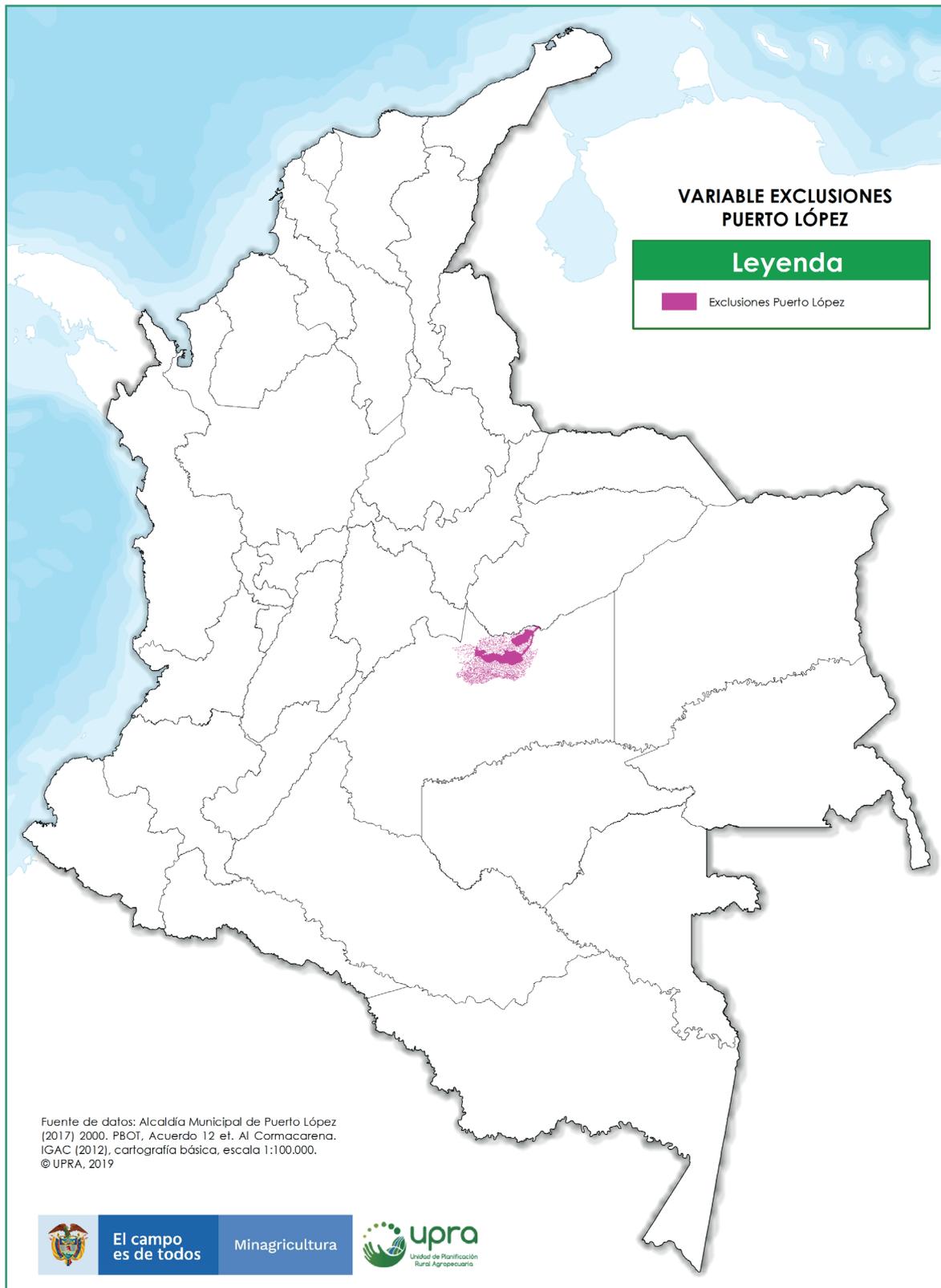
No aplica, por tratarse de una exclusión legal (N2).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección. que se van creando.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ EXCLUSIONES LEGALES



Unidad de análisis

Zonas de protección declaradas en el PBOT de Puerto López

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López (2017). *PBOT, Acuerdo 12 et al. Cormacarena*.
- Cormacarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado – DMI. Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC

4.1.4. Variable áreas urbanas

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
VARIABLE: áreas urbanas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Áreas conformadas por conjuntos de edificaciones y estructuras contiguas agrupadas en manzanas censales que por lo general cuentan con una dotación de servicios esenciales tales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, hospitales, colegios, entre otros. En esta categoría están incluidas las cabeceras municipales y los centros poblados (DANE, 2018).

Cabecera municipal: área geográfica que está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por acuerdos del Concejo municipal. Corresponde al lugar donde se ubica la sede administrativa de un municipio.

Centro poblado: concentración mínima de veinte viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área resto municipal o en un área no municipalizada (corregimiento departamental). Contempla los núcleos de población de los corregimientos municipales, inspecciones de policía y caseríos.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Establece la posibilidad de identificar las áreas que, por ser destinadas a usos urbanos, no son aptas para el establecimiento y desarrollo de actividades productivas agropecuarias, 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

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La escala cartográfica para el tratamiento de los datos es 1:100.000, por lo que se recomienda consultar las clases y categorías de usos del suelo establecidas en los Planes de Ordenamiento Territorial por los municipios, previo al desarrollo de la actividad productiva.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2014. Marco Geoestadístico Nacional. Cabeceras municipales y centros poblados

Ideam. 2012. Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

2. Precisiones de la información.

La información del DANE corresponde a las clases 1 (urbano) y 2 (centro poblado) de la posición 6 del código del Marco Geoestadístico Nacional como se muestra a continuación:

Conformación del código del Marco Geoestadístico Nacional



Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2018).

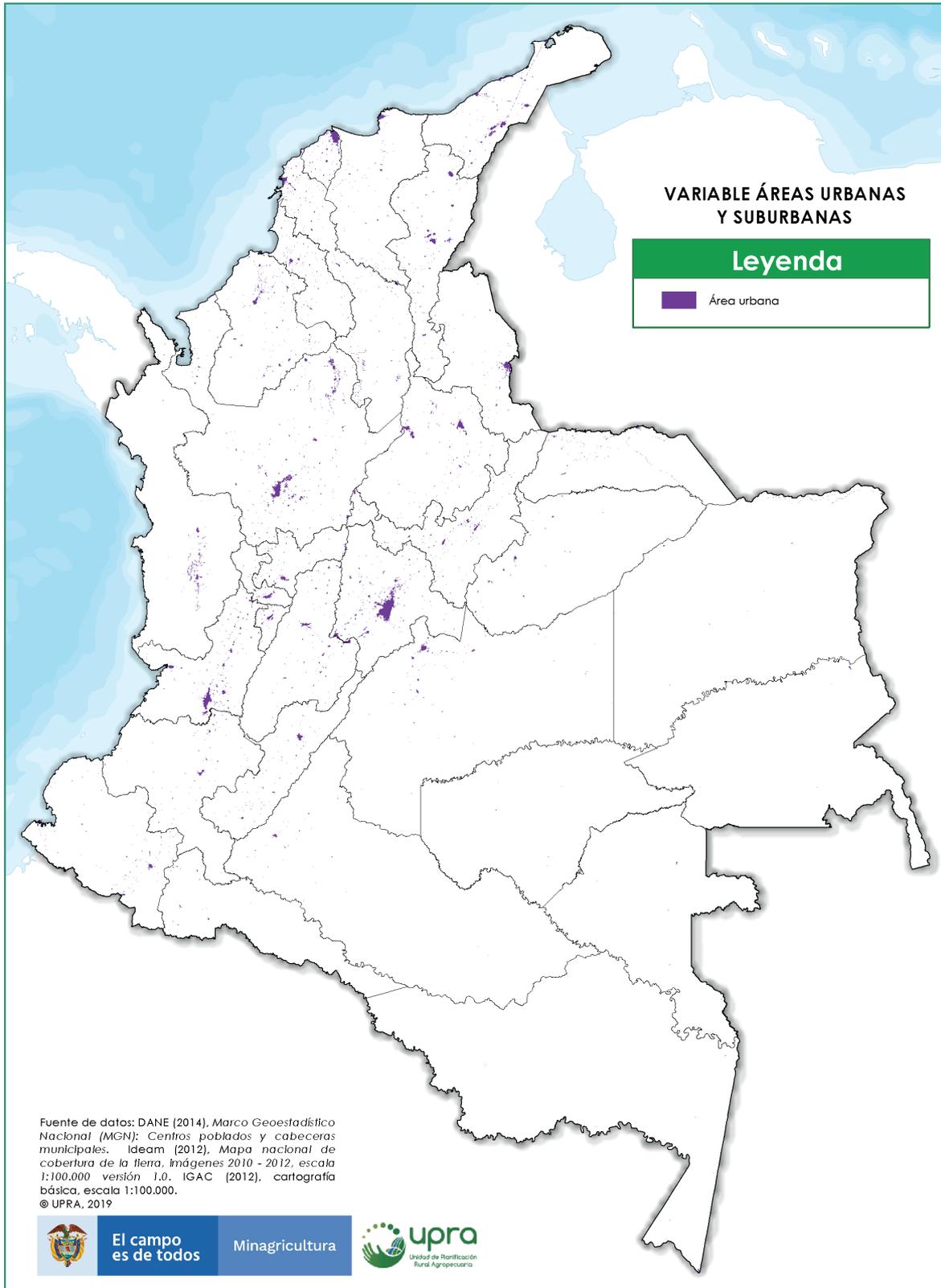
Los datos tomados del mapa de coberturas del Ideam corresponden a los polígonos clasificados como territorios artificializados.

En Colombia existen 1112 áreas urbanas que corresponden a cabeceras municipales, áreas metropolitanas o centros poblados. De este grupo 145 tienen una extensión igual o inferior a las 25 ha, es decir que a la escala cartográfica de trabajo no son visibles.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

EXCLUSIONES LEGALES



Unidad de análisis

Polígonos correspondientes a cabeceras municipales y centros poblados

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Manual de uso del Marco Geoestadístico Nacional. Glosario*. Recuperado de: <https://www.sen.gov.co/files/RegulacionEstadistica/Manual_MGN.pdf>
- .. (2014). *Marco Geoestadístico Nacional (MGN). Cabeceras municipales y centros poblados*.
- Ideam. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

4.1.5. Variable parques arqueológicos

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
VARIABLE: parques arqueológicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Áreas arqueológicas protegidas declaradas mediante resolución por el Icanh, que pueden incluir terrenos de propiedad pública o particular, para la protección, conservación rehabilitación, divulgación y recuperación del patrimonio cultural de la nación. La integridad de estas áreas se garantiza mediante el Plan de Manejo Arqueológico que apruebe el Icanh.

Plan de Manejo Arqueológico: concepto técnico de obligatoria atención emitido o aprobado por la autoridad competente respecto de específicos contextos arqueológicos, bienes muebles e inmuebles integrantes de dicho patrimonio o zonas de influencia arqueológica. El Plan de Manejo establece oficiosamente o a solicitud de sus tenedores, los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación (numeral 10, art. 1, Decreto 833 de 2002, Mincultura).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los Parques Arqueológicos debidamente delimitados y con titularidad a nombre de entidades públicas, son exclusiones legales dado que tienen autonomía para establecer el manejo de esta área geográfica.

Adicionalmente, el Decreto 833 de 2002, que reglamenta la Ley General de Cultura 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico, en concordancia con los artículos 63 y 72 de la Constitución política de Colombia menciona: «*los bienes muebles e inmuebles de carácter arqueológico (...) integran el patrimonio arqueológico, el cual pertenece a la Nación, es inalienable, imprescriptible e inembargable*» y más adelante en la norma complementa: «...los bienes integrantes del patrimonio arqueológico son bienes de interés cultural que hacen parte del patrimonio cultural de la *nación*».

Se debe tener en cuenta que la condición de “inembargables, imprescriptibles e inalienables” de acuerdo con las leyes 397 del 1997 y 1185 del 2008 hace referencia a los bienes de interés cultural de propiedad de entidades públicas.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica por tratarse de una exclusión legal

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se contemplan parques arqueológicos que han sido declarados, pero carecen de espacialización cartográfica por parte del Icanh. El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de verificación ante la pretensión de implementar desarrollos productivos en zonas donde existan áreas de interés arqueológico.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los datos fueron analizados de la información cartográfica facilitada por el Icanh (2019), Parques arqueológicos declarados. Los parques arqueológico definidos como exclusiones son:

Parque arqueológico	Zona	Parque arqueológico	Zona
Tierradentro	Segovia	Tequendama	Directa
	El Tablón	Alto de Las Piedras	Directa
	Alto de San Andrés	El Abra	Directa
Sogamoso	Directa	El Infiernito	Directa
San Agustín	Mesitas	La Lindosa	Raudal
Hacienda El Carmen	Directa		Nuevo Tolima
Cerro El Volador	Directa		Los Alpes
Alto de Los Ídolos	Directa		Limoncillo
UPTC Tunja	Directa		Campanilla
Ciudad Perdida	Directa		Cerro Azul
	Área de influencia	Serranía del Chibiriquete	Directa
Piedras Blancas	Directa		

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

EXCLUSIONES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Icanh. (2019). *Parques arqueológicos declarados a la fecha*
- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

4.1.6. Variable zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2ª de 1959, tipo A

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: exclusiones legales		
VARIABLE: Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2ª de 1959, tipo A		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

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 2ª de 1959. Se compone de siete Zonas 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.

La zonificación adelantada por el MADS en las Zonas de Reserva Forestal Nacional definió 3 zonas tipo, denominadas A, B y C, y donde se establece que las Zonas tipo A, son las zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Estas zonas tipo A son tomadas como exclusión para esta zonificación. Las zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones:

- Resolución 1922 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- Resolución 1923 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2ª de 1959.

- c. Resolución 1924 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- d. Resolución 1925 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.
- e. Resolución 1926 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- f. Resolución 1275 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- g. Resolución 1276 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- h. Resolución 1277 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, para los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación, las zonas tipo A de las Zonas de Reserva Forestal Nacional son consideradas como 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

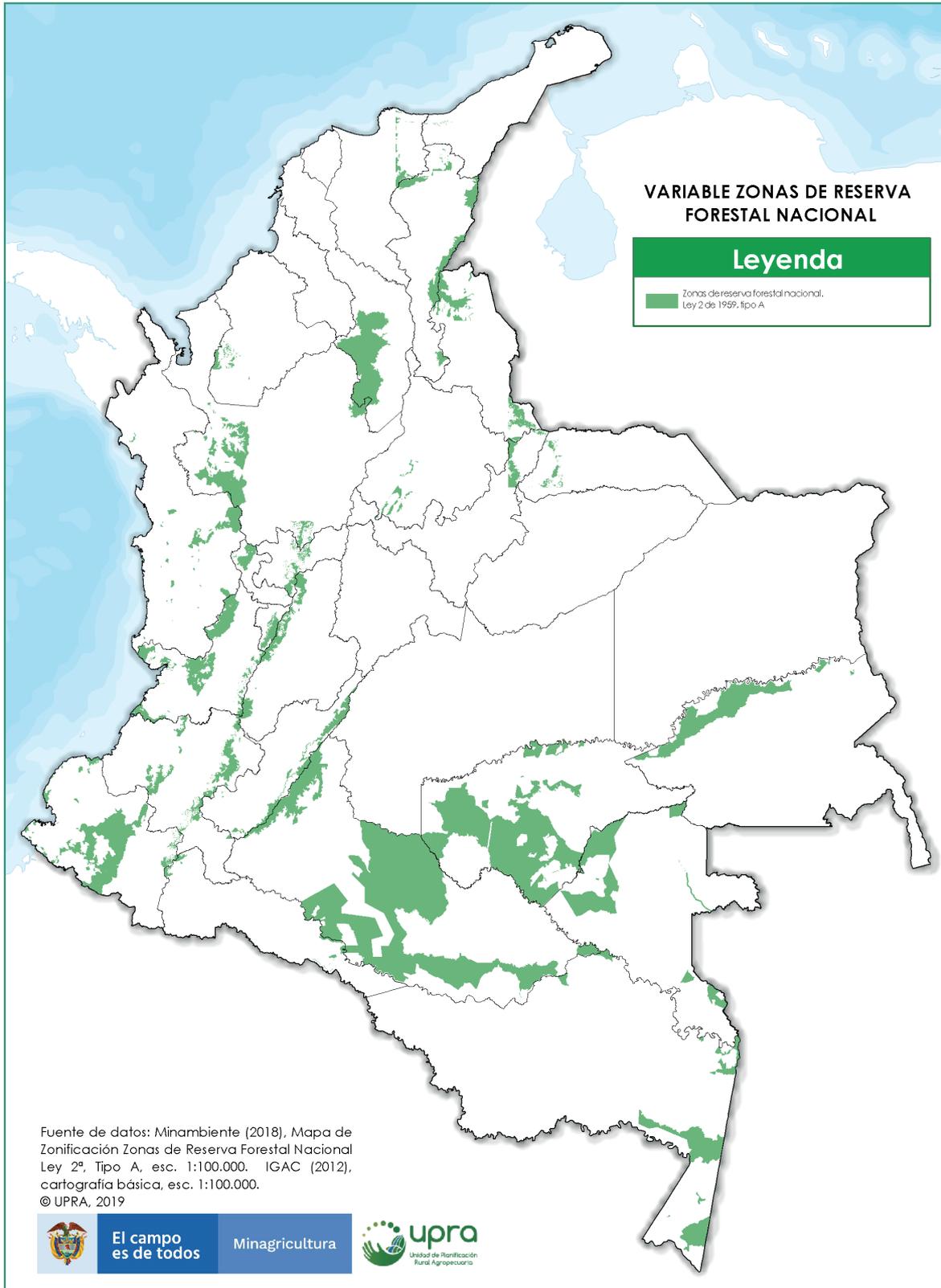
Las resoluciones que zonifican las Zonas de Reserva Forestal Nacional establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, es importante que, la información de sustracciones sea actualizada regularmente,

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica se parte de las zonificaciones de cada una de las Reservas Forestales Nacionales de Ley 2ª de 1959 adelantadas por el MADS, donde se identifican las zonas tipo A.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ EXCLUSIONES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Minambiente (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1 CRITERIO CONDICIONANTES LEGALES

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Ecosistemas estratégicos: polígonos de bosque seco tropical, polígonos de manglares, polígonos de humedales y buffer 30 m a lado y lado de los cauces sencillos.

Áreas protegidas: polígonos de distritos de manejo integrado (DMI), polígonos Zonas de Producción y Recuperación para la Producción del AMEM, polígonos de distritos de conservación de suelos (DCS), polígonos de áreas de recreación, polígonos de reservas naturales de la sociedad civil, polígonos de zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.

Zonas de Reserva Forestal Nacional: polígonos de las zonas tipo B y C de las Zonas de Reserva Forestal Nacional.

Distinciones internacionales: polígonos de Reservas de la Biosfera y polígonos de humedales Ramsar.

Áreas de interés cultural y social: polígonos de tierras de las comunidades negras, polígonos de áreas reservadas para las comunidades negras, polígonos de resguardos indígenas, polígonos de zonas de reserva campesina, polígonos de paisaje cultural cafetero y polígonos de áreas arqueológicas protegidas.

DEFINICIÓN

Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo de arroz seco mecanizado.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

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

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No existen limitantes para la evaluación del criterio, puesto que la normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales, y solo se exige el cumplimiento de los condicionantes legales o las líneas de política determinados en cada caso.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y, posteriormente, obtener la cartografía oficial de la información.

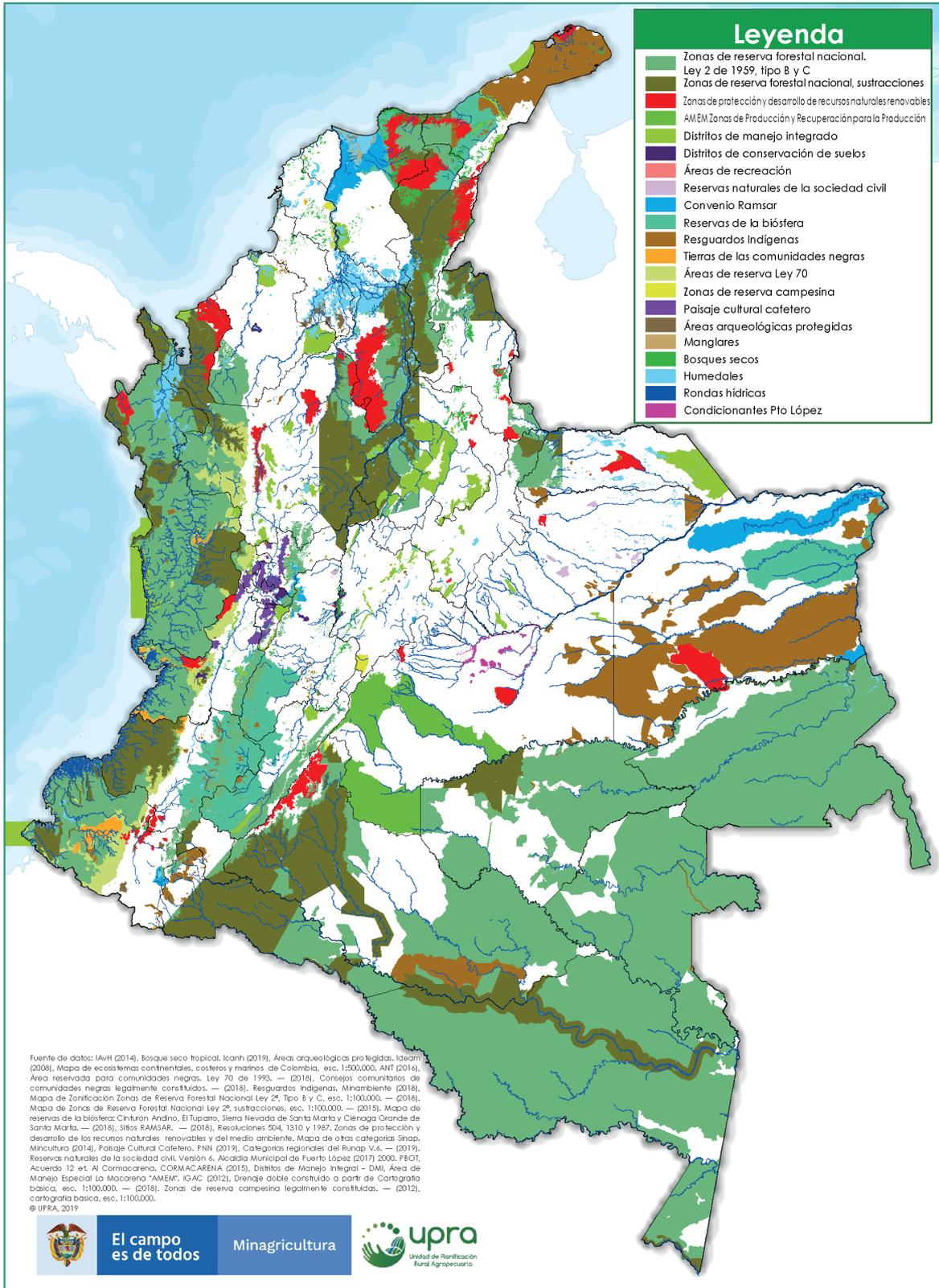
Por medio de esta información es posible identificar si en la zona de estudio se localiza alguna de las variables que conforman los condicionantes legales. De ser el caso, se espacializa y se genera el mapa correspondiente.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

No aplican rangos para los condicionantes.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López (2017). *PBOT, Acuerdo 12 et al. Cormacarena.*
- ANT. (2016). Áreas reservadas para comunidades negras. Ley 70 de 1993.
- .. (2018). *Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos.*
- .. (2018). *Resguardos indígenas*
- Cormacarena. (2015). *Distrito de manejo integral –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena “AMEM”.*
- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical.*
- Icanh. (2019). Áreas arqueológicas protegidas.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.*
- IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000.
- .. (2018). *Zonas de reserva campesina legalmente constituidos.*
- .. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2018). *Mapa de zonificación Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2.^ª Tipos B y C, escala 1:100.000.*
- .. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2^ª, sustracciones, escala 1:100.000*
- .. (2015). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.*
- .. (2018). *Sitios Ramsar.*
- .. (2015). *Resoluciones 504, 1310 y 1987. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap.*
- Mincultura. (2014). *Paisaje Cultural Cafetero.*
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V. 6.*
- .. (2019). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.*

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

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: 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

Agrupa aquellos ecosistemas y zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza, y que son incompatibles con el desarrollo del cultivo de arroz secano mecanizado. Las consideraciones definidas para esta variable se muestran a continuación:

Los ecosistemas de manglar y los humedales son considerados zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación debido a su importancia ecosistémica o su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con el cultivo de arroz secano mecanizado.

Desde el punto de vista ambiental, el ecosistema de 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 es posible obtener alcohol, 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, afectando así la flora y la fauna presente en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en su artículo 2°, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación de disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

La ronda hídrica se considera la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m, las 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 ancho, paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua.

El artículo 204 establece: «[...] Se entiende por *área forestal protectora* la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el *área forestal protectora* debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque». (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta No. 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MADS).

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente (Decreto 2811 de 1974), establece una regulación en términos de propiedad con relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. 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 hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, por ser áreas de especial importancia ecosistémica.

El ecosistema de bosque seco se considera una zona de importancia ambiental que se ha priorizado para 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

Permite identificar áreas donde el establecimiento del cultivo no es compatible con los usos vocacionales en estos ecosistemas estratégicos y, por tanto, su uso está condicionado a estudios con mayor nivel de detalle.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Generalmente estas zonas no cuentan con una delimitación a escala regional, lo cual motiva que sean considerados como figuras normativas que requieren de un análisis complementario

de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo de actividades agropecuarias. Es necesario determinar si la autoridad ambiental regional ha definido y reglamentado las normas que fijan la Estructura Ecológica Principal de su territorio; si estas áreas aparecen identificadas y reglamentadas deberán ser tratadas como una exclusión legal.

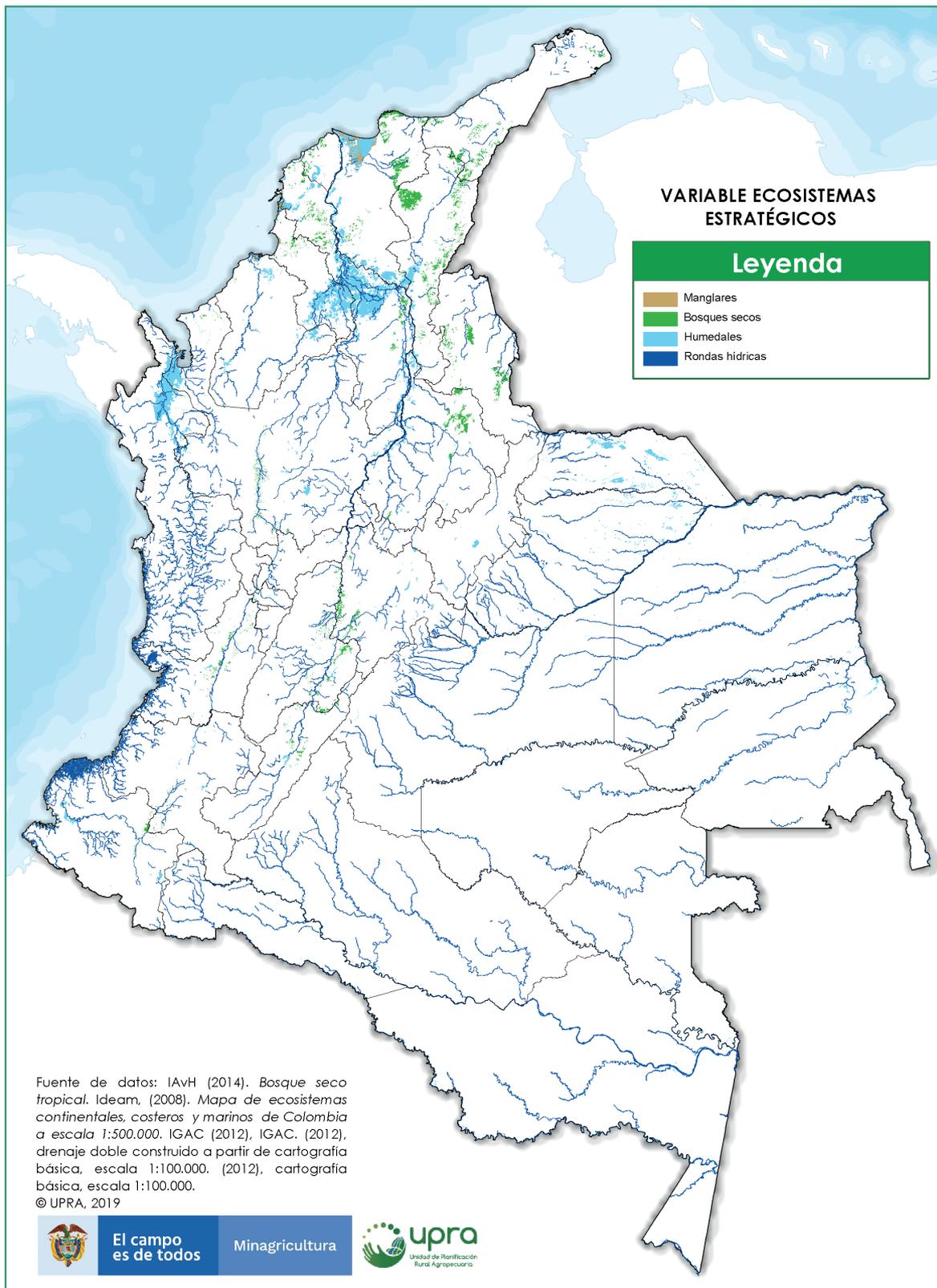
En lo referente a rondas hídricas, es necesario mencionar que la delimitación específica de cada cauce, debe obedecer a lo que establezcan las autoridades ambientales respectivas. Para la zonificación de aptitud se toman 30 m; no obstante, estas podrán tener una mayor o menor longitud.

Es función de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, y el área de protección o conservación aferente, para lo cual se deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno nacional (Ley 1450 de 2011).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica, se parte de las capas que contienen la información espacial actualizada de las áreas de bosque seco tropical, humedales y manglares. Para las rondas hídricas se emplea la cartografía básica del IGAC, donde se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces se toman un buffer de 30 m, a lado y lado del cauce.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



Unidad de análisis

Polígonos que comprenden las áreas de bosque seco tropical, humedales, manglares. Para la generación de la información cartográfica se parte de la cartografía básica del IGAC, donde se definen los cauces sencillos. Una vez definidos los cauces se toman un buffer de 30 m, a lado y lado del cauce.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical*.
- Ideam (2010). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*.
- Ideam et al. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- ... (2012). *Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000*.
- Ideam (2010). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*.

5.1.2. Variable áreas protegidas

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Agrupar aquellas áreas protegidas cuyas categorías de manejo requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo y establecimiento de cultivo de arroz seco mecanizado; aunque no prohíba la actividad como tal, si genera un condicionamiento al posible uso de dichas áreas. Las consideraciones legales para esta variable se muestran a continuación:

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.

Zonas de producción y recuperación para la producción del AMEM: de acuerdo con el Decreto 1989 de 1989 «*Por el cual se declara Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM), la Reserva Sierra de la Macarena, se clasifica y zonifica su territorio y se fijan sus límites reales*», **entre su zonificación se definen las siguientes zonas: a) recuperación para la producción occidente, b) preservación vertiente oriental, c) producción Ariari-Guayabero, d) recuperación para la preservación sur y e) recuperación para la producción sur.**

Se consideran condicionantes:

DMI Macarena Norte

- Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de restauración y áreas de uso sostenible (áreas de uso para el desarrollo y áreas de uso para el aprovechamiento sostenible)
- DMI Losada-Perdido
- Zona de recuperación para la producción: áreas de uso de restauración para la preservación, áreas de uso de restauración para recuperación-rehabilitación y áreas de uso sostenible.

Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC): hace referencia a la totalidad o una parte del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo

los principios de sustentabilidad en el uso de los recursos naturales y que, por la voluntad de su propietario, se destina para su uso sostenible, preservación o restauración con vocación de largo plazo (Decreto 2372 de 2010). Estas RNSC tienen una zonificación y un plan de manejo que deben ser previamente consultados, si se pretende desarrollar algún proyecto productivo dentro de esta zona.

Otras áreas protegidas: de acuerdo con el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 Cormacarena de 2012, se consideran como condicionantes las siguientes áreas: lagunas, zonas de amenaza y riesgo por inundación, zonas de amenaza y riesgos por deslizamientos y el resguardo Humapo-La Victoria.

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, 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 CAR). La Resolución 1987 de 2018, prorroga la duración de estas zonas, adicionalmente modifica por aumento o disminución de área dichas zonas.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que aunque posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias en el territorio. Cada una de las categorías consideradas genera un condicionante a su uso, pues si bien no lo prohíbe, requiere de una revisión de la zona apta en relación a las condiciones normativas de la figura o figuras con la que se superpone.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Cada una de las figuras protegidas en teoría debe contar con su respectivo plan de manejo, en el cual se definen los usos permitidos del área que aparece bajo una figura de protección. Sin embargo, no todas las áreas protegidas tienen un plan de manejo formulado, lo cual implica que, a pesar de que estén delimitadas, aún no tienen definido el uso por lo cual no es posible definir en qué zonas sí es posible desarrollar cultivo de arroz seco mecanizado o en las que por el contrario está prohibido el desarrollo de actividades productivas.

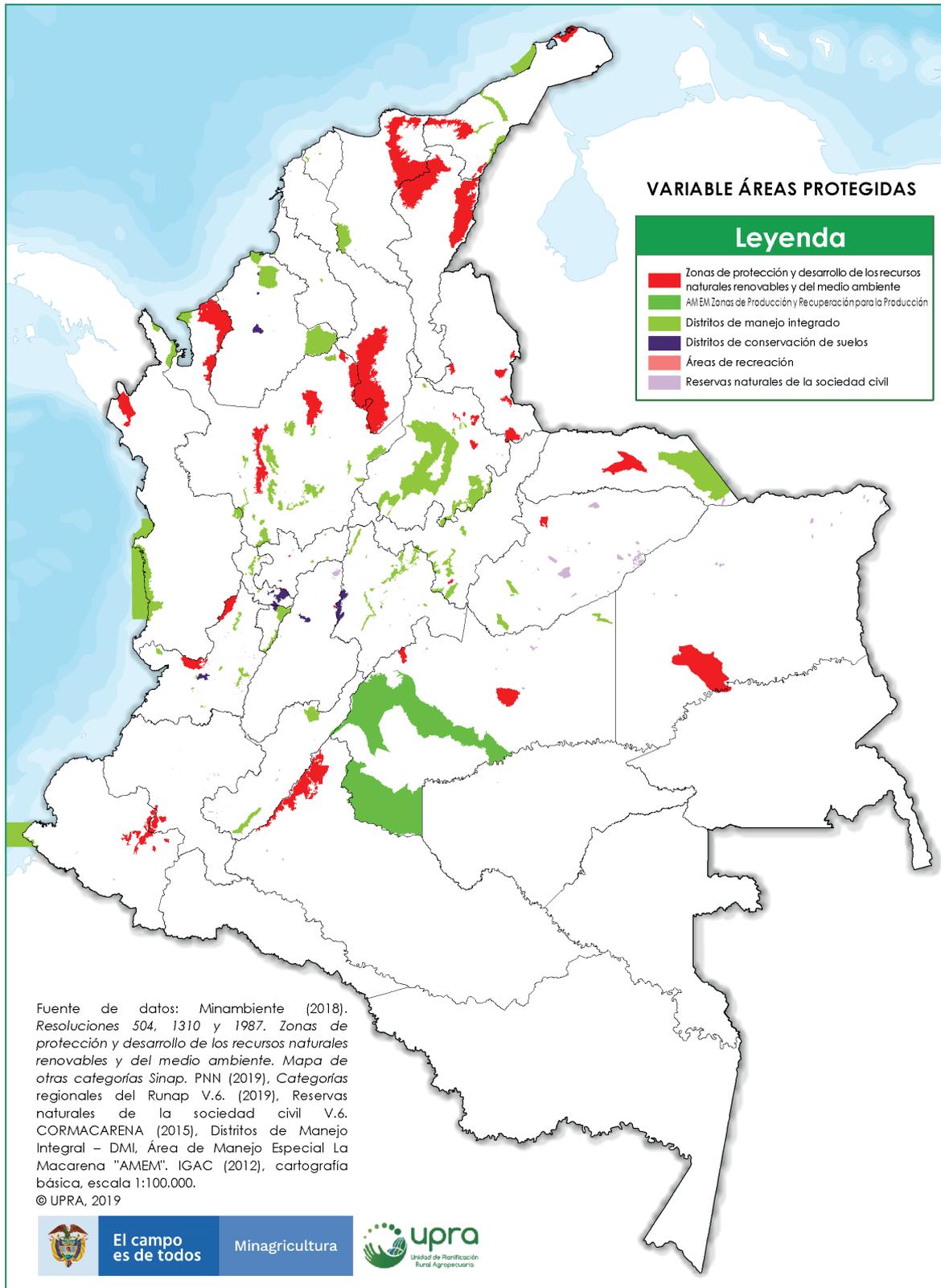
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de cartografía, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible identificar si en la zona de estudio se localiza alguna de las figuras de protección que integran esta variable.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ

CONDICIONANTES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cormacarena (2015). *Distrito de manejo integral –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena “AMEM”*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2015). *Resoluciones 1814 y 1628. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap*.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6*.
- .. (2019). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6*.

5.1.3. Otras áreas protegidas locales

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: 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:

Otras áreas protegidas locales: de acuerdo con el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 Cormacarena de 2012, se consideran como condicionantes las siguientes áreas: lagunas, zonas de amenaza y riesgo por inundación, zonas de amenaza y riesgos por deslizamientos y el resguardo Humapo-La Victoria.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que aunque posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales que condicionan el desarrollo de las actividades agropecuarias en el territorio.

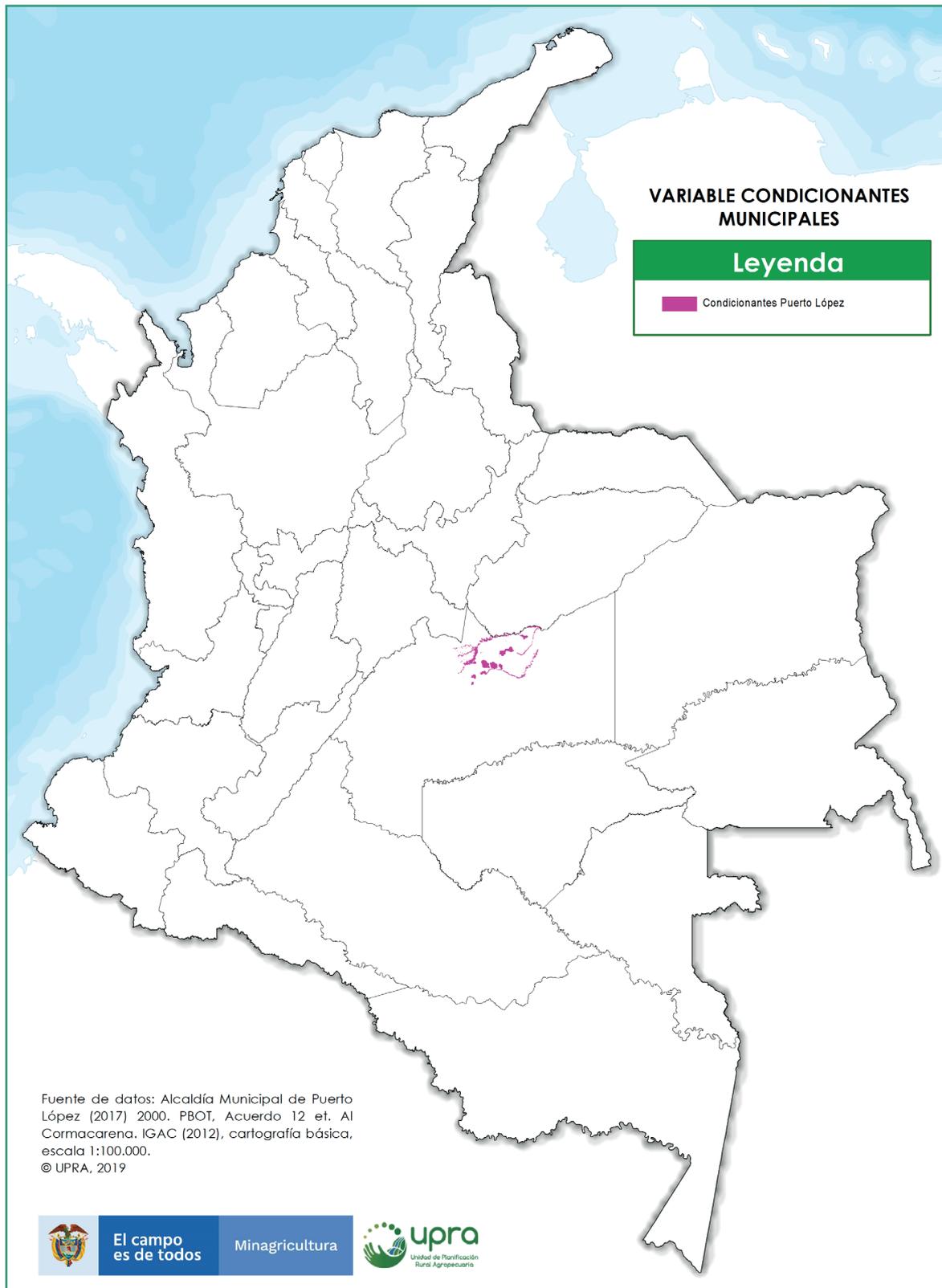
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de una condicionante legal (N2).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El principal limitante para analizar las áreas protegidas está referido a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



Unidad de análisis

Zonas de protección declaradas en el PBOT de Puerto López

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López (2017). *PBOT, Acuerdo 12 et al. Cormacarena*.
- Cormacarena (2015). *Distritos de Manejo Integrado – DMI. Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2ª de 1959, tipo B y C

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz secano mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959, Tipo B y C		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

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 2ª 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.

Esta condicionante comprende las zonas B y C de la zonificación de las Zonas de Reserva Forestal Nacional. Las zonas son definidas de la siguiente manera:

Zona tipo B: zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Zona tipo C: zonas que por sus características biofísica ofrecen condiciones para el desarrollo de las actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la Reserva Forestal, que deben incorporar el componente forestal y que no impliquen

la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales. (Resolución MADS 1922 de 2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Las zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones:

- a. Resolución 1922 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- b. Resolución 1923 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- c. Resolución 1924 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- d. Resolución 1925 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.
- e. Resolución 1926 de 2013, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- f. Resolución 1275 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- g. Resolución 1276 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2ª de 1959.
- h. Resolución 1277 de 2014, mediante la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2ª de 1959, para los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.

En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, se facultó al MADS a reservar, alindar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada; por este motivo las zonas sustraídas son solo para tal fin (numeral 18, art. 5º de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto Ley 3570 de 2011).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de los ejercicios de zonificación, las reservas forestales de la Ley 2ª de 1959, permiten identificar aquellas zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo y establecimiento de cultivo de arroz secano mecanizado.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

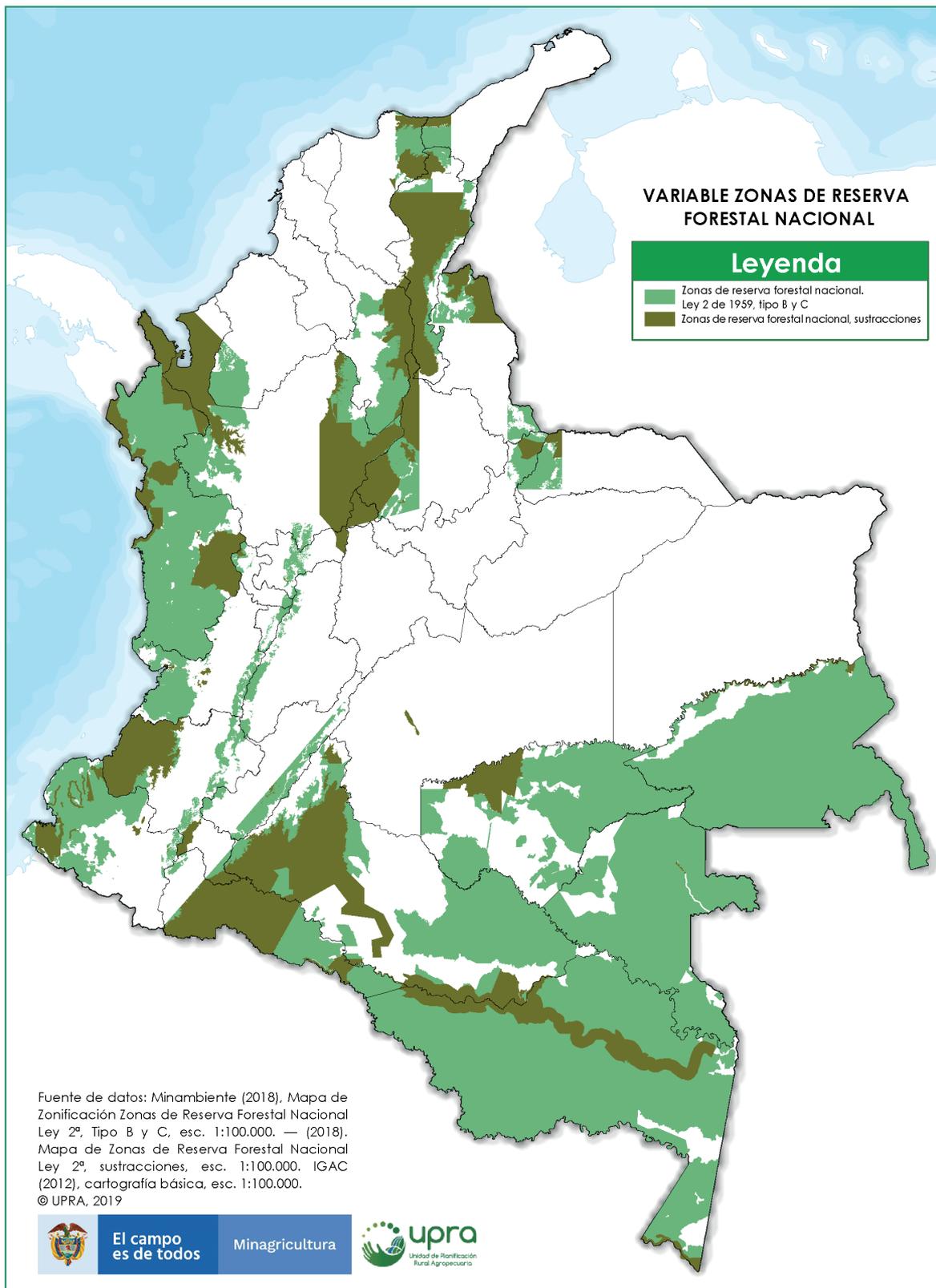
En 2015 las Zonas de Reserva Forestal Nacional se establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, la información de este insumo deberá ser actualizada, en función de las nuevas sustracciones realizadas en las reservas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica se parte del mapa de Reservas Forestales Nacionales de Ley 2ª de 1959, identificando las zonas tipo B y C y del análisis cartográfico del mapa de sustracciones de Reserva Forestal Nacional de Ley 2ª de 1959 oficial del MADS.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



Unidad de análisis

Polígonos correspondientes las ZRFN y sustracciones de Reserva Forestal Nacional, tipos B y C

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2ª, Tipos B y C, escala 1:100.000.*
- .. (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2ª, escala 1:100.000.*
- .. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, sustracciones, escala 1:100.000.*

5.1.5. Variable distinciones internacionales

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: distinciones internacionales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Los condicionantes por distinciones internacionales agrupan aquellos lugares que por factores de orden ecológico motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se superditen 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.

Las consideraciones legales para esta variable se muestran a continuación:

Reservas de la biosfera: de acuerdo con la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (<www.unesco.org>), los Estados parte se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (art. 6°), y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (cinturón andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, Seaflower).

Ramsar: la «Convención sobre los humedales de importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las accio-

nes en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos.

Colombia, mediante la Ley 357 de 1997, aprueba la «*Convención relativa a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas*»; se obliga como parte contratante de la convención a elaborar y aplicar su planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la lista y, en la medida de lo posible, el uso racional de los humedales de su territorio (art. 3°), así como a fomentar la conservación de los humedales y de las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos (artículo 4°).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas donde el establecimiento y el 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 Biosfera 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 con mayor detalle.

Por este motivo requieren estudios adicionales que deben ser analizados en conjunto con las autoridades ambientales competentes. De esta forma, las áreas bajo distinción internacional podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de aclaración de determinantes ambientales que puedan ser incluidos en la evaluación.

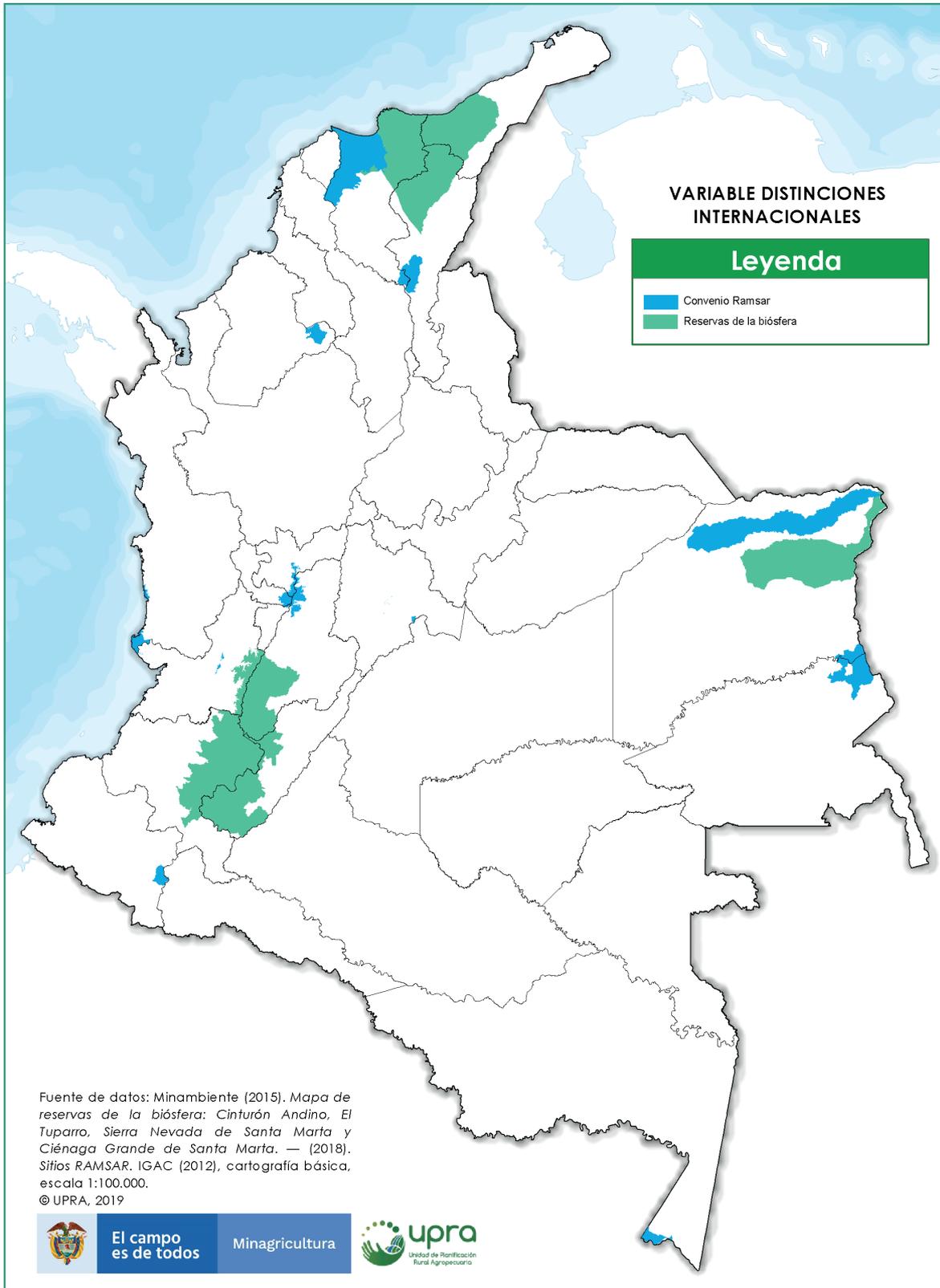
Las áreas definidas por su importancia biológica, y el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad, así como la preexistencia de comunidades humanas, que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural, han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial ha de proceder a través de mecanismos de consulta, precaución u otros que determine la legislación colombiana.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la representación cartográfica, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible espacializar e identificar las distinciones internacionales presentes en la zona de estudio.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



Unidad de análisis

Humedales Ramsar y Reservas de la Biósfera, de acuerdo con las fuentes de información oficial

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Minambiente. (2015). *Mapa de reservas de la biosfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.*
- __. (2018). *Sitios Ramsar.*
- Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). París: Unesco. Recuperado de: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf>

5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo comercial de arroz seco mecanizado	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas de interés cultural y social		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Análisis jerárquico	
	Condicionante	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Comprende aquellas zonas delimitadas por el Estado para el reconocimiento, protección y desarrollo de la diversidad étnica y la identidad cultural de las comunidades que las habitan, o por ser un patrimonio arqueológico nacional. Por disposiciones legales, estas áreas cuentan con regímenes especiales para el acceso y aprovechamiento de los recursos disponibles en sus territorios.

Las figuras legales que conforman esta variable son:

Tierras de las comunidades negras: terrenos en los que tiene su asentamiento histórico y ancestral las comunidades negras para uso colectivo, que constituye su hábitat, y sobre los cuales desarrollan sus prácticas tradicionales de producción, en relación a las que se profiere el acto administrativo, que reconoce la propiedad colectiva (ANT, 2017). Para recibir en propiedad

colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad debe conformar un Consejo Comunitario como forma de administración interna de las tierras de propiedad colectiva (Ley 70 de 1993).

Áreas reservadas para comunidades negras: son las tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la cuenca del Pacífico, reconocidas a las comunidades negras, que han venido ocupando de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, como propiedad colectiva. Esto tiene el fin de proteger 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 70 de 1993).

Resguardos indígenas: son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas, que 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, gozan de las garantías de la propiedad privada y poseen su territorio. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Art. 21, Decreto Minagricultura 2164 de 1995).

Zonas de reserva campesina: son tierras baldías de la nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos, con el fin de fomento de la pequeña propiedad rural, con sujeción a las políticas de conservación del área, medio ambiente y los recursos naturales renovables y a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994).

Paisaje Cultural Cafetero: es un área donde se encuentra el paisaje cultural productivo en el que se combinan elementos naturales, económicos y culturales con un extraordinario grado de homogeneidad en la forma de las plantaciones del café y del paisaje. Este paisaje fue reconocido 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 (Resolución Minagricultura 2079 de 2011).

Áreas Arqueológicas Protegidas (APP): es un polígono o zona delimitada en el territorio de colombiano que por las particularidades y características únicas de sus evidencias arqueológicas, requiere de una especial protección y conservación, con miras a abrir las posibilidades para la investigación, divulgación y, en algunos casos, el turismo responsable en ella (http://www.icanh.gov.co/nuestra_entidad/grupos_investigacion/grupo_patrimonio/Areas_arqueologicas_protegidas).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Alerta a los planificadores y productores, con respecto a las áreas que, aun cuando posean aptitud para el cultivo, cuentan con regímenes especiales –culturales y normativos– que condicionan las actividades económicas y productivas a desarrollar en esas áreas.

En las zonas aptas para el cultivo, previo a la formulación de proyectos de inversión, se deberán considerar los siguientes aspectos:

- En áreas donde existan resguardos indígenas y tierras de las comunidades negras, se deberán surtir procesos de Consulta previa en orden a lo dispuesto en el Decreto 1320 de 1998 del Ministerio del Interior.
- Para el caso de las Zonas de Reserva Campesina, los proyectos deberán ser agrosostenibles, contribuir al cumplimiento del Plan de Desarrollo Sostenible de la zona, y/o ser socializados con la comunidad y demás entidades territoriales competentes, en el marco de una audiencia pública según lo establece el Acuerdo 021 de 1996 del Incora.
- Respecto al paisaje cultural cafetero, se deberá realizar el estudio de impacto de nuevos proyectos productivos en coordinación con el Mincultura, las Corporaciones Autónomas Regionales, la Federación Nacional de Cafeteros y entidades del orden local. Con esto se determinarán los posibles cambios del Valor Universal Excepcional del Paisaje Cafetero y los manejos específicos que se deben dar para evitar su modificación. Asimismo, se debe considerar lo dispuesto en el Conpes 3803 de 2014, a fin de garantizar la sostenibilidad económica, cultural, social y ambiental de este paisaje cultural.
- Para las áreas arqueológicas protegidas o zonas de influencia de las mismas, los Planes de Manejo Arqueológico 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 deberán ser aprobados por el Icanh de conformidad con el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009 (compendiado en el Decreto único 1080 de 2015 del sector cultura).
- En lo que respecta a las áreas de influencia arqueológica, de acuerdo con el artículo 4° del Decreto 833 de 2002 se precisa que: *«en ningún caso la inexistencia de la declaratoria de una zona de influencia arqueológica, o la inexistencia de un Plan de manejo arqueológico, faculta la realización de alguna clase de exploración o excavación sin la previa autorización del Instituto Colombiano de Antropología e Historia».*

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica por tratarse de un criterio condicionante

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La información espacializada contempla únicamente las tierras de las comunidades negras, resguardos indígenas y Zonas de Reserva Campesina que están constituidos mediante un acto administrativo de la entidad competente (ANT).

Las áreas de régimen especial declaradas no permiten diferenciar el origen del título (colonial o republicano). Para ello se requiere que la entidad competente clarifique la vigencia legal de los títulos coloniales existentes, y los reclasifique en las categorías que se incluyen en esta variable.

El prescindir de esta información en la zonificación de aptitud no desconoce la posibilidad de que se requiera adelantar procesos de consultas previas, audiencias públicas, estudios de impacto, o verificaciones *in situ* al momento de implementar desarrollos productivos en áreas donde existan ampliaciones o procesos de saneamiento en resguardos indígenas en curso, áreas con ocupación ancestral por parte de comunidades negras, o zonas de reserva campesina con acto administrativo para dar inicio al proceso de constitución.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

ANT. 2018. Resguardos Indígenas legalmente constituidos

ANT. 2018. Consejos comunitarios legalmente constituidos.

Icanh. 2019. Áreas Arqueológicas Protegidas.

IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.

IGAC. 2018. Zonas de reserva campesina legalmente constituidos.

Mincultura. 2014. Paisaje Cultural Cafetero.

2. Precisiones de la información.

La información espacializada corresponde a la cartografía expedida por la fuente oficial a la fecha en que esta fue suministrada a la UPRA, por lo cual es posible que existan nuevas áreas que cuenten con acto administrativo vigente, pero que a la fecha no hayan sido incorporadas al sistema de información geográfica de la entidad emisora.

A continuación se precisa información sobre las características de las figuras incorporadas:

- **Tierras de las comunidades negras.**

En los departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca se ubican el 95 % de los territorios de comunidades negras, de los cuales el 54 % se encuentran en el Chocó, cifra que equivale a 3.065.265 ha y que abarca casi la totalidad de las subregiones Pacífico Sur y San Juan. Nariño es el segundo departamento con mayor proporción de territorio bajo esta figura con 1.206.257 ha, seguido del Cauca y Valle del Cauca con 713.445 ha y 447.828 ha, respectivamente. Sin embargo, en departamentos como La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bolívar, también se reportan Consejos Comunitarios de extensiones que no superan las 500 ha.

Los Consejos Comunitarios más extensos del país se ubican en los municipios de Riosucio (Chocó) y Buenaventura (Valle del Cauca), los cuales abarcan entre 422 mil y 451 mil ha. A su vez, se destacan los municipios con mayor representatividad de esta comunidad étnica, los cuales son Nóvita, El Cantón del San Pablo y Medio San Juan en el Chocó, donde más del 98 % del municipio, está bajo esta figura de protección sociocultural.

- **Áreas reservadas para comunidades negras.**

De las cerca de 10 millones de ha reservadas para las comunidades negras, el 79 % se encuentran en los departamentos del Chocó, Nariño y Antioquia, y el 21 % restante está en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Risaralda y Caldas. Los municipios con menor área reservada para la constitución de consejos comunitarios son Guachucal (Nariño), Riosucio (Caldas) y Betania (Antioquia) con 37 ha, 62 ha y 65 ha, respectivamente.

Se destaca aquí que, en las subregiones del Urabá, occidente y suroeste antioqueño existen municipios donde más del 97 % de su área total ha sido reservado para comunidades negras. Este mismo fenómeno ocurre en otros departamentos, donde pese a estar la totalidad del municipio reservado para comunidades negras, a la fecha se reportan consejos comunitarios constituidos en extensiones bastante reducidas. Un ejemplo de ello son los municipios de El Cairo, Dagua, Versalles y El Dovio (Valle del Cauca) donde la extensión de los consejos constituidos equivale a menos del 10 % del total del territorio reservado para este grupo étnico. En los municipios de Pueblo Rico (Risaralda) y Argelia (Cauca) esta cifra es del 18 %.

- **Resguardos indígenas.**

Son territorios de propiedad colectiva de las comunidades indígenas, que 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, gozan de las garantías de la propiedad privada y poseen su territorio. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Art. 21, Decreto Minagricultura 2164 de 1995).

- **Zonas de Reserva Campesina.**

Las áreas constituidas como Zonas de reserva campesina (ZRC) suman alrededor de 875.592 ha., por lo que representan menos del 1 % de la extensión territorial de Colombia. Entre 1996 y 2018 se han constituido siete ZRC en todo el país, las más antiguas datan de los años 1997-1999 y son las de Pato-Balsillas en el municipio de San Vicente del Caguán (Caquetá), Arenal-Morales en el departamento de Bolívar, y la ZRC Guaviare, que abarca parte de los municipios de Calamar, El Retorno y San José del Guaviare. Esta última es la de mayor extensión (463.600 ha).

En el año 2000 se constituyeron las ZRC de Cabrera (Cundinamarca), Perla Amazónica (Puerto Asís, Putumayo) y la del Valle del río Cimitarra que se ubica en la región del Magdalena medio entre los departamentos de Bolívar y Antioquia. La más reciente constitución de ZRC tuvo lugar el 16 de abril de 2018 en la región de los Montes de María entre las inmediaciones de los departamentos de Sucre y Bolívar, cuyo nombre es Montes de María 2 y cuenta tiene una extensión de 44.481 ha.

- **Paisaje cultural cafetero.**

Esta figura tiene una extensión total de 351.291 hectáreas a nivel nacional y abarca parte de los departamentos de Caldas, Risaralda, Valle del Cauca, Quindío, Antioquia y Chocó. En 19 de los 27 municipios del departamento de Caldas hay Paisaje Cultural Cafetero, el cual representa el 35% del total del área la figura, esto equivale a 124.250 ha aproximadamente. Por otra parte, en Risaralda y Quindío hay cerca de 149.000 ha declaradas, mientras que en el Valle del Cauca su extensión es de alrededor de 80.000 ha.

En los departamentos de Antioquia y Chocó se encuentra que el Paisaje Cultural Cafetero no supera las 50 ha. En el primer caso, este se reporta únicamente en el municipio de Caramanta (43 ha), y en el segundo caso, los municipios de San José del Palmar y Litoral del San Juan suman poco más de 30 ha.

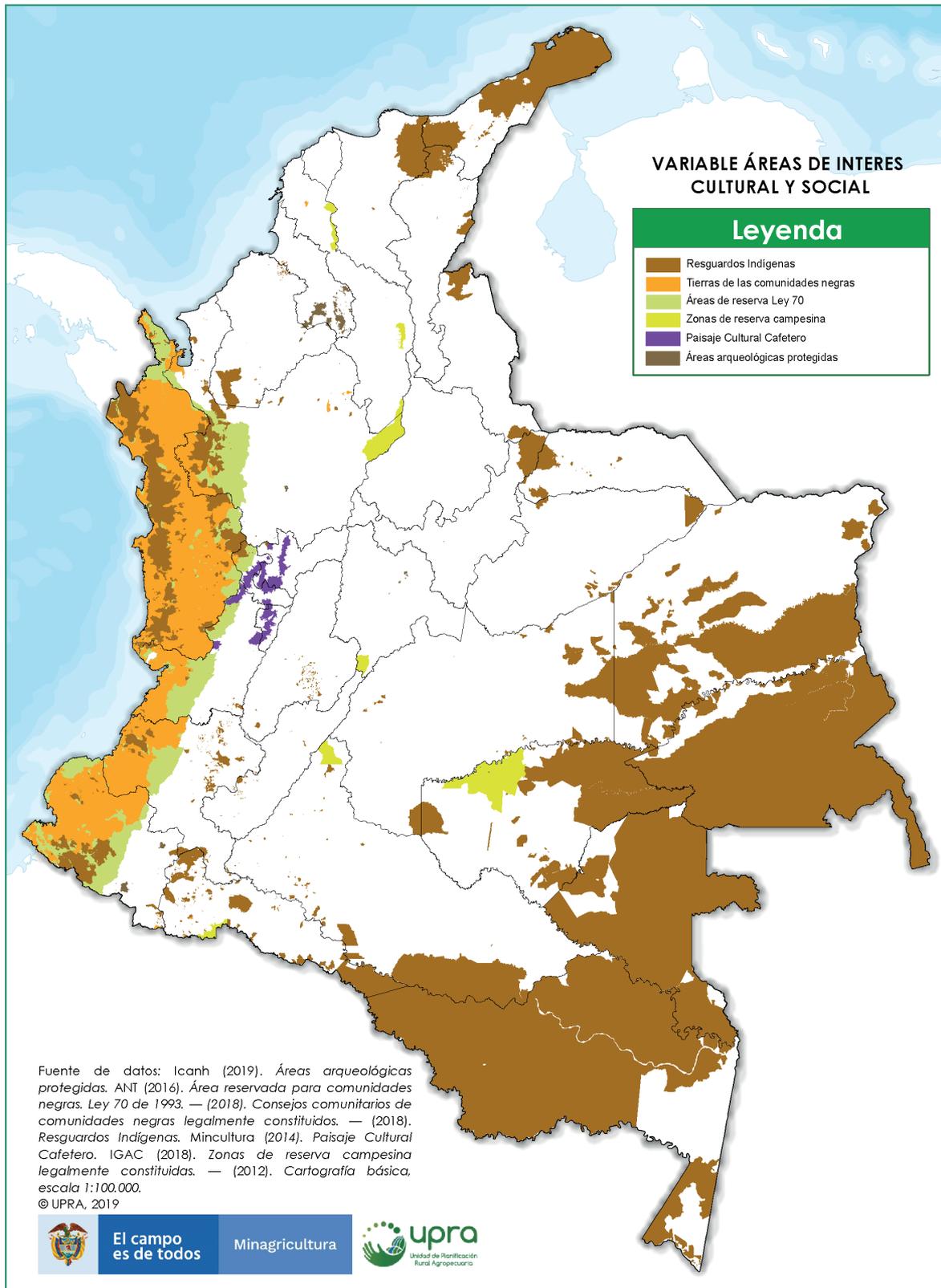
- **Áreas Arqueológicas Protegidas.**

Se identifican 16 áreas arqueológicas protegidas, que incluyen zonas directas e indirectas, así:

Áreas Arqueológicas Protegidas	Zona	Áreas Arqueológicas Protegidas	Zona
Santa María de la Antigua del Darién	Directa	Piedras del Tunjo	Directa
El Salado	Directa	UPTC Tunja	Directa
Pueblito	Directa	Pupiales	Directa
La Lindosa	Raudal		Área de influencia
	Pizarra	Tequendama	Directa
	Nuevo Tolima	La Mojana	Directa
	Los Túneles	El Abra	Directa
	Los Alpes	El Infiernito	Directa
	Limoncillo		Directa
	Campanilla	Arboleda	Área de influencia
	Cerro Azul		Directa
Las Salinas	Directa	Mogua	Área de influencia
	Área de influencia	Valle alto del Río	Directa
Piedras Blancas	Directa	Checua	Área de influencia

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE ARROZ CONDICIONANTES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2018). *Resguardos Indígenas legalmente constituidos*
- . (2018). *Consejos Comunitarios legalmente constituidos.*
- . (2018). *Zonas de Reserva Campesina legalmente constituídas.*
- Icanh. (2019). Áreas Arqueológicas Protegidas.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Mincultura. (2014). *Paisaje Cultural Cafetero.*